

## XII-046 - ESTUDO DA VIABILIDADE DO APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM DIFERENTES INDÚSTRIAS DO OESTE DO PARANÁ

**Matheus de Lima Goedert<sup>(1)</sup>**

Engenheiro de Produção e Mestrando em Tecnologias Computacionais para o Agronegócio da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Medianeira, UTFPR-MD.

**Fabiana Costa de Araujo Schutz**

Professora Doutora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Medianeira, UTFPR-MD.

**Carla Adriana Pizarro Schmidt**

Professora Doutora da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Medianeira, UTFPR-MD.

**Bruna dos Santos Cunha**

Engenheira Ambiental e Mestranda em Tecnologias Ambientais da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *campus* Medianeira, UTFPR-MD.

**Elias Lira dos Santos Junior**

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química da Universidade do Oeste do Paraná – Campus Toledo (UNIOESTE-TOLEDO). Professor da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira (UTFPR-MD).

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Av. Brasil, 4232 – Parque Independência - Medianeira - Paraná – 85884-000 - Brasil - Tel: +55 (45) 3240-8000 - e-mail: [matgoedert@gmail.com.br](mailto:matgoedert@gmail.com.br)

### RESUMO

Ações de preservação ambiental, visando o desenvolvimento sustentável, estão cada vez mais em evidência no ambiente organizacional, tendo em vista a crescente demanda no consumo dos recursos naturais. Assim, tornam-se imprescindíveis o desenvolvimento de estudos de alternativas para a conservação dos recursos hídricos como, por exemplo, o uso de Sistemas de Aproveitamento de Água Pluvial - SAAP pelo setor industrial. Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a viabilidade da utilização de sistemas de aproveitamento de água pluvial para diferentes setores industriais da região oeste do Paraná. Para isso foi estimado o volume de água consumida e de água capturada pelos telhados das instalações de indústrias presentes na região, também foi dimensionado o volume do reservatório por meio dos métodos Rippl e Azevedo Neto e estimado a eficiência para cada caso analisado: Abate de Aves, Abate de Suínos e Laticínios. Ao término desta pesquisa concluiu-se que uso da água pluvial para as indústrias de abate de aves e suínos não demonstrou ser uma alternativa viável do ponto de vista técnico, já que o volume máximo captado pelos telhados não seria suficiente para atender todo o volume substituível, pois o volume captável nos frigoríficos de aves e de suínos representa 0,85% e 5,8% do volume total consumido respectivamente. Entretanto, para o caso dos laticínios essa alternativa mostrou-se atrativa, pois a quantidade de água substituída varia de 12% a 28% do volume de água total consumida nestas indústrias, dependendo da capacidade de processamento de matéria prima. Em relação ao dimensionamento do sistema concluiu-se que o método mais indicado foi o Azevedo Neto por apresentar aproximadamente metade do volume com uma eficiência de no máximo 10% menor que os encontrados com o método Rippl.

**PALAVRAS-CHAVE:** Cisterna, Chuva, Agroindústria.

### INTRODUÇÃO

A água é um elemento fundamental para a existência e manutenção da vida no planeta Terra, por ser utilizada em inúmeras atividades humanas, como o abastecimento doméstico e industrial, irrigação, dessedentação de animais, recreação e lazer, geração de energia elétrica, preservação da flora e fauna, paisagismo, dentro outros (GONÇALVES et al., 2006). Sendo que a atividade que mais demanda água é a agrícola, correspondendo a 70% do consumo de água no planeta, em seguida vem o uso industrial representado 20% e o doméstico com 10% (FERNANDES, 2003).

Dentre os problemas relacionados à disponibilidade hídrica no mundo três podem ser citados como os principais: a degradação dos recursos hídricos, o aumento exponencial e desordenado do consumo e o

desequilíbrio entre a oferta e a demanda (BARROS, 2008). Neste contexto, tornam-se imprescindíveis estudos e desenvolvimento de alternativas que visem à conservação dos recursos hídricos como, por exemplo, a captação da água pluvial.

O aproveitamento da água da chuva pelas indústrias e residências vem sendo bastante discutido nos dias atuais como uma alternativa que contribui para a preservação dos recursos naturais, contudo Tomaz (2003) relata que existem reservatórios que foram escavados a mais de 3.600 anos a.C, de onde era retirada a água para o cultivo de alimentos ou criação de animais e até mesmo para o próprio consumo humano. Porém esta prática foi se extinguindo com ascensão do atual sistema de abastecimento de água canalizada.

A utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) contribui para a redução do consumo desnecessário de água potável, diminuindo gastos com água tratada, além de minimizar o risco de enchentes ocasionadas pela impermeabilização do solo decorrente da urbanização.

Nesse sentido, o aproveitamento de águas pluviais para utilização industrial, onde a demanda de água é muito grande, mostra-se uma opção válida por permitir o direcionamento da água potável somente para atender os usos mais nobres do setor industrial, já que as atividades menos restritivas podem ser supridas com águas de qualidade inferior. Tendo em vista que nos dias atuais atitudes de conservação dos recursos naturais e gestão ambiental no âmbito organizacional tornaram-se uma necessidade diante das exigências impostas por barreiras éticas, sociais, culturais e políticas. O termo desenvolvimento sustentável está cada vez mais em evidência, seja pela necessidade de adequação dos modelos de produção, que tendem a tornarem-se cada vez mais eficientes, ou ainda pelas fortes pressões exercidas por parte da mídia, governos, movimentos ambientalistas ou mesmo da sociedade civil.

Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a viabilidade da implantação de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais (SAAP's) em agroindústrias presentes na região Oeste do Paraná. Para isso foram levantados dados históricos relativos à precipitação na região estudada, que permitiram o dimensionamento das cisternas e, por conseguinte, a análise da viabilidade técnica dos reservatórios no que tange a capacidade de substituição da água potável.

## METODOLOGIA

Neste estudo foram utilizados dados meteorológicos do município de Medianeira – Paraná, situado geograficamente a uma latitude Sul 25°17'40" e longitude Oeste 54°05'30". A superfície do Município é de 314,632 km², correspondendo a 0,2% da área do Estado. Está localizado no Oeste paranaense e sua população é de 41.830 habitantes (IBGE, 2010).

A pesquisa tomou por base as cinco primeiras etapas da metodologia proposta pela Agência Nacional das Águas (ANA) para projeto de sistemas de coleta, tratamento e uso de água pluvial, envolvendo: I) Determinação da precipitação média local (mm/mês); II) Determinação da área de coleta; III) Determinação do coeficiente de escoamento superficial; IV) Projeto do reservatório de descarte ou sistema similar (first flush); V) Projeto do reservatório de armazenamento; VI) Estabelecimento do sistema de tratamento necessário; VII) Projeto dos sistemas complementares (filtros, tubulações, etc.) (ANA, 2005).

Para o dimensionamento do reservatório foram utilizados dois métodos a fim de compará-los: o método Rippl, por ser o mais utilizado em trabalhos referentes ao tema em estudo, e o método Azevedo Neto por ser considerado o método prático brasileiro. Os dois métodos são apresentados na NBR 15.527 - Água da Chuva: Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis, publicada em 2007 pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Esta norma determina as diretrizes do projeto e dimensionamento do reservatório.

Segundo Tomaz (2003), o volume de água precipitada não é igual ao volume captado, pois uma parte da água é perdida devido às características da área de coleta, seja na limpeza do telhado, por evaporação ou outras formas. Para efeito de cálculo, usa-se então, um coeficiente de escoamento superficial chamado de coeficiente de Runoff, que segundo o autor o melhor valor a ser adotado no Brasil é  $C=0,80$ , sendo este o valor usado nos cálculos desta pesquisa.

O método Rippl (também chamado de Diagrama de Massas), trata-se de um balanço de massa que consiste em determinar o volume do reservatório com base no volume de água captada e na demanda consumida. Sendo necessário para isso a utilização de séries históricas diárias ou mensais. Este método segue o seguinte modelo matemático:

$$S_{(t)} = D_{(t)} - Q_{(t)} \quad \text{equação (1)}$$

$$Q_{(t)} = C \times P_{(t)} \times A \quad \text{equação (2)}$$

$$V = \sum S_{(t)}, \text{ Somente para valores de } S(t) > 0 \quad \text{equação (3)}$$

Onde:

$$\sum D_{(t)} < \sum Q_{(t)};$$

$S_{(t)}$  é o volume no reservatório no tempo  $t$ ;

$Q_{(t)}$  é o volume de chuva aproveitável no tempo  $t$ ;

$D_{(t)}$  é a demanda ou consumo no tempo  $t$ ;

$S_{(t)}$  é a precipitação no tempo  $t$ ;

$C$  é o coeficiente de escoamento superficial, runoff;

$V$  é o volume do reservatório;

O método Azevedo Neto determina o volume do reservatório de maneira direta através da Equação 4.

$$V = 0,042 \times P \times A \times T \quad \text{equação (4)}$$

Onde:

$P$  é o valor numérico da precipitação anual (mm);

$T$  é o número de meses de pouca chuva ou seca;

$A$  é a área de coleta em projeção ( $m^2$ );

$V$  é o volume de água aproveitável e o volume do reservatório (litros);

Por meio do levantamento bibliográfico acerca do tema em questão, buscou-se identificar as principais indústrias presentes na região oeste do Paraná e verificar o consumo de água em diferentes setores produtivos. De posse dessas informações foram escolhidos os setores destacados no Quadro 1, tomando como base para a escolha a representatividade e importância econômica e social na região. Realizou-se ainda um levantamento documental da área útil do telhado para captação das águas pluviais, por meio das plantas baixas e informações disponibilizadas pelas indústrias.

**Tabela 1: Consumo de água por produção e volume substituível nas indústrias analisadas.**

INDÚSTRIA	CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA	CONSUMO SUBSTITUÍVEL
Abate de aves	<b>0,03 m³/ave</b>	<b>24%</b>
Abate e frigorífico Suíno	<b>1,00 m³/cbç</b>	-
Leite e derivados	<b>3,50 m³/t</b>	<b>72%</b>

Feito isso, foram realizados cálculos para estimar o volume de água captada nos telhados das diferentes indústrias, o que possibilitou comparar a quantidade de água substituída em cada caso. Estas estimativas foram realizadas com base na equação 5, disposta na NBR 15.527.

$$V_c = P \times A \times C \quad \text{equação (5)}$$

Onde

$V_c$  = Volume médio anual de água (L);

$P$  = Precipitação média anual (mm);

$A$  = Área de coleta em projeção ( $m^2$ );

C = Coeficiente de Runoff.

A eficiência dos reservatórios foi calculada através da relação entre os meses que falta água no reservatório e os meses do período analisado, conforme proposto por Tomaz (2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nesta pesquisa foram levantados dados de precipitação mensal ao longo de vinte e um anos (1990 a 2010), junto à Cooperativa Agroindustrial Lar que mantém um banco de dados do índice pluviométrico diário na unidade. Os dados foram tabulados em uma planilha no software Microsoft Excel, onde foram calculadas as precipitações médias em cada mês e a precipitação anual nos vinte e um anos, possibilitando confeccionar os gráficos apresentados nas Figuras 1 e 2.

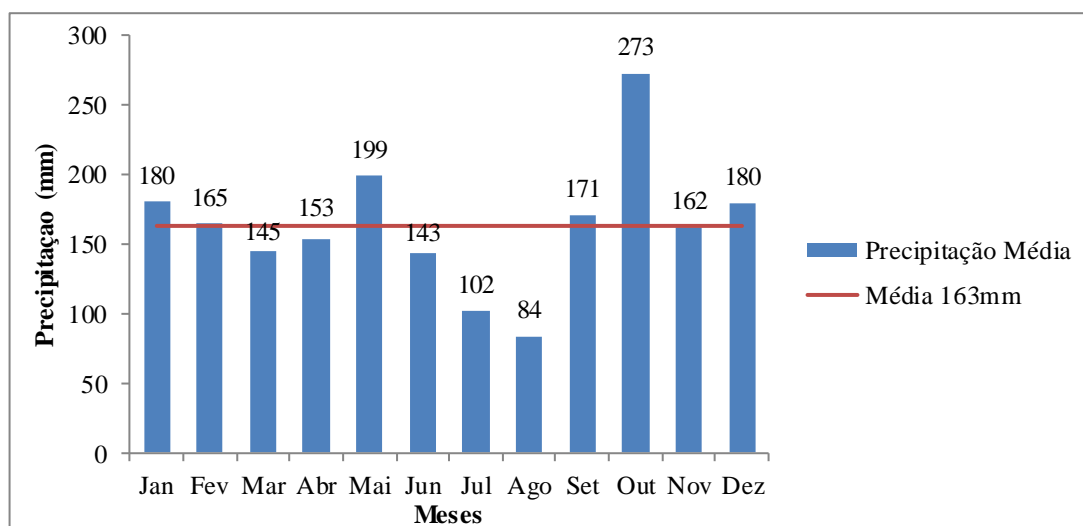


Figura 1: Precipitação média no município de Medianeira

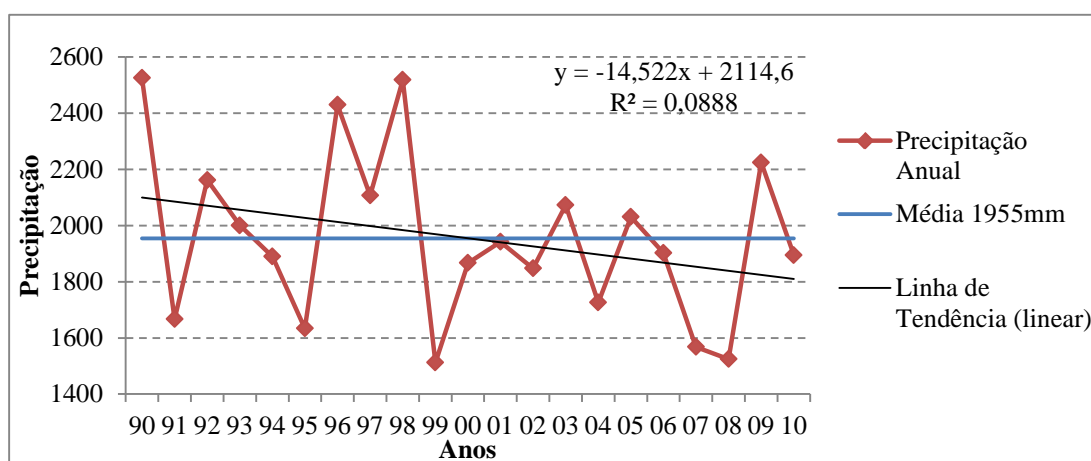


Figura 2: Precipitações anuais no município de Medianeira.

Os gráficos possibilitaram verificar o comportamento da chuva na região, sendo o mês de agosto o que apresentou os menores índices pluviométricos, com uma precipitação média de 84 mm, em contrapartida o mês de outubro foi o que apresentou maior volume de chuva com 273 mm, a precipitação média mensal calculada foi 163 mm/mês. O ano em que menos choveu foi 1999 e o que mais choveu 1990, com 1512 mm e 2526 mm respectivamente, e uma média anual de 1955 mm. Além disso, a linha de tendência mostra um coeficiente de inclinação negativo na ordem de -

14,522 e  $R^2=0,0888$ , ou seja, o volume de chuva está diminuindo ao longo dos anos. Tal fato reforça o alerta para medidas de conservação dos recursos hídricos na região.

Como forma de avaliar a viabilidade técnica do aproveitamento de água da chuva para fins industriais, procurou-se estimar a capacidade de captação nos telhados com base nos dados pluviométricos do município de Medianeira – PR. Por meio da Equação 5, e adotando um coeficiente de runoff igual a 0,8, foi possível estimar o volume de água captado por  $m^2$  de telhado em diferentes condições: o ano mais chuvoso com uma capacidade de coleta de aproximadamente  $2.021 \text{ litros.m}^{-2}$ , o menos chuvoso com uma coleta de  $1.210 \text{ litros.m}^{-2}$ , e o valor médio de precipitação anual, que foi empregado no dimensionamento para os casos das indústrias, com um volume captado de  $1.564 \text{ litros.m}^{-2}$ . De posse dessas informações analisou-se cada setor, projetando o volume água da chuva captada e substituível, com base nos dados apresentados na Tabela 1.

Considerando um frigorífico com capacidade de abater 300 mil aves por dia, que é a realidade de uma unidade industrial presente na região, pode-se estimar um consumo de água na ordem de  $9.000 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$ , onde 24% não é utilizada em atividades de contato direto com o alimento, resultando num volume de aproximadamente  $2.160 \text{ m}^3.\text{dia}^{-1}$  de água que poderia ser substituída por água da chuva. Contudo, a área de captação disponível é capaz de suprir 3,5% deste volume, refletindo em 0,85% do volume de água consumida.

O reservatório do SAAP foi dimensionado de acordo com as metodologias propostas, onde foi encontrado um volume de  $2.697 \text{ m}^3$  para o método Rippl e  $1.462 \text{ m}^3$  para o método Azevedo Neto. Sendo que a eficiência em cada caso foi de 73% e 65% respectivamente. O volume do reservatório a ser adotado em um caso como este deve levar em consideração diversos fatores como, por exemplo, o econômico. Tendo em vista que o reservatório representa a maior parte do investimento, muitas vezes o projeto pode alçar custos incompatíveis com a diferença na eficiência quando comparado com outra opção, assim como neste caso, onde um reservatório tem praticamente a metade da dimensão do outro com uma eficiência de no máximo 8% menor.

Para o caso de um frigorífico de suínos, também se utilizou o caso de uma indústria regional. De acordo com o relatório anual da empresa, em 2011 foram abatidos 1.112.180 suínos, considerando que o consumo médio de água no abate de suínos é  $1 \text{ m}^3$  por animal, o consumo mensal de água na empresa foi estimado em  $92.682 \text{ m}^3$ .

Com base nas plantas da indústria o telhado disponível para captação é de aproximadamente  $41.500 \text{ m}^2$ , e por meio da Equação 5 o volume mensal de água da chuva captada foi estimado em  $5.411,6 \text{ m}^3$ , o que representa 5,8% do volume total de água consumida na indústria. No dimensionamento do reservatório por meio do método Rippl foi encontrado um volume de  $6.303 \text{ m}^3$ , o dobro do valor encontrado com o método Azevedo Neto, que para este caso foi de  $3.408 \text{ m}^3$ , a eficiência do reservatório foi determinada em 73% e 64% respectivamente, demonstrando similaridade nos valores quando comparados com o caso anterior (Abate de Aves).

Para a análise das indústrias de laticínios, foi considerada a fabricação de queijos, supondo diferentes capacidades de produção, variando de 3 a 50 mil litros de leite processado por dia. Com isso, os índices de aproveitamento de água da chuva obtidos variaram entre 12% e 28% em relação ao consumo total de água, demonstrando os maiores níveis de aproveitamento com reservatórios relativamente pequenos (de  $18 \text{ m}^3$  a  $261 \text{ m}^3$  para o método Rippl e de  $10 \text{ m}^3$  a  $141 \text{ m}^3$  para o método Azevedo Neto).

## CONCLUSÃO

Os índices pluviométricos do município de Medianeira – PR mostraram-se satisfatórios quanto ao volume de água precipitada e frequência de ocorrência, demonstrando assim um potencial para o aproveitamento de água pluvial nesta região quando comparada a outras regiões do país.

No que diz respeito a análise das indústrias, o caso dos laticínios foi o mais promissor, apresentando o maior índice de substituição, que variou de 12% a 28% do volume total de água consumida. Em seguida vem o frigorífico de suínos com 5,8% de substituição e por fim o abate de aves com 0,85%.

Referente aos diferentes métodos utilizados no dimensionamento do reservatório, o Método Rippl apresentou volumes aproximadamente 55% maiores que os calculados pelo Método Azevedo Neto, sendo que a eficiência das

cisternas dimensionadas pelos dois métodos demonstrou uma variação relativamente pequena quando comparado a variação do volume.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA - Agência Nacional de Águas. Conservação e reuso da água em edificações. São Paulo: Prol Editora Gráfica, 2005.
2. CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Frigoríficos: industrialização de carne bovina e suína. São Paulo: CETESB, 2008. (Série P+L).
3. CETESB, Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Laticínio. São Paulo: CETESB, 2008. (Série P+L).
4. IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Cidades: Medianeira – PR. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/painel/painel.php?codmun=411580> #. Acesso em: 20 jul. 2012.
5. SAUTCHÚK, Carla A et al. Conservação e Reúso de Água - Manual de Orientações para o Setor Industrial – FIESP/CIESP. v. 1. São Paulo, 2004.
6. TOMAZ, Plínio. Aproveitamento de água de chuva. São Paulo: Editora Navegar, 2003.