

DETERMINAÇÃO DO BALANÇO HÍDRICO COMO PARTE DO ESTUDO DE VIABILIDADE DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL EM ESTABELECIMENTO INDUSTRIAL

Gislaine Aparecida André (*), Bernardo Arantes do Nascimento Teixeira

* Universidade Federal de São Carlos e e-mail gislaine.andre@hotmail.com

RESUMO

Em função da necessidade de estudar a eficiência de novas metodologias capazes de diminuir o escoamento de água pluvial, pesquisas referentes ao uso de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial tornam-se mais comuns. Embora seja uma técnica eficiente, em alguns casos deve estar associada a outros métodos de modo que sua eficiência seja maior. Este estudo tem como objetivo determinar o balanço hídrico de uma indústria de modo que seja possível a avaliação de viabilidade da implantação de um Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial. Com base nas metodologias e equacionamentos que serão utilizadas na pesquisa, tais como o Método Racional e o uso da plataforma Excel, será possível obter resultados referentes as vazões de consumo bem como a oferta hídrica pluvial.

PALAVRAS-CHAVE: Aproveitamento, Água Pluvial, Conservação, Balanço Hídrico.

INTRODUÇÃO

Em função da inversão populacional ocorrida em meados da década de 1950, a concentração de pessoas na área urbana e o processo de industrialização aumentaram rapidamente, resultando em uma maior demanda de água nos centros urbanos, tornando insuficientes ou com qualidade comprometida os mananciais próximos as áreas urbanas.

O Brasil recebe abundante pluviometria a qual varia entre 1.000 e mais de 3.000 mm/ano, distribuída sobre mais de 90% do seu território. Num dos países mais ricos em água doce do planeta, as cidades enfrentam crises de abastecimento, das quais não escapam nem mesmo as localizadas na Região Norte, onde estão perto de 80% das descargas de água dos rios do Brasil (REBOUÇAS, 2003).

Dentre os principais usuários dos recursos hídricos, considerados como grandes consumidores, enquadram-se as indústrias, as quais, em função de vários aspectos como produção, resfriamento ou limpeza de grandes áreas, podem consumir grandes vazões, quando comparadas ao uso residencial. Por isso, as indústrias são objetos de preocupação no que diz respeito a projetos de conservação da água, incluindo, por exemplo, ações de economia, reuso e aproveitamento de água pluvial.

Visando a necessidade de desenvolver metodologias capazes de inverter a condição dos altos percentuais de impermeabilização e elevados valores de velocidade de escoamento do efluente pluvial, aumentaram os enfoques nos estudos de aproveitamento de água pluvial e formas de aumentar os índices de infiltração no solo, de modo que a vazão de água escoada seja menor, mitigando problemas referentes as enchentes e alagamentos.

Ao liberar as fontes de água de boa qualidade para abastecimento público e outros usos prioritários, o uso da água pluvial contribui para a conservação deste recurso e acrescenta uma dimensão econômica ao planejamento dos recursos hídricos. O reuso reduz a demanda sobre os mananciais devido à substituição da água potável por água de qualidade inferior.

O aproveitamento de águas pluviais é uma opção que pode se mostrar muito atrativa para a minimização dos efeitos da escassez de água nos grandes centros urbanos e também dos custos, gerados pelo consumo de água obtida a partir de fontes tradicionais, os quais incidem sobre o preço final dos produtos (Mierzwa et al., 2007). Esta condição é relevante para o caso do uso de água em atividades industriais, uma vez que as industriais apresentam condições que favorecem a implantação de sistemas para aproveitamento de águas pluviais, ou seja, processos com elevado consumo de água e grandes áreas de cobertura para captação.

Um dos aspectos a ser avaliado durante um estudo de viabilidade de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial é o Balanço Hídrico, pois o resultado dessa análise detalha a quantidade de efluente pluvial que pode ser aproveitada ou reservada.

O Balanço Hídrico pode ser entendido, de acordo com Sentelhas e Angelocci (2005) como resultado da quantidade de água que entra e sai de um sistema num determinado intervalo de tempo, com isso é possível conhecer a variação de armazenamento, e conseqüentemente, a disponibilidade de água para armazenamento.

OBJETIVOS

O objetivo da pesquisa é determinar o balanço hídrico da empresa de produção de alimentos para animais domésticos, visando avaliar a viabilidade de implantação de Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial, em empresas de pequeno

e médio porte. Com base nos dados de demanda e oferta hídrica será possível estimar em média os períodos os quais a oferta hídrica pluvial será suficiente para atender a demanda não potável.

METODOLOGIA

A empresa estudada trabalha com fabricação de ração e contando com 50 colaboradores, considerando funcionários internos e externos, produção ou escritório. A produção média da empresa é de 130 toneladas por dia.

Por meio de visitas ao local foram obtidas informações referentes à quantidade, dimensões e materiais que compõem os sistemas hídricos, tanto da parte de abastecimento quanto de esgotamento sanitário e manejo de água pluvial. Foram também identificados os processos empregados para a fabricação do produto final, além de analisar as vazões e os tratamentos requeridos pela água utilizada nesses processos. Foram analisadas também as quantidades de registros e bacias sanitárias, permitindo então estimar o consumo referente ao uso de água para higiene dos colaboradores.

O cálculo da oferta hídrica foi realizado por meio do uso do Método Racional conforme Equação 1, o qual pode ser utilizado em análises nas quais a área em estudo não ultrapasse 50 ha.

$$Q = C \cdot i \cdot A \quad \text{equação (1)}$$

Sendo: Q a vazão máxima de escoamento, C o coeficiente de escoamento superficial, I a intensidade de precipitação e A o tamanho da bacia.

Para o cálculo da intensidade de precipitação foi utilizada a equação de precipitações intensas da cidade de Araraquara (DAEE, 1999), conforme Equação 2:

Equação para $10 \leq t \leq 105$:

$$i = 32,4618 \cdot (t + 15)^{-0,8684} + 2,1429 \cdot (t + 15)^{-0,5482} \cdot \left(-0,4772 - 0,9010 \ln \ln \left(\frac{T}{T - 1} \right) \right) \quad \text{equação (2)}$$

Onde: i: intensidade da chuva, correspondente à duração t e período de retorno T, em mm/min; t: duração da chuva em minutos; T: período de retorno em anos.

A partir das alturas de precipitação acumuladas e as características dos telhados da edificação, e de acordo com os cálculos de seus respectivos coeficientes de escoamento definidos na NBR 10.844 (ABNT, 1989) calculou-se o fornecimento em termos de volume ($V = m^3$) de acordo com o método racional para cada mês, conforme Equação 3:

$$V = C \cdot P \cdot A \quad \text{equação (3)}$$

Sendo: C o coeficiente de escoamento superficial; P, valor numérico da precipitação média anual (mm); A, valor numérico da área de coleta em projeção (m^2).

Assim, por meio da obtenção e análise dos dados históricos de precipitação mensais, medidos em uma estação pluviométrica localizada na fazenda Java, distando aproximadamente, 8,5 km do empreendimento, foi possível obter os valores médios mensais e diários de água de chuva disponível entre 2012 e 2017, em função das áreas de coleta correspondentes às coberturas da empresa e sua eficiência de escoamento.

RESULTADOS

Na estimativa da demanda de água, bem como para classificar os usos da água na edificação, foram definidos para fins potáveis a água destinada para registros, cozinha/copa e usos especiais; e fins não potáveis a água destinada para bacias sanitárias, mictórios, limpeza e resfriamento.

Entretanto o equipamento que exige maior consumo de água no empreendimento é a caldeira, sendo responsável pelo fluxo de água, aquecimento e transporte de vapor de água. Desta forma, é necessário em média $1 m^3/h$ de água em forma de vapor para cozimento e para manter o funcionamento de todo o sistema da caldeira são necessários $7 m^3/h$. Sendo assim, $1 m^3/h$ é incorporado ao produto final ou se perde por evaporação, e $6 m^3/h$ voltam ao sistema da caldeira, em circuito fechado.

Sendo assim a demanda de água diária da empresa é em média $25 m^3$ e a demanda mensal tem o valor aproximadamente constante de $650 m^3$, considerando que a empresa funciona 26 dias por mês, mantendo a demanda de água praticamente constante na maioria dos meses do período estudado.

No aspecto urbano foi possível comparar o consumo mensal da empresa com o consumo médio das residências no município, pois sabendo que a demanda de água da empresa está em torno de $650 m^3$ mensal, e o município tem cerca de 3700 residências, consideradas majoritariamente de pequeno e médio porte, com consumo médio de $20 m^3$ mensais.

Sendo assim, tem-se que o consumo da empresa representa em média o equivalente a aproximadamente 33 residências de médio porte. Dessa forma, o consumo da empresa representa cerca de 1% do consumo total do município. Em relação a disponibilidade hídrica pluvial no empreendimento, os dados de precipitação aferidos na Fazenda Java, que dista cerca de 8 quilômetros da empresa em estudo, resultaram nas informações contidas na Tabela 1, a qual indica os dados dos anos de 2012 a 2017.

Tabela 1: Dados pluviométricos mensais do município no período de 2012 a 2017.
Fonte: Dados extraídos de registros da Fazenda Java (2018)

Meses	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Janeiro	276	305	152	116	512	356,5
Fevereiro	58	108	57	216	123	59
Março	57	158	126	207	176	111
Abril	122	64	98	71	07	92
Mai	108	183	57	92	188	143
Junho	150	82	00	04	85	07
Julho	05	00	20	65	00	00
Agosto	00	02	10	09	70	23
Setembro	100	54	59	141	20	51
Outubro	120	144	42	117	98	79
Novembro	75	260	303	335	135	212
Dezembro	313	102	218	338	129	160

A Figura 1 ilustra a superfície de captação e os sentidos de escoamento do empreendimento, sendo suas dimensões diretamente relacionadas ao potencial de captação de água de pluvial com possibilidade de ser aproveitamento, sendo que o empreendimento conta com 6.876,08 m² de área capaz de captar água pluvial.



Figura 1: Área de Cobertura do empreendimento. Fonte: Autor, 2018.

O balanço hídrico da região a qual a empresa está inserida está baseado na Tabela 2, que reúne os dados de volumes acumulados dos últimos seis anos e o valor médio de demanda mensal.

Através da média dos volumes acumulados mensais comparados aos valores de demanda, foi possível o cálculo do balanço hídrico da empresa no período de 2012 a 2017, como ilustra a Tabela 2.

O Gráfico 1 representa os dados obtidos na Tabela 2, referentes aos dados de oferta de demanda de água na empresa, apresentando então os meses os quais o volume acumulado de efluente pluvial é suficiente para suprir a demanda e os meses os quais serão necessários outros métodos de conservação de água.

Tabela 2: Balanço Hídrico
Fonte: Autor, 2018.

Meses	2012	2013	2014	2015	2016	2017	Média de volume acumulado	Demanda mensal	Saldo/ Déficit
Janeiro	1802,91	1992	992,91	757,74	3344,53	2328,76	1869,86	650	1219,86
Fevereiro	378,87	705	372,34	1410,97	803,47	385,40	676,09	650	26,09
Março	372,34	1032	823,07	1352,18	1149,68	725,08	909,08	650	259,08
Abril	796,94	418	640,16	463,79	45,73	600,97	494,28	650	-155,72
Mai	705,49	1195	372,34	600,97	1228,07	934,12	839,40	650	189,40
Junho	979,84	536	0,00	26,13	555,24	45,73	357,10	650	-292,90
Julho	32,66	0	130,65	424,60	0,00	0,00	97,98	650	-552,02
Agosto	0,00	13	65,32	58,79	457,26	150,24	124,11	650	-525,89
Setembro	653,23	353	385,40	921,05	130,65	333,15	462,70	650	-187,30
Outubro	783,87	941	274,36	764,28	640,16	516,05	653,23	650	3,23
Novembro	489,92	1698	1979,28	2188,31	881,86	1384,84	1437,10	650	787,10
Dezembro	2044,60	666,29	1424,04	2207,91	842,66	1045,16	1371,78	650	721,78
Média anual	753,39	795,85	621,65	931,39	839,94	704,12	774,39		124,39

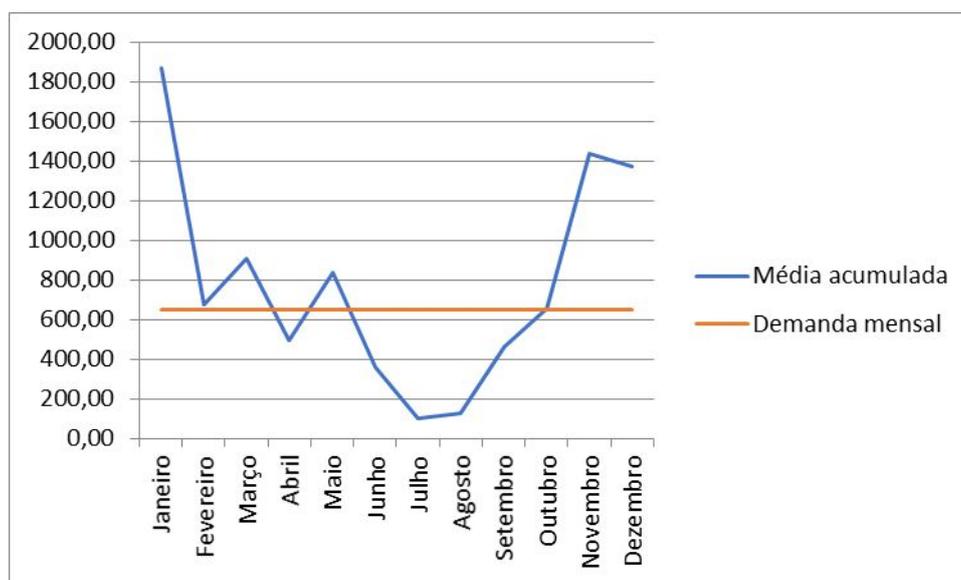


Gráfico 1: Balanço Hídrico da Empresa. Fonte: Autor, 2018

CONCLUSÕES

Com base nos dados de precipitação dos últimos 6 anos, é possível concluir que em 6 meses (Janeiro, Fevereiro, Março, Maio, Outubro, Novembro e Dezembro) os valores de volume acumulado seriam suficientes para suprir a demanda da empresa, sendo que nos demais meses o volume não atende à demanda, sendo necessário um estudo de reservação da água pluvial, atualmente em elaboração.

Este artigo é parte de um estudo mais amplo acerca da viabilidade da implantação de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial no âmbito industrial, dessa forma, esse estudo visa analisar os custos diretos e indiretos ligados a implantação do sistema, além a estimar a economia e os impactos, positivos e negativos gerados pela implantação de um projeto deste porte, sendo esses impactos analisados tanto no interior da empresa quanto na questão urbana do entorno do empreendimento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT) **NBR 10844. Instalações prediais de águas pluviais** (1989).
2. CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA (CEPAGRI), Clima dos Municípios Paulistas. Disponível em:< https://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_076.html> Acesso em: 15 de abril de 2018.
3. DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE), Equação de Chuvas Intensas do Estado de São Paulo. São Paulo-SP. 1999. Disponível em: < http://www.pliniotomaz.com.br/downloads/chuvas_intensas_dae.pdf> Acesso em: 20 de maio de 2018.
4. MIERZWA, José Carlos et al. Águas Pluviais: método de cálculo do reservatório e conceitos para um aproveitamento adequado. Revista de Gestão de Águas da América Latina, v. 4, p. 29-37, 2007.
5. REBOUÇAS, Aldo da C. Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez. Bahia análise & dados, v. 13, p. 341-345, 2003.
6. SENTELHAS, P. C.; ANGELOCCI, L. R. Meteorologia Agrícola: LCE 306. Piracicaba: USP, ESALQ, 2005.