

# ESTUDOS DE DEMANDA HÍDRICA DE CULTURAS OLERÍCOLAS PARA DIMENSIONAMENTO DE RESERVATÓRIO DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA PELO MÉTODO DOS DIAS CONSECUTIVOS SEM PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA

Alceu Gomes de Andrade Filho (UEPG) E-mail: [agafilho@uepg.br](mailto:agafilho@uepg.br)

Marcos Antonio Rodrigues de Oliveira (UEPG) E-mail: [marcos.rodri.oliv@hotmail.com](mailto:marcos.rodri.oliv@hotmail.com)

Maria Magdalena Ribas Doll (UEPG) E-mail: [mmrdoll@uepg.br](mailto:mmrdoll@uepg.br)

Natalie Adams Philippsen (UEPG) E-mail: [natyphilippsen@hotmail.com](mailto:natyphilippsen@hotmail.com)

**Resumo:** O aproveitamento das águas pluviais surge como uma ótima alternativa para a conservação dos recursos hídricos disponíveis no planeta. O presente trabalho tem como objetivo avaliar as demandas hídricas exigidas por diferentes culturas olerícolas, utilizando a água de chuva para posterior reposição, via irrigação, e realizar o dimensionamento de um reservatório de águas pluviais. O local para o desenvolvimento da pesquisa foi uma instituição de educação infantil no município de Ponta Grossa. As estimativas das necessidades hídricas requeridas pelas culturas foram determinadas com base na evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e de coeficientes de cultura (K<sub>c</sub>) e para o dimensionamento do reservatório foi utilizado o método dos dias consecutivos sem precipitação pluviométrica. Na avaliação das demandas hídricas requeridas pelas culturas, o período entre os meses de julho e agosto foi o mais exigente coincidindo com o período de menor disponibilidade hídrica na região.

**Palavras-chave:** Irrigação; demanda hídrica; aproveitamento de água.

## STUDIES ON WATER REQUIREMENT OF VEGETABLE CROPS FOR DESIGN OF RESERVOIR UTILIZATION OF RAIN WATER BY THE METHOD OF CONSECUTIVE DAYS WITHOUT RAINFALL

**Abstract:** The rainwater comes as a great alternative to the conservation of available water resources on the planet. This study aims to assess the water demands required by different vegetable crops, using rain water for later replacement, through irrigation, and complete the design of a reservoir of rainwater. The site for the development of the research was an institution which educates children in Ponta Grossa. Estimates of water needs required by crops were determined based on reference evapotranspiration (ET<sub>o</sub>) and crop coefficients (K<sub>c</sub>) and the sizing of the reservoir, the method of consecutive days without rainfall. In the assessment of water demands required by crops, the period between the months of July and August was the most demanding coinciding with the period of water availability in the region.

**Keywords:** Irrigation, water demand, use of water.

### 1. Introdução

A água é cada vez mais um bem escasso no planeta e notadamente em nosso país, tendo em vista que seu volume total não está se reduzindo, pois não existem perdas dentro do ciclo de evaporação e precipitação, porém a degradação dos recursos hídricos, o desmatamento, a poluição, a impermeabilização provocada pela urbanização favorecem o desequilíbrio hidrológico gerando poluição dos mananciais enchentes e por consequência a alteração do ciclo das chuvas (Fonte: Projetos Especiais 2010).

Por estes motivos, buscam-se frequentemente, métodos alternativos de utilização da água, como o aproveitamento das águas pluviais, água-cinza, águas residuais tratadas e a dessalinização, que surgem como meios de conservação da água e como alternativas para enfrentar a carência do recurso, tanto para fins potáveis quanto não potáveis, tornando uma opção para minimizar a sua escassez (PUSHARD, 2009).

Dentre as várias alternativas acima citadas, destaca-se o aproveitamento de águas pluviais, prática que vem sendo muito utilizada em vários países como Austrália, Estados Unidos, Alemanha e Japão, e que vem cada vez mais se intensificando no Brasil.

A utilização deste método se torna possível através do armazenamento de água com a finalidade de se fazer uso da água precipitada sobre a área do telhado (principal coletor da água de chuva), que através de condutores (calhas) é drenada para reservatórios térreos, e que por sua vez é bombeada para reservatórios elevados para ser utilizada de acordo com a finalidade das instalações projetadas (ALT, 2009).

As águas pluviais surgem como uma ótima alternativa para a redução do consumo de água potável, sendo viável sua utilização sem qualquer tipo de tratamento apenas para fins não-potáveis como, recreação de contato primário, irrigação de hortaliças, plantas frutíferas, parques, jardins, campos de esportes e lazer, após o descarte dos 2 mm iniciais (HAGEMANN, 2009). Outra vantagem do aproveitamento de água de chuva está em retirar do sistema de drenagem urbana o volume de água que poderia ser causa de enchentes. Conforme Giacchini (2010), atualmente o aproveitamento de águas pluviais está cada vez mais ganhando aspectos de segurança sanitária e de sustentabilidade hídrica.

Atualmente a literatura apresenta várias metodologias de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais. Dentre eles se destaca o Método dos dias Consecutivos Sem Chuva, proposto pelo PROSAB (Programa de Saneamento Básico) de 2006, onde o dimensionamento do reservatório se baseia no período máximo de estiagem esperado.

Como se sabe, a necessidade de irrigar é maior em regiões mais secas, como a região árida e semi-árida do que nas regiões de maior umidade. Nas regiões de maior umidade, as chuvas em geral são suficientes para a maioria das culturas, porém a má distribuição das mesmas faz com que haja necessidade da irrigação (TEIXEIRA DE ANDRADE, 2001).

Em todo o cultivo de hortaliças e olerícolas sempre que a precipitação natural for insuficiente para repor a água perdida pela evapotranspiração, deve-se lançar mão da irrigação, se viável economicamente (SEGOVIA e LOPES PINHEIRO, 2004).

Culturas olerícolas, dentro da horticultura, abrangem a exploração de hortaliças, e que engloba culturas folhosas, raízes, bulbos, tubérculos, frutos diversos e partes comestíveis de plantas.

Dentro deste contexto, o incentivo e fomento de estudos com a finalidade de desenvolver técnicas, critérios e métodos para o dimensionamento de sistemas de captação, armazenamento e utilização das águas pluviais, ganham cada dia mais importância. Partindo desta idéia, e aliado aos diferentes usos de água da chuva, baseados em critérios de sustentabilidade hídrica, o objetivo do presente trabalho é realizar o dimensionamento de um reservatório de águas pluviais pelo método do PROSAB, que seja suficiente para atender a demanda exigida para a irrigação de canteiros com diferentes culturas de olerícolas em uma horta instalada numa instituição de ensino infantil no município de Ponta Grossa, Paraná.

## 2. Material e métodos

A pesquisa foi desenvolvida baseada nas seguintes etapas metodológicas:

- Pesquisa bibliográfica e internet. A leitura e a revisão de livros, monografias e diversos sites da internet relacionados ao tema, deram início aos estudos sobre as demandas hídricas de culturas olerícolas e água da chuva para fins não potáveis, como no caso do presente estudo, a irrigação;
- Área de atuação do estudo. Escolheu-se como local para o desenvolvimento dessa pesquisa, as áreas de canteiros destinados ao cultivo de hortaliças (alface, beterraba, cenoura, espinafre, repolho e rúcula) e morango (Figura 1) do Centro de Educação Infantil Mansão Bezerra de Menezes (Figura 2), localizada no município de Ponta Grossa, Paraná.

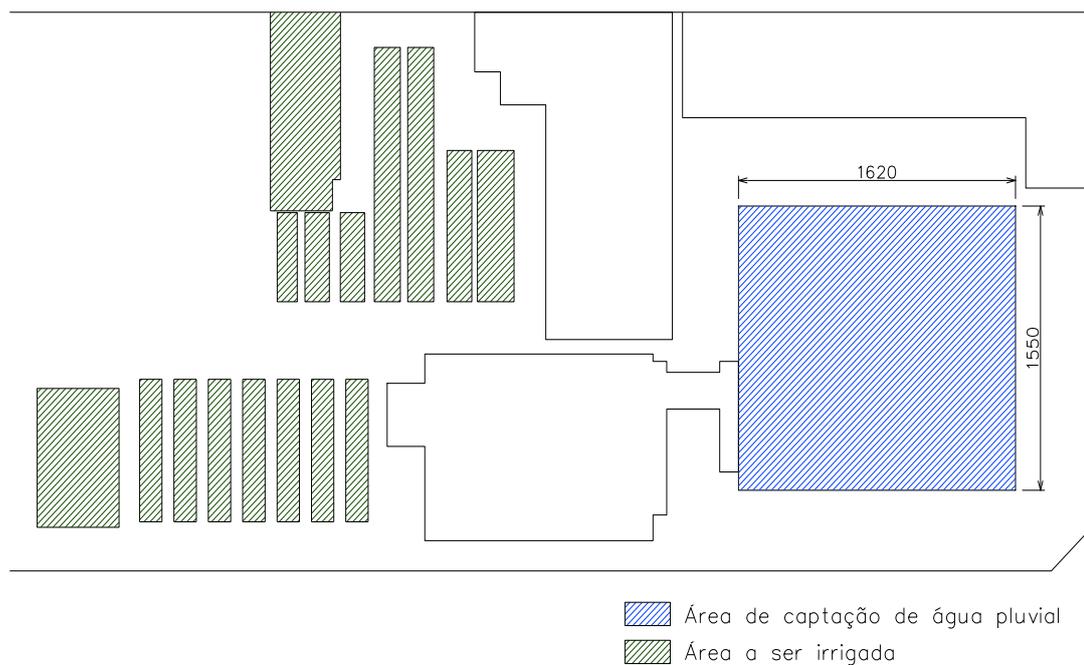


Figura 1 – Representação das edificações com 715,39m<sup>2</sup> de área construída e o arranjo dos canteiros existentes. (Fonte: Autores)



Figura 2 – Imagem dos canteiros existentes na instituição. (Fonte: Autores)

- Levantamento do consumo de água requerida pelas culturas. Baseado em métodos de cálculo, consultados em literatura específica, e de posse de dados obtidos em campo, foi possível avaliar a necessidade hídrica a ser repostas às hortaliças cultivadas dentro da instituição;
- Obtenção dos dados de precipitação. Coletaram-se dados obtidos de uma série histórica de precipitações por meio da estação pluviométrica de Vila Velha em Ponta Grossa, Paraná, observadas pelo IAPAR;
- Desenvolvimento dos estudos e memorial dos cálculos. Dando sequência a todo o estudo baseado em pesquisas com livros, trabalhos, normas e internet, a etapa seguinte foi o cálculo de dimensionamento do reservatório de armazenamento de águas pluviais pelo método dos dias consecutivos sem precipitação pluviométrica.

## 2.1 Estimativa das necessidades hídricas requerida pelas culturas

As necessidades hídricas diárias a serem repostas foram calculadas pelo método recomendado por Bernardo (1984) com base nas perdas por evapotranspiração das culturas (ET<sub>c</sub>), de forma a suprir as perdas combinadas de água do solo (por evaporação) e da planta (por transpiração). Sua estimativa foi obtida por meio da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e de coeficientes da cultura (K<sub>c</sub>). A evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) foi considerada como a quantidade de água evapotranspirada de uma superfície totalmente coberta por vegetação rasteira, em fase de crescimento, sem restrições de umidade (SEGOVIA e LOPES FILHO, 2004). A ET<sub>o</sub> foi determinada pelo método do Tanque de Classe “A”, com base em dados climatológicos históricos mensais de evaporação, determinada por meio da Equação 1:

$$ET_o = K_p \times ECA \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

ET<sub>o</sub> = Evapotranspiração de referência ocorrida em cada mês (mm);

K<sub>p</sub> = Coeficiente do tanque (0,85);

ECA = Soma das evaporações diárias medidas no Tanque Classe “A” (mm), ocorridas em cada mês.

Após a estimativa mensal da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) calculada pela equação 1, foi possível determinar, para cada período, a evapotranspiração de cada cultura (ET<sub>c</sub>), utilizando a Equação 2:

$$ET_c = K_c \times ET_o \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

ET<sub>c</sub> = Evapotranspiração da cultura ocorrida no mês de referência (mm);

K<sub>c</sub> = Coeficiente da cultura, adimensional;

ET<sub>o</sub> = Evapotranspiração de referência ocorrida no mês considerado (mm).

De posse da evapotranspiração das culturas (ET<sub>c</sub>) determinada pela equação 2, permitiu-se a obtenção da quantidade de água requerida pelas plantas a ser repostada via irrigação pela Equação 3:

$$\text{Vol} = ET_c \times A \quad (\text{Eq. 3})$$

Onde:

Vol = volume de água a ser repostada (L.dia<sup>-1</sup>);

ET<sub>c</sub> = evapotranspiração da cultura (mm.dia<sup>-1</sup>);

A = somatório das áreas dos canteiros disponíveis para a cultura (m<sup>2</sup>).

## 2.2 Cálculo do volume do reservatório segundo o método

O método dos dias consecutivos sem chuva (PROSAB, 2006) baseia-se no máximo período de seca do ano. Para a utilização do método foram realizadas as observações dos registros pluviométricos de 48 anos, identificando a média mensal dos maiores períodos de dias consecutivos sem chuva na cidade de Ponta Grossa.

De posse do período de máximos dias consecutivos sem precipitação pluviométrica e da máxima demanda água exigida pelas culturas, o volume mínimo a ser adotado para o reservatório, é obtido a partir do produto desses dois valores, conforme Equação 4:

$$V_{RES} = Q_{NP} \times DS \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

V<sub>RES</sub> = volume estimado do reservatório de água pluvial (m<sup>3</sup>);

Q<sub>NP</sub> = somatório das demandas não potáveis (m<sup>3</sup>.dia<sup>-1</sup>);

DS = valor esperado do maior número de dias consecutivos sem chuva (dias).

### 2.3 Volume mensal captável

A série histórica de dados pluviométricos da cidade de Ponta Grossa foi obtida a partir de um banco de dados disponível no Sistema de Informações Hidrológicas da Agência Nacional de Águas, observadas pelo IAPAR (Figura 3). Esta série refere-se a registros diários de precipitação medida em Ponta Grossa entre Janeiro de 1954 e Dezembro de 2002, englobando registros de 48 anos.

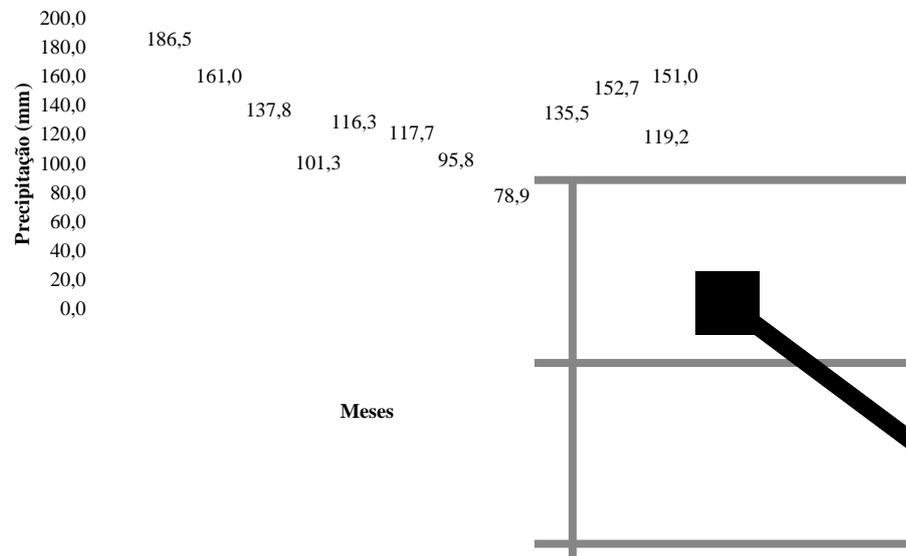


Figura 3 – Representação das médias mensais de precipitação em Ponta Grossa. (Fonte: IAPAR)

Analisando a série dos valores das médias mensais de precipitação para o período em questão, podem-se notar os registros dos períodos de máxima e mínima precipitação nos meses de janeiro e agosto, com valores de 186,5mm e 78,9mm respectivamente. A observação desses pontos é de fundamental importância, pois evidencia as correspondentes máximas e a mínimas capacidades de captação de águas pluviais das áreas de telhado disponíveis. O cálculo do volume médio mensal captável das águas pluviais foi realizado, segundo a norma NBR 15527/2007, pela Equação 5:

$$V = C \times P \times A \times n \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

V = volume médio mensal captável (m<sup>3</sup>);

C = coeficiente de escoamento superficial da área de coleta (adimensional);

P = altura média mensal de chuva (mm);

A = área de coleta das águas pluviais (m<sup>2</sup>);

n = fator de captação.

### 2.3.1 Coeficiente de escoamento superficial

O coeficiente de escoamento superficial depende da natureza da superfície onde água será captada. Na Tabela 1 têm-se os valores médios utilizados, sendo que para a cobertura em questão, destinada a captação das águas pluviais, adota-se  $C = 0,80$ , por se tratar de uma superfície de telhas cerâmicas.

Tabela 1 – Coeficiente de escoamento superficial

Tipo de Coberturas	Coeficiente de Escoamento Superficial (C)
Telhas cerâmicas	0,80 a 0,90
Telhas, lajotas e ladrilhos vitrificados	0,90 a 0,95
Telas de cimento amianto	0,70 a 0,85
Telhas metálicas corrugadas	0,80 a 0,95
Lajotas e blocos de concreto	0,70 a 0,80
Lajotas e blocos de granito	0,90 a 0,95
Pavimento de concreto	0,80 a 0,95
Pavimentos asfálticos	0,70 a 0,90

Fonte: Andrade Filho et al (2008).

### 3. Resultados e discussões

Após a realização do levantamento do local de estudos apresentado na Figura 1, optou-se por sugerir um rearranjo dos canteiros como primeiro passo para melhorar a disposição do sistema de irrigação possibilitando a racionalização do aproveitamento da rede a ser implantada, totalizando 192,88m<sup>2</sup> de área irrigada. A partir desses estudos foi sugerida uma nova disposição dos canteiros apresentada na Figura 4, utilizada para as avaliações de demanda do projeto. A área selecionada para a captação (telhado), destacada na figura citada, totaliza em projeção 251,10m<sup>2</sup>. A escolha do local da pesquisa foi feita em função de área de telhado disponível para captação de águas pluviais e por ser um local onde o aproveitamento de água da chuva traria grandes benefícios como a economia de água potável e um meio de conscientização da sociedade dos métodos alternativos de utilização da água, no caso desse projeto, voltado para irrigação de olerícolas.

Na Tabela 2 estão apresentados os tipos de culturas e correspondentes áreas dos canteiros, notando-se que a cultura de maior área de plantio é alface, seguido pelo morango, rúcula, repolho, espinafre, beterraba e cenoura.

Tabela 2 – Tipos de culturas e áreas dos canteiros

Tipo de cultura	Área (m <sup>2</sup> )
Alface	67,30
Beterraba	13,87
Cenoura	8,94
Espinafre	16,80
Repolho	21,54
Rúcula	28,09
Morango	36,34

Fonte: Autores.

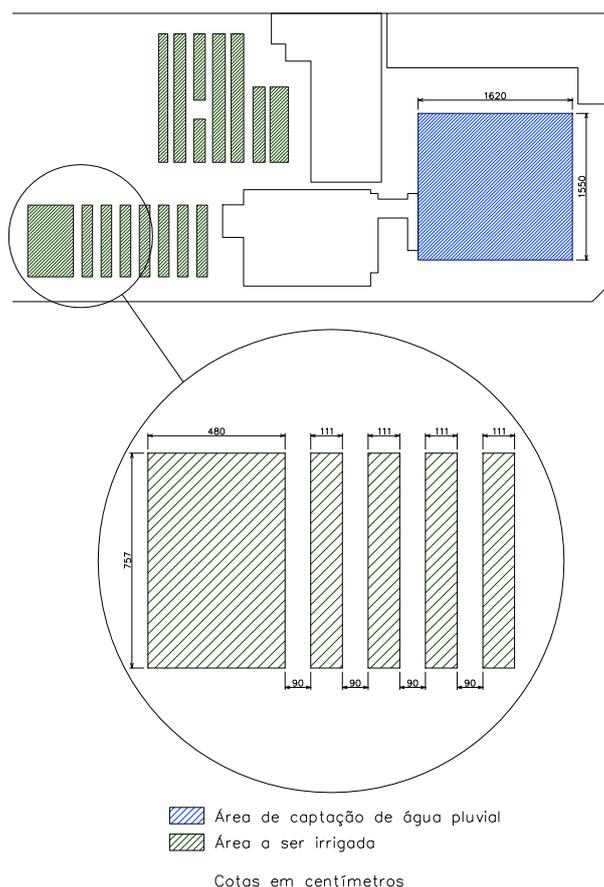


Figura 4 – Representação da nova disposição sugerida dos canteiros. (Fonte: Autores)

Na Tabela 3 estão identificadas as culturas, as demandas mensais totalizadas, os totais anuais de cada cultura, os volumes mensais da área irrigada e volumes diários dessas áreas.

Tabela 3 – Demanda hídrica total das culturas

Meses/Culturas	Alface	Beterraba	Cenoura	Espinafre	Repolho	Rúcula	Morango	Demanda hídrica m <sup>3</sup>	Demanda hídrica m <sup>3</sup> .dia <sup>-1</sup>
Janeiro	1,43	0,34	0,20	0,38	0,53	0,68	1,03	4,60	0,148
Fevereiro	1,37	0,28	0,17	0,34	0,52	0,64	1,37	4,69	0,167
Março	2,43	0,54	0,29	0,55	0,84	1,05	1,46	7,15	0,231
Abril	2,68	0,55	0,33	0,69	0,88	0,72	1,55	7,41	0,247
Mai	2,52	0,52	0,31	0,66	0,82	0,75	1,46	7,04	0,227
Junho	2,37	0,49	0,47	0,76	0,78	1,47	1,55	7,90	0,263
Julho	4,24	0,92	0,59	1,06	1,41	1,86	1,95	12,02	0,388
Agosto	5,01	1,08	0,70	1,25	1,68	2,19	2,30	14,21	0,458
Setembro	2,89	0,64	0,42	0,72	1,08	1,22	2,03	9,00	0,300
Outubro	1,95	0,42	0,29	0,66	0,69	0,85	1,18	6,04	0,195
Novembro	3,77	0,81	0,52	0,89	0,93	1,53	1,51	9,96	0,332
Dezembro	2,41	0,50	0,33	0,43	0,69	0,94	1,30	6,60	0,213
<b>Totais</b>	<b>33,06</b>	<b>7,10</b>	<b>4,63</b>	<b>8,37</b>	<b>10,86</b>	<b>13,90</b>	<b>18,70</b>	<b>96,62</b>	<b>3,170</b>

Fonte: Autores.

Na Figura 5 estão representados de forma gráfica o comportamento da demanda e dos valores do volume captável para cada mês, notando-se que a demanda aumenta no período entre os meses de junho e agosto e decresce de agosto a setembro. O volume captável decresce no período de junho a agosto aumentando no período subsequente, de agosto a setembro. No entanto, em todos os meses, o volume captável apresenta valores superiores à demanda, notando-se o menor superávit no mês de agosto, sendo o mês mais crítico do período.

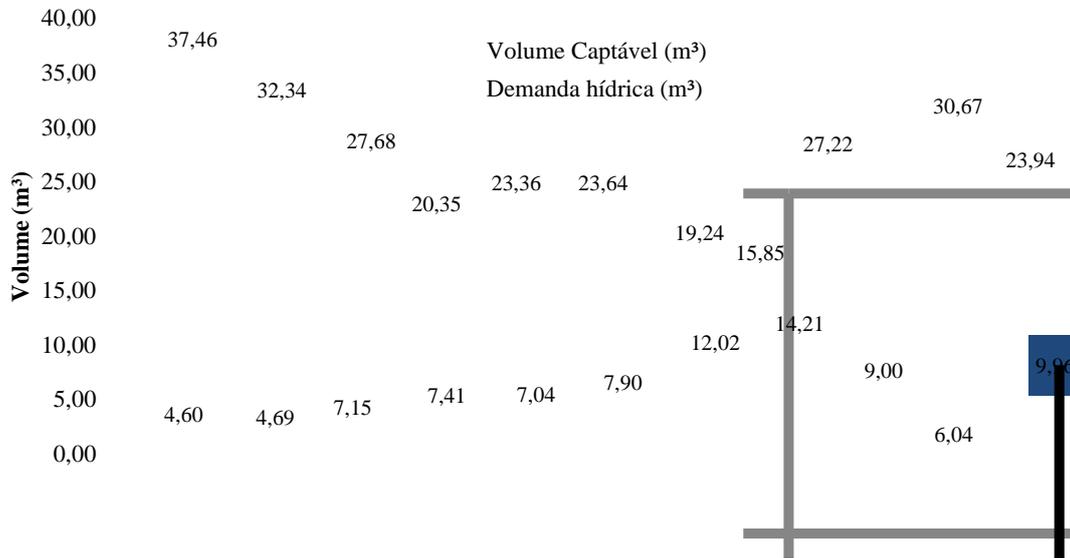


Figura 5 – Representação da demanda hídrica e do volume captável. (Fonte: Autor)

O estudo de frequência dos dias consecutivos sem chuva apresentado na Figura 6 demonstra que o mês de julho apresenta o maior número seguido pelo mês de agosto, sendo também os meses de menor pluviosidade de acordo com apresentado na Figura 3. O volume estimado do reservatório pelo método PROSAB (2006), calculado para a demanda máxima diária no mês mais crítico (agosto) 0,458m³ e período de 13,76 dias, aplicando a Equação 4, resultou em 6,30m³.

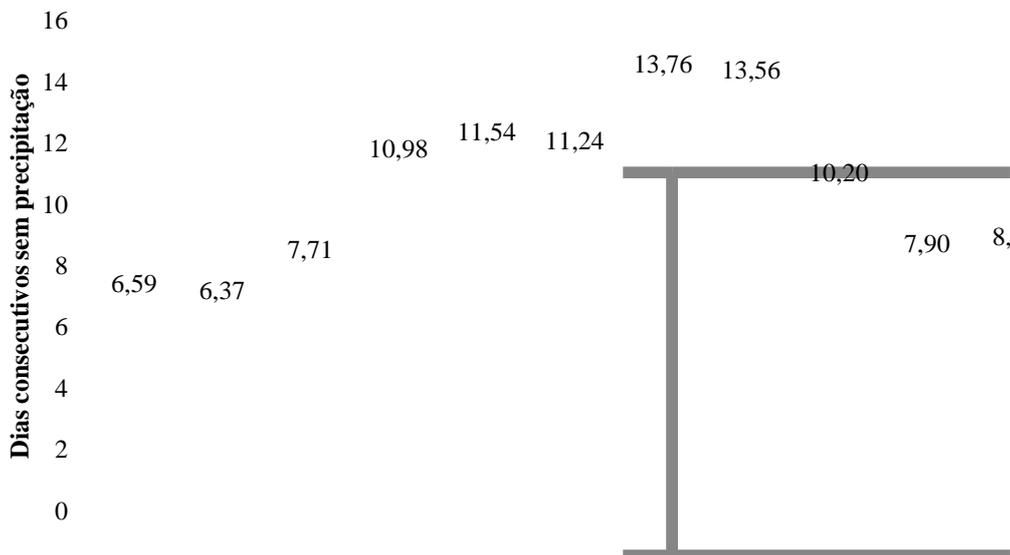


Figura 6 – Representação dos valores dos dias consecutivos sem chuva na cidade de Ponta Grossa.  
(Fonte: Autor)

#### 4. Considerações finais

O estudo sobre a demanda hídrica das culturas olerícolas avaliadas (alface, beterraba, cenoura, espinafre, repolho, rúcula e morango) no Centro de Educação Infantil Mansão Bezerra de Menezes, localizado no município de Ponta Grossa, Paraná, permitiu concluir que os meses de maior demanda hídrica foram julho e agosto com necessidade de 12,02 e 14,21 m<sup>3</sup>, respectivamente. Agosto apresentou o menor volume captável, de 15,85 m<sup>3</sup> devido a menor precipitação observada. A cultura que demandou maior quantidade de água (33,00 m<sup>3</sup>) foi alface por ter maior área de cultivo.

O rearranjo dos canteiros foi necessário para organizar a área demarcada do projeto de irrigação usada nos cálculos de demanda hídrica. Além disso, tal organização sistematizada facilitará futuramente a implantação do sistema de irrigação no local.

O período do ano de maior disponibilidade hídrica no município está entre setembro e março, quando há maior volume de precipitação de em média 149,1 mm. O período de seca, de abril a agosto, com média de 102 mm, sendo os meses de julho e agosto mais críticos com 95,8 e 78,9, respectivamente.

O uso do método do PROSAB pareceu adequado a aplicação pretendida, no entanto, pretende-se na continuidade dos estudos comparar os valores de dimensionamento do reservatório com algum dos métodos previstos na NBR 15527/2007, escolha do sistema de irrigação e realizar o dimensionamento hidráulico da rede.

Pelo método usado para dimensionamento será necessário a construção de um reservatório de volume 6, 30 m<sup>3</sup>.

#### Referências

**ALT, R.** *Aproveitamento de água de chuva para áreas urbanas e fins não potáveis*. Estudo baseado no curso ABNT de 11-02-2009 do Eng. Plínio Tomaz. São Paulo, 2009.

**ANDRADE FILHO, A. G. et al.** *Projeto piloto de captação e utilização de águas pluviais*. Ponta Grossa, 2008.

**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.

**BARRETO, A. N.; LUZ, M. J. da S.** *Procedimentos de Cálculo para a Quantificação da Necessidade Hídrica e do Suprimento de Água à Cultura do Amendoim no Município de Barbalha-CE*. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2006. 4p. (Circular Técnica, 284).

**BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C.** *Manual de Irrigação*. 7ª Ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2005. 611p.

**GIACCHINI, M.** *Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos*. Dissertação de Mestrado. Curitiba, 2010.

**GOMES, H. P.** *Engenharia de Irrigação: Hidráulica dos sistemas pressurizados, aspersão e gotejamento*. João Pessoa: Editora Universitária/UFPB, p.30-37, 1994.

**HAGEMANN, S. E.** *Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso*. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, 2009.

**IAPAR.** Instituto Agrônomo do Paraná, 2010.

**MARTINS, A. L.; OLIVEIRA, G. G. C.; SILVA, M. E.** *O aproveitamento de água pluvial para irrigação*. Projeto integrador do Centro Brasileiro de Tecnologia Aplicada. Rio Claro, 2007.

**PEA-UNESCO.** *Projetos Especiais*. Disponível em: <[http://www.col-dumont.com.br/projetos/aguadoce/agua\\_saiba.htm](http://www.col-dumont.com.br/projetos/aguadoce/agua_saiba.htm)>. Acesso: 16 ago 2010.

**SEGOVIA, J. F. O.; FILHO, R. P. L.** *Irrigação de Hortaliças no Estado do Amapá*. Macapá: Embrapa Amapá, p.1-3, 2004. (Circular Técnica, 33).

**ANDRADE, C. L. T.** *Seleção do Sistema de Irrigação*. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2001. 2p. (Circular Técnica, 14).

**TOMAZ, P.** *Aproveitamento de Água de Chuva Para Áreas Urbanas e Fins Não Potáveis*. São Paulo: Navegar Editora, 2003.

**USO RACIONAL DA ÁGUA EM EDIFICAÇÃOE.** *Projeto PROSAB* (Programa de Saneamento Básico). Rio de Janeiro, ABES, 2006.