

## **ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DO SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS DA UTFPR – CAMPUS LONDRINA**

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020133-152



**Luiza Teodoro Leite<sup>1</sup>**

**Ricardo Nagamine Costanzi<sup>2</sup>**

**Rafael Montanhini Soares de Oliveira<sup>3</sup>**



Os sistemas de aproveitamento de águas pluviais são apontados como uma importante fonte hídrica para atender às demandas de água. Em geral, o volume do reservatório determina por processos de simulação a eficiência do sistema. Dependendo do modelo de cálculo adotado, o sistema de aproveitamento pode ser super ou subdimensionado para o perfil de precipitação da região. Este trabalho apresenta um estudo sobre a eficiência do sistema de captação de águas pluviais instalado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná campus Londrina- UTFPR-LD. O reservatório foi analisado pela simulação da operação. A análise das perdas por extravasamento e falhas do fornecimento de água, bem como do consumo de água pluvial medido para uso nos vasos sanitários nas edificações foi considerado. Assim, a análise por simulação determina o tamanho ótimo do volume de reservação. A vazão para os vasos sanitários com válvula de descarga foi medida e constatou-se um valor médio de 1,32 l.s<sup>-1</sup> com um desvio padrão de 0,3 l.s<sup>-1</sup>. O período de retorno financeiro do sistema foi de aproximadamente 3 anos.

**Palavras chaves:** Aguas pluviais. Dimensionamento. Aproveitamento.

<sup>1</sup> Bacharel em Engenharia Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: [luiza.teodorol@gmail.com](mailto:luiza.teodorol@gmail.com).

<sup>2</sup> Engenheiro civil formado pela Universidade Federal de São Carlos - UFSCAR, Mestre em Engenharia Civil pela Escola de Engenharia de São Carlos USP, Doutor em Engenharia Civil pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Atualmente docente da UTFPR – LD. E-mail: ricardocostanzi@utfpr.edu.br.

<sup>3</sup> Engenheiro civil pela Universidade de Taubaté – UNITAU, Mestre em Ciências Cartográficas pela Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho - UNESP, Doutor em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá – UEM. Atualmente docente da UTFPR – LD. E-mail: rafaeloliveira@utfpr.edu.br.

## **ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF UTFPR'S RAINWATER CATCHING SYSTEM – CAMPUS LONDRINA**

### **ABSTRACT**

Rainwater harvesting systems are identified as an important source of water to meet the demands of water. In general, the reservoir volume determines by simulation processes the efficiency of the system. Depending on the calculation model adopted, the utilization system may be super or undersized for the precipitation profile of the region. This work presents a study about the efficiency of the rainwater harvesting system installed at the Universidade Tecnológica Federal do Paraná Londrina-UTFPR-LD campus. The reservoir was analyzed by the simulation of the operation. The analysis of leakage losses and water supply failures, as well as the rainwater consumption measured for use in the toilets in the buildings was considered. Thus, the simulation analysis determines the optimal size of the reservation volume. The flow rate for the sanitary vessels with discharge valve was measured and an average value of  $1,32 \text{ l.s}^{-1}$  was found with a standard deviation of  $0,3 \text{ l.s}^{-1}$ . The average demand for rainwater calculated in the period of 1 month was  $3.82 \text{ m}^3$  per day, considered from Monday to Saturday. It was generated graph of extravasation of rainwater and use of external water supply the volume of the reservoir with a lower extravasation and use of external water was of  $25\text{m}^3$  for a demand of  $3.82 \text{ m}^3$ . The system's payback period was approximately 3 years.

**Keywords:** Rainwater. Sizing. Use.

## 1. INTRODUÇÃO

A escassez da água é um problema enfrentado em várias regiões do Brasil e do mundo sendo resultado do consumo cada vez maior dos recursos hídricos. Este fato está associado ao aumento da poluição hídrica; ao mau uso e desperdício da água; e sobretudo, a falta de políticas públicas que estimulem o uso sustentável da água (SILVA, 2015).

A água pode ser dividida em água potável que é utilizada para o consumo humano e não-potável utilizada para descarga de vasos sanitários, lavagens e irrigação, sendo esta última parcela podendo ser atendida por fontes alternativas (SILVA, 2015). De acordo com Hurlimann (2011), o aproveitamento da água pluvial tem se revelado uma opção tecnicamente viável, caracterizando-se por ser uma das soluções relativamente mais baratas para preservar a água potável (HURLIMANN, 2011).

A utilização da água pluvial, além de trazer o benefício da conservação da água e reduzir a dependência excessiva das fontes superficiais e subterrâneas de abastecimento, tende a reduzir o escoamento superficial, minimizando os problemas como enchentes e permite avançar na direção da sustentabilidade urbana (WU e CHAU, 2006).

O dimensionamento de um sistema de abastecimento de águas pluviais é uma etapa importante do processo do uso da água de chuvas e, nesse contexto, a definição adequada do volume do reservatório é um aspecto crucial para evitar o seu super ou subdimensionamento (PELAK e PORPORATO, 2016). Dessa forma, o reservatório deve ser projetado de forma a garantir o desenvolvimento de um sistema eficiente de aproveitamento da água pluvial, garantindo a viabilidade do sistema (SANTOS e PINTO, 2013; PROENÇA e GHISI, 2010).

Diante do exposto, este estudo realizou o diagnóstico de um sistema de coleta e distribuição de águas pluviais na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)– *Campus* Londrina exclusivamente para o bloco K e, sem considerar os blocos A e B que também possuem um sistema de captação, foi

analisando o dimensionamento do seu reservatório. Dessa forma, foi realizado um estudo no sistema de aproveitamento da água pluvial utilizada pela Universidade em seus sanitários.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1. Caracterização da Área de Estudo

O presente trabalho foi realizado na Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Londrina, localizada na Estrada dos Pioneiros, 3131, nas coordenadas 23° 18' 32.977" S e 51° 6' 59.903" W. O *Campus* é formado atualmente por cerca de 2390 alunos e 247 Servidores, entre docentes e técnico-administrativos. Sua infraestrutura física é composta por seis blocos (A, B, E, K, S e L), restaurante universitário, biblioteca acadêmica, quadra de esportes e áreas de convivência (Figura 1).

Figura 1: Fotografia aérea da *Campus* UTFPR – *Campus* Londrina



Fonte: UTFPR/Londrina – DIREC

O presente estudo foi realizado especificamente no Bloco K do *Campus* Universitário, o qual possui 1542,36 m<sup>2</sup>, 17 laboratórios. O Bloco K é composto por quatro pavimentos e em cada deles há um sanitário masculino e um feminino.

Cada sanitário masculino possui sete vasos sanitários e quatro mictórios, enquanto cada feminino possui dez vasos sanitários.

O bloco K é composto por um sanitário masculino e um feminino por andar, totalizando 60 vasos sanitários e 28 mictórios, com uma circulação semanal estimada de 50 Servidores (professores e técnico-administrativos) e 600 alunos.

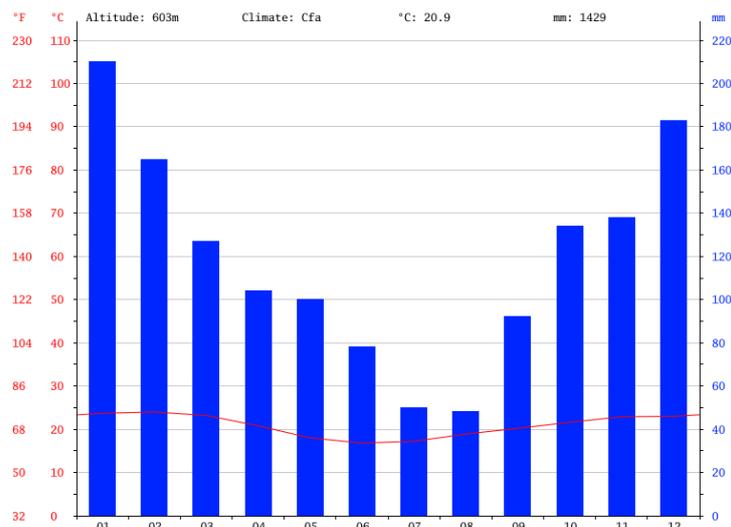
Figura 2: A - Fotografia do bloco K com o tubos de queda de águas pluviais *Campus UTFPR – Campus Londrina*; B – Fotografia do reservatório de água superior do bloco k



Fonte: Autoria própria.

O clima no município de Londrina é Subtropical Úmido Mesotérmico, com verões quentes e chuvas frequentes. A temperatura média é de 20,9° C, com média anual máxima de 27,3°C e anual mínima de 16°C. A precipitação média nos meses menos chuvosos, de junho a agosto, é de 225 a 250 mm e nos meses mais chuvosos, de dezembro a fevereiro, é de 500 a 600 mm (Figura 3).

Figura 3: Precipitação e temperatura média mensal na cidade de Londrina



Fonte: [www.Climate-Date.org](http://www.Climate-Date.org), acessado em 20 de junho de 2019.

## 2.2. Série Histórica da Precipitação Pluviométrica em Londrina

Os dados de precipitação utilizados nesse estudo foram fornecidos pelo Sistema Meteorológico do Paraná –SIMEPAR e a série histórica da precipitação diária analisada compreendeu o período entre 1976 e 2019. A estação de coleta do SIMEPAR utilizada está localizada na própria cidade de Londrina, na Rua Guarani, especificamente nas Coordenadas UTM -23.299967 e -51.149615.

## 2.3. Demanda Diária de Águas Pluviais na UTFPR – *Campus* Londrina

No bloco K estão disponíveis um reservatório superior e dois reservatórios de água pluvial inferior, com 5 m<sup>3</sup> cada, onde são armazenadas a água que caem sobre o telhado do bloco que é composto em telha de fibrocimento e laje impermeabilizada.

A demanda de água pluvial é proveniente exclusivamente dos vasos sanitários e mictórios instalados no Bloco K. A demanda de água pluvial foi medida durante o período de um mês, abrangendo o intervalo entre os dias 03 de maio e 14 de junho de 2019, sempre às 18h00 de segunda à sábado, dias de atividades administrativas e didáticas no *Campus*. O hidrômetro do Bloco K é da

marca Saga e foi instalado na saída do reservatório superior antes da distribuição para os sanitários do Bloco conforme Figura 4.

Figura 4: A- Fotografia da instalação do hidrômetro na saída do reservatório; B – Fotografia da medição com as unidades em m<sup>3</sup> do hidrômetro da marca Saga



Fonte: Autoria própria.

Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Para estimar o consumo de água pluvial no *Campus Londrina* para usos sanitários foi necessário verificar as características dos dispositivos utilizados nos sanitários do Bloco K, considerando que os vasos sanitários instalados são da marca Deca 6lpf e os mictórios da marca Celite.

### 2.3.1. Entrevistas com usuários do Bloco K e medição do tempo de acionamento das descargas

Com o intuito de estimar a frequência de uso de água do Bloco K, foram realizadas entrevistas através da elaboração de um questionários e realizando uma amostragem de alunos e servidores, sendo divididos uniformemente entre o sexo masculino e feminino que frequentam o Bloco K ao longo da semana, evitando que a diferença na utilização por gênero gerasse erro na estimativa de seus usos finais.

A amostragem foi determinada: 1) o número total de alunos matriculados no *Campus* Londrina que estivessem cursando disciplinas com aulas sendo ministradas no Bloco K no primeiro semestre letivo de 2019; 2) o número de professores com disciplinas ofertadas no Bloco K no mesmo período; e 3) o número de técnico-administrativos e terceirizados que frequentam o Bloco diariamente. Para verificação do número de alunos e professores foi utilizada como base de dados o Sistema Acadêmico da UTFPR, enquanto que para os números dos Servidores e terceirizados foi consultada a Diretoria de Planejamento do *Campus*. A partir dessas informações, o número de entrevistas a serem realizadas, bem como o erro amostral desejado, foram estimados a partir das Equações 1 e 2 descritas abaixo, de acordo com Barbetta (2003):

$$n \geq \frac{n_0 N}{n_0 + N} \quad (1)$$

Onde:

$$n_0 \geq \frac{1}{e_0^2} \quad (2)$$

N = número total de pessoas;

$e_0$  = erro amostral desejado

n = tamanho da amostra



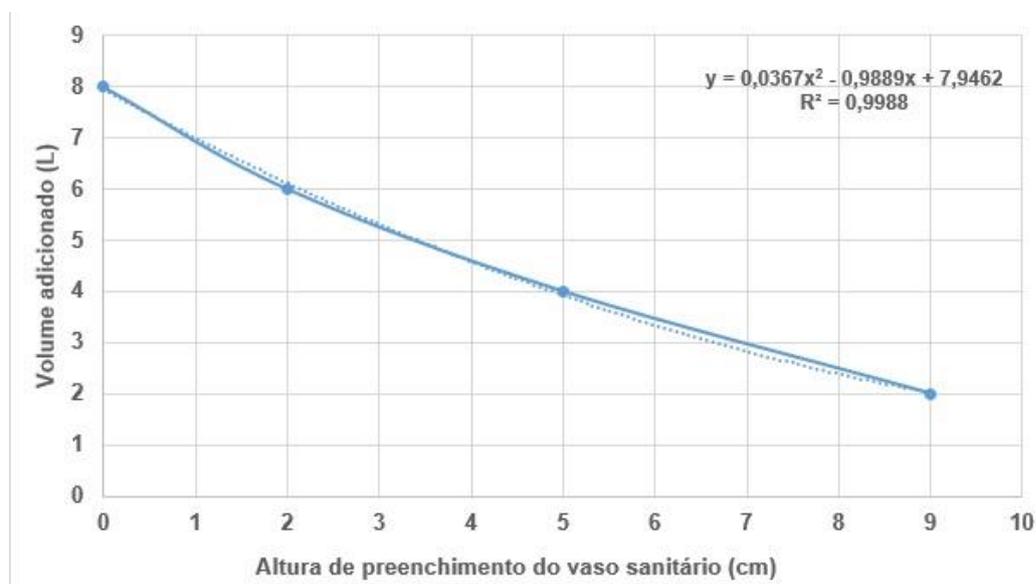
Durante as entrevistas percebeu-se a existência de dúvidas nas respostas dos usuários quanto ao tempo de acionamento, o que poderia acarretar erros na estimativa dos consumos. Para minimizar esse efeito, realizou-se a medição do tempo de acionamento da descarga nos sanitários com o auxílio de um gravador de áudio durante o período de 24 horas.

### 2.3.2. Medição da vazão dos vasos sanitários com válvula de descarga

Barreto *et al.* (1998) estimam que a vazão média de vasos sanitários com válvula de descarga é de 1,24 L/s, considerando uma duração média de acionamento de válvula de 6,15 s, resultando num total de 7,63 litros a cada acionamento. Concomitantemente, foi realizada nesse estudo a medição da vazão dos vasos sanitários com válvula de descarga do Bloco K, considerando que poderia ocorrer variações na vazão em função da diferença de pressão das

válvulas dos dispositivos instalados. Dessa forma, com o auxílio de um desentupidor envolto em um plástico, isolou-se por completo o acesso do cano de saída de água dentro do vaso sanitário. A partir disso, com auxílio de um becker foi possível adicionar volumes controlados de água no vaso (2L, 4L, 6L e 8L) e, com o auxílio de uma régua, medir a altura que cada volume alcançava até o ponto de referência considerado zero. A curva gerada pela relação entre a altura de preenchimento do vaso obtida e altura que este volume ocupa está apresentada na Figura 7.

Figura 5: Relação entre a altura alcançada no vaso sanitário e o volume em litros



Fonte: Autoria própria.

Para o cálculo da vazão dos vasos sanitários do Bloco K foi, então, estimada isolando a área do vaso sanitário de encontro com o cano e realizado o acionamento da descarga pelo tempo médio calculado a partir das informações sobre o tempo médio de acionamento das descargas medido no Bloco K com auxílio de gravador de som no período de 24 horas, associado às respostas ao questionário aplicado com os usuários.

A altura que água atingiu em relação ao ponto de referência (parte superior do início do vaso), foi possível calcular quantos litros foram utilizado na descarga pelo tempo médio levantando através da Equação 3, que corresponde a x a altura de preenchimento do vaso sanitário e a variável y o volume de água

em litros, citada na figura 7 e estes litros gerados numa descarga foi dividido pelo tempo de análise para calcular a vazão m<sup>3</sup>/s:

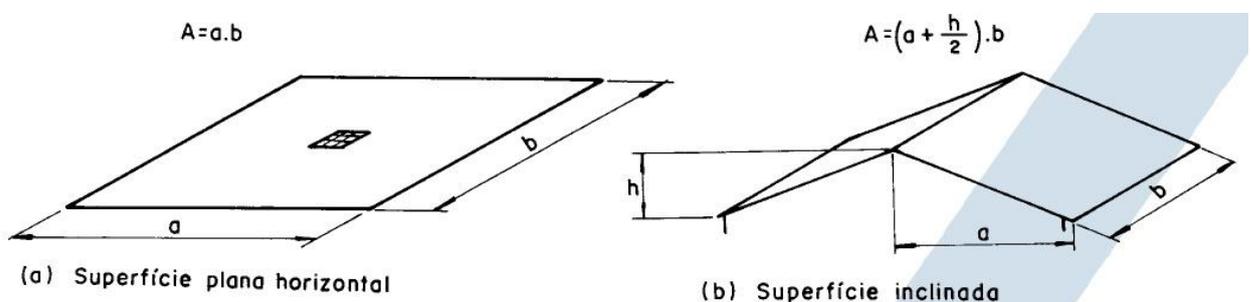
$$y = 0,0367x^2 - 0,9889x + 7,9462 \quad (3)$$

Para esse cálculo, considerando a mesma marca e modelo em todo o bloco, para todos dos vasos sanitários, mediu-se a vazão de 18 vasos sanitários, que correspondem à metade dos vasos sanitários dispostos nos sanitários femininos e, dessa forma, o cálculo da vazão foi extrapolado para os demais.

#### 2.4. Área de Captação e Volume de Reserva de Águas Pluviais do *Campus Londrina*

A área de captação foi calculada de acordo com a ABNT NBR 10844/89, considerando a planta do telhado do Bloco K fornecida pela administração do *Campus*. No cálculo da área da captação das águas pluviais do Bloco K foi constatado que o telhado possui uma área com laje impermeabilizada descoberta composta por dois ralos de 150 mm cada para coleta de águas pluviais. Na área coberta foram utilizadas telhas de fibrocimento onduladas com inclinação de 8,5 % e uma calha com inclinação de 2% em toda sua extensão. Na Figura 6 estão apresentadas as fórmulas utilizadas para calcular a área de captação para laje impermeabilizada e para telhas de fibrocimento de acordo com a NBR 10844/89.

Figura 6: Fórmulas de cálculo de área de captação



Fonte: **ABNT** NBR 10844/89

No cálculo do dimensionamento do reservatório, inicialmente, foram desconsiderados os 2 mm iniciais da precipitação pluviométrica, de acordo com as recomendações da ABNT NBR 15527 isto se dá em função da limpeza do telhado que ocorre após a chuva inicial, perda que ocorre pela interceptação da água que molha as superfícies e perda por evaporação, estas perdas de 2mm são conhecidas também por *first-flush*.

Além disso, cabe salientar que o reservatório é considerado inoperante no *Campus* todo início de ano, no período de férias de docentes e discentes. No cálculo também será desconsiderado pelo menos um dia no ano em que o reservatório não estará em operação para limpeza e manutenção.

Neste trabalho foi escolhido como método de dimensionamento de reservatório o método da simulação sugerido pela ABNT NBR 15527 (ABNT, 2007), a partir do qual é possível se arbitrar um volume qualquer e, posteriormente, verificar as perdas e falhas do fornecimento de água considerando o consumo realizado. A partir dos resultados dessa simulação e da série histórica diária de precipitação, do volume provável do reservatório, da demanda e das perdas do sistema pode-se avaliar a eficiência do reservatório. De posse dessas informações, também é possível testar várias medidas de volume e verificar aquela que permita obter a eficiência desejada (TOMAZ, 2011), utilizando as Equações (4) e (5) descritas a seguir:

$$S(t) = Q(t) + S(t - 1) - D(t) \quad (4)$$

$$Q(t) = C \times P(t) \times A \quad (5)$$

Sujeitas a:

$$0 \leq S(t) \leq V,$$

Nas quais,  $S(t)$  é o volume de água no reservatório no tempo  $t$  ( $m^3$ );  $Q(t)$  é o volume de chuva no tempo  $t$  ( $m^3$ );  $S(t-1)$  o é volume de água no reservatório no tempo  $t-1$  ( $m^3$ );  $D(t)$  é o consumo ou demanda no tempo  $t$  ( $m^3$ );  $C$  é o coeficiente de escoamento superficial;  $P(t)$  a precipitação no tempo  $t$  (mm);  $A$  é área de captação ( $m^2$ ) e  $V$  é o volume fixo do reservatório ( $m^3$ ).

Portanto, o volume  $S(t)$  de água no reservatório no tempo  $t$  foi estimado a partir do volume não utilizado no tempo anterior ( $t-1$ ), acrescido ao volume passível de ser captado -  $Q(t)$  no presente tempo, subtraindo-se a demanda a partir do volume passível de ser captado, considerando-se as perdas pelo coeficiente *runoff*.

## 2.5. Tempo de Retorno com base na Taxa de Água/ Esgoto Paga

Como o objetivo de estimar o tempo de retorno financeiro baseado na economia de água consumida a partir do sistema de aproveitamento de água pluvial que atende ao *Campus*, foram levantadas informações junto à sua Direção sobre os valores gastos para a construção do sistema de aproveitamento de águas pluviais e a taxa de saneamento básica cobrada pela Companhia de Abastecimento de Água e Tratamento de Esgoto (SANEPAR). Segue abaixo a tabela com os dados da taxa cobrada para a universidade e usado como base de cálculo.



Tabela 5 – Tarifa do saneamento básico cobrado no período de análise pela companhia de abastecimento com detalhe utilizado para os Cálculos

TABELAS DE TARIFAS DE SANEAMENTO BASICO – 2019	
AUTORIZADO REAJUSTE DE 8,371356% - ACORDAO 1373/2019 – Tribuna de Contas do Estado – TCE	
CATEGORIA/FAIXAS DE CONSUMO	TARIFA (em Reais)
COMERCIAL/UTILIDADE PUBLICA/PODER PUBLICO	
DEMAIS LOCALIDADES	>30
<b>AGUA E ESGOTO</b>	<b>15,65 /M<sup>3</sup></b>

Fonte: Sanepar, 2019

Dornelles *et al.* (2012) chamam atenção para o fato do aproveitamento de água pluvial causar acréscimo de vazão de água residuária lançada à rede pública de esgoto sanitário, o que não é computado na composição da tarifa de esgoto. Contudo, segundo os mesmos autores, para se inferir o volume demandado de água residuária proveniente da utilização das águas pluviais é

necessário estimar: 1) as demandas de água tratada; 2) a eficiência do sistema de aproveitamento de água pluvial; 3) o volume de água medida no hidrômetro de entrada da unidade consumidora; 4) a relação esgoto/água praticada pela companhia de abastecimento de água e de tratamento de esgoto sanitário.

Para o cálculo do tempo de retorno foi utilizado a Equação 6, que é a fórmula do *payback* que é o tempo de retorno desde o investimento inicial até aquele momento em que os rendimentos acumulados tornam-se iguais ao valor desse investimento.

$$PB = \frac{\textit{Investimento inicial}}{\textit{resultado medio do fluxo de caixa}} \quad (6)$$

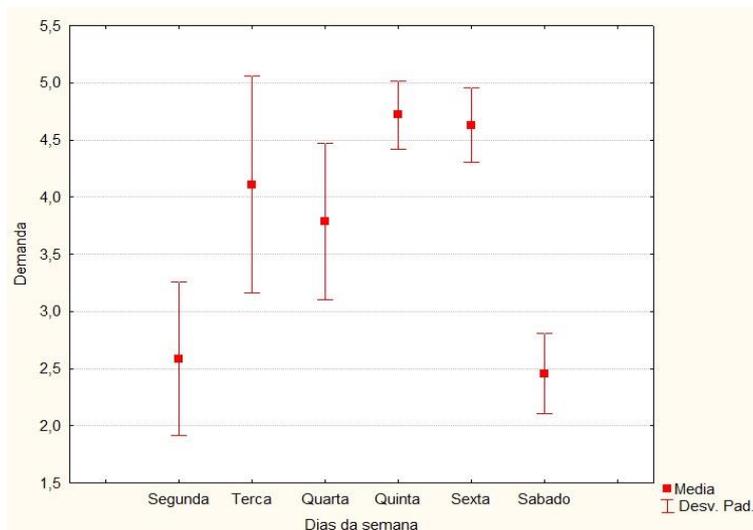
### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Consumo de água por aluno no Bloco K

Foram aplicados 231 formulários *online* e físicos, com 128 respostas masculinas e 103 femininas com um erro amostral de 6%. A maior frequência de pessoas ocorre no período vespertino e no início da semana. A presença de alunos relativa a sua totalidade diminui no final de semana, onde possui cursos de especialização e mestrado aos sábados.

A demanda de água pluvial média do mês de análise foi de 3,82 m<sup>3</sup> por dia. Na Figura 8, pode-se observar uma análise da demanda de água pluvial em relação aos dias da semana. Os dias de maior uso dos sanitários são as terças, quintas e sextas com uma demanda média de 4,73 m<sup>3</sup> por dia. O maior desvio padrão foi na terça feira com um desvio padrão de 2,32 m<sup>3</sup>. Atribui-se este desvio ao provável disparo irregular da descarga, indicando possível defeito na alocação da válvula em seu acionamento.

Figura 8: Demanda de água pluvial em relação aos dias da semana



Fonte: Autoria própria.

Nos questionários aplicado visando determinar o volume das descargas nos vasos sanitários, os usuários responderam que o tempo médio de acionamento da descarga foi de 2 s sendo seguido de apenas aciono a descarga e solto. Entretanto, com o auxílio do gravador de áudio, verificou-se que no período de 24 horas 27 indivíduos utilizaram os sanitários, e o tempo médio de acionamento das descargas foi de 3,56 s com desvio padrão de 1,67 s. Desta forma, adotou-se um tempo de acionamento das válvulas próximo de 4 s para o cálculo das vazões dos vasos sanitários.

A vazão média dos vasos sanitários com válvula de descarga e de 1,33 l/s com um desvio padrão de 0,31 l/s. Com a aplicação dos questionários foi possível verificar a frequência que os sanitários são utilizados durante uma semana, sendo possível verificar que a maior utilização ocorre de 1 a 4 vezes na semana, sendo possível verificar 21 litros de água pluvial por semana para cada usuário. Como citado Barreto *et al.* (1998) estimou a vazão média de vasos sanitários com válvula de descarga é de 1,24 L/s, considerando uma duração média de acionamento de válvula de 6,15 s, resultando num total de 7,63 litros a cada acionamento.

Apesar do valor encontrado na literatura e o valor medido estarem próximos indicando a eficiência do método aplicado, o tempo de acionamento difere com o da literatura. Esta diferença de acionamento pode se dar devido a diferença de pressão de um vaso sanitário a outro, indicando a necessidade de

realizar a medição da vazão do vaso sanitário de estudo. Por meio dos dados obtidos, verificou-se que o vaso sanitário com válvula de descarga é indicado para o local de estudo ao invés da caixa acoplada de 6 litros, mesmo o sistema com válvula de descarga apresentar disparo indevido e apresentar um maior potencial de manutenção.

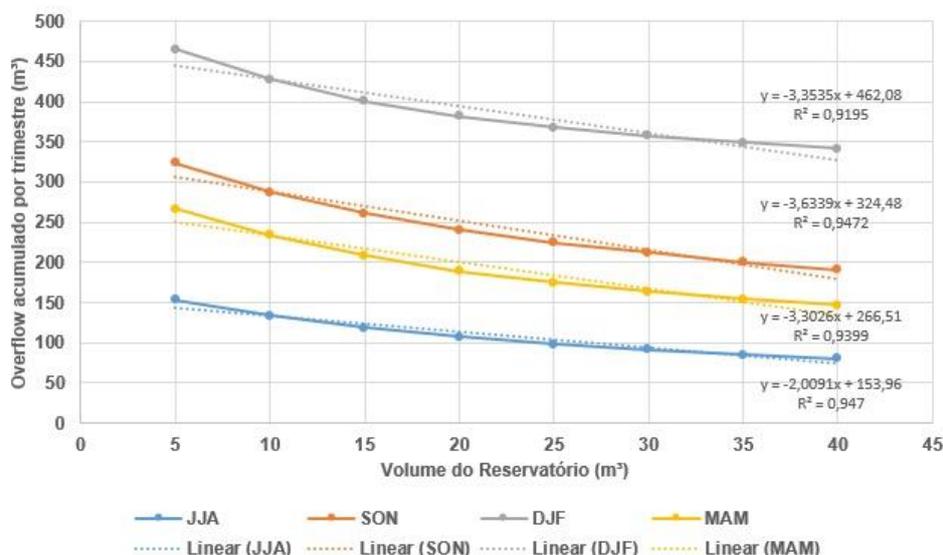
O formulário possuía questões exclusivas para o sexo masculino onde foi possível verificar se os mictórios eram utilizados e se ocorria o acionamento da descarga do mictório. Verificou-se que 11,7% dos usuários não utilizam o mictório e 2,6% não acionam a descarga do mictório. O uso do mictório é uma alternativa para reduzir o consumo de água.

### **3.3 Dimensionamento do reservatório de aproveitamento de água pluvial**

Para o dimensionamento do sistema de reservação ótima para o sistema de aproveitamento de água pluvial do bloco K foi utilizado o método da simulação. O extravasamento (*overflow*) devido a chuvas mais intensas ou presunção de reservatórios relativamente pequenos foi calculado, bem como a falta de água no sistema com a necessidade de uso de fonte provinda de poço ou da SANEPAR.

Para o cálculo do extravasamento "*overflow*", a Figura 12 indica no eixo x os volumes estimado do reservatório, no eixo y o extravasamento acumulado em m<sup>3</sup> e na linha os meses do ano separados por trimestre. Foi possível observar que mesmo que ocorra o aumento do reservatório o extravasamento permanece praticamente constante, considerando o trimestre mais chuvoso (Dezembro, janeiro e fevereiro - DJF) o tamanho ideal do reservatório para evitar o menor extravasamento é de 25 m<sup>3</sup> observando que o reservatório existente possui um volume de 15 m<sup>3</sup> para o bloco de estudo.

Figura 12: Variação do volume do reservatório pelo extravasamento



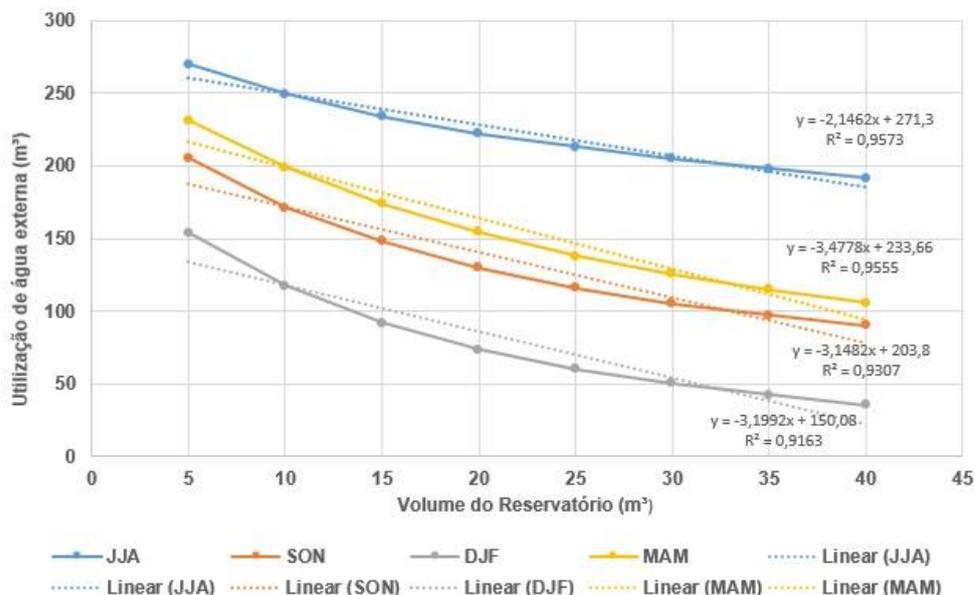
Fonte: Autoria própria.

Quando não possui água no reservatório é necessário utilizar água de uma fonte externa como a companhia de abastecimento ou do poço artesiano, ambos dependem de um maior custo financeiro; seja a companhia de abastecimento que cobra uma taxa referente a água tratada ou referente ao gasto energético utilizado pela bomba para retirada da água do poço.

Foi verificado que para o período de 1 de janeiro de 2019 à 14 de junho de 2019, com uma demanda constante de 3,82 m³ para todos os dias e um reservatório de 15 m³ que é o tamanho existente atualmente no campus houve 79 dias utilizando água externa no bloco K. Para um reservatório de 25 m³ estes dias diminuiria para 59 dias.

Na Figura 13 indica no eixo x os volumes estimado do reservatório, no eixo y o utilização de água externa em m³ e na linha os meses do ano separados por trimestre. Foi possível observar que mesmo que ocorra o aumento do reservatório a utilização da água externa permanece praticamente constante, considerando o trimestre mais chuvoso (Dezembro, janeiro e fevereiro - DJF) o tamanho ideal do reservatório para evitar o menor extravasamento é de 25 m³ observando que o reservatório existente possui um volume de 15 m³ para o bloco de estudo.

Figura 13: Variação do volume do reservatório pela utilização do suprimento de água externa



Fonte: Autoria própria.

### 3.4. Cálculo do tempo de retorno do reservatório existente

Para o cálculo do tempo de retorno foi levantando junto ao campus o investimento inicial aproximado do sistema que foi de: caixa d'água R\$ 6051,84, equipamento como bomba de recalque, filtros e kit de interligação R\$ 38468,22, tubulações R\$ 5524,56 dando um total estimado de R\$ 50044,62.

Para determinar o fluxo de caixa foi considerado como demanda diária 3,82 m³. O tempo considerado foi de 30 dias sendo descontado os domingos por não haver demanda no *campus*, ou seja, para 26 dias de geração de demanda de água pluvial o valor foi de 99,32 m³ e a taxa aplicada pela companhia de R\$ 15,80 por m³. O fluxo de caixa foi de R\$ 1569,27 sendo o tempo de retorno de 31,89 meses o que corresponde a 2 anos e 7 meses.

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho apresentou a análise da eficiência do reservatório de água pluvial existente no bloco K na Universidade Tecnológica Federal do Paraná- campus Londrina por meio de dados pluviométricos e de medição associados a questionários de uso das águas pluviais pelos estudantes e funcionários.

A vazão média dos vasos sanitários foi de 1,33 l/s, valor próximo dos valores encontrados na literatura. Este valor está próximo a 4,73 litros por acionamento de descarga. Apesar do uso de válvulas de descarga, os valores de fluxo e volume de água são melhores que os valores apresentados em sistemas de vaso com caixa acoplada de 6 litros.

O reservatório foi dimensionado baseado na demanda média de água pluvial do mês medido que foi de 3,82 m<sup>3</sup> diários. A curva de *overflow* e da utilização de água externa contribuiu para encontrar o valor “ótimo” do volume do reservatório que foi estimado a partir do valor de reservação de 25 m<sup>3</sup>. Isto indica que mesmo que o reservatório aumente, o *overflow* e a utilização de água externa irá variar muito pouco não compensando o investimento financeiro do aumento do reservatório.

A aplicação dos questionários contribuiu com uma análise de sensibilidade permitindo a realização de um ajuste entre o consumo estimado através de levantamento de dados e o consumo real medido de água nos edifícios. A UTFPR do *campus* Londrina poder-se-á utilizar da análise deste trabalho para a determinação de volumes ótimos de reservação em seus sistemas de reservatórios pluviais e potáveis. Desse modo, este projeto de pesquisa apresenta valores de viabilidade técnica e econômica para fundamentar ações de uso racional de água pelo aproveitamento de água pluvial para uso em sistemas prediais de descarga em vasos sanitários.

## REFERENCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626: Instalações prediais de águas fria, 36p. Rio de Janeiro, nov. 1982.

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

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

BARBETTA, P. A. Estatística aplicada às ciências sociais. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2003.340 p.

BARRETO, D.; IOSHIMOTO, E.; ROCHA, A. Caracterização e monitoramento do consume predial de água. Programa Nacional de Combate ao Desperdício de Água, DTA Documento Técnico de Apoio no E1. Brasília, 1998.

DORNELLES, F. et. al. Metodologia para Ajuste do Fator de Esgoto/Água para Aproveitamento de Água de Chuva. RBRH – Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 17 n.1 - 2012, p. 111-121.

HURLIMANN, A. Household use of and satisfaction with alternative water sources in Victoria. Journal of Environmental Management, v. 92, p. 2691-2697, 2011.

PELAK, N.; PORPORATO, A. Sizing a rainwater harvesting cistern by minimizing costs. Journal of Hydrology, v. 541, p. 1340–1347, 2016.

PROENÇA, L. C.; GHISI, E. Water end-uses in Brazilian office buildings. Resources, Conservation and Recycling, v. 54, n. 8, p. 489-500, 2010.

SANTOS, C.; PINTO, F. T. Analysis of different criteria to size rainwater storage tanks using detailed methods. Resources, Conservation and Recycling, v. 71, p. 1 - 6, 2013.

SANEPAR. Tabela de tarifas 2019. Disponível em: <  
<http://site.sanepar.com.br/sites/site.sanepar.com.br/files/clientes2012/tabeledetarifas2019-site.pdf> > Acessado em: 03 de junho de 2019.

SILVA, L. P. D. Hidrologia engenharia e meio ambiente. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.

TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água da chuva. 4. ed. São Paulo: Navegar, 2011.

WU, C. L.; CHAU, K. W. Mathematical model of water quality rehabilitation with rainwater utilisation: a case study at Haigang. International journal of environment and pollution, v. 28, n. 3, p. 534-545, 2006.

