

SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA PARA FINS NÃO-POTÁVEIS NA EMPRESA PILECCO & CIA LTDA, ALEGRETE-RS¹

*SYSTEM OF RAINWATER CAPTATION FOR NON-POTABLE
PURPOSES IN THE PILECCO & CIA LTDA COMPANY, ALEGRETE-RS*

Gabriella Gonçalves Trindade² e Lidiane Bittencourt Barroso³

RESUMO

Neste trabalho, foi projetado o sistema de captação da água de chuva para utilização em fins não-potáveis na Empresa Pilecco & Cia LTDA, visando ao aproveitamento da água de chuva em geradora de energia elétrica de Alegrete-RS. Na determinação das grandezas geométricas, das calhas trapezoidais e dos condutores horizontais circulares, utilizou-se o programa canais3.exe. O diâmetro interno dos condutores verticais foi obtido através de ábaco da NBR 10844 (ABNT). Multiplicando-se a precipitação média anual: 1,575 m, com o somatório das áreas de contribuição dos telhados, 7.097,47 m², obteve-se a capacidade de captação média igual a 11.178,52 m³/ano, ou seja, 30,63 m³/dia. No entanto, a geradora tem consumo previsto de 936,00 m³/dia. Como a capacidade de captação é de apenas 3,27% do consumo da geradora de energia elétrica, recomenda-se o uso desta água para outras finalidades, como lavagem de veículos, de calçadas, nas piscinas de captação de pó, em vasos sanitários e outros usos não-potáveis.

Palavras-chave: água pluvial, intensidade pluviométrica, área de contribuição.

ABSTRACT

In this work, it was projected the system of rainwater captation for use in non-potable purposes in the Company Pilecco & Cia LTDA, looking at the rainwater utilization in electric energy generator of Alegrete-RS. In the determination of the geometric largeness, of the trapezoidal gutters and the circular horizontal conductors, the Canais3.exe. The internal diameter, of the vertical conductors was gotten through abacus of NBR 10844 (ABNT). Multiplicand the annual

¹ Trabalho Final de Graduação – TFG.

² Acadêmica do Curso de Engenharia Ambiental – UNIFRA. E-mail: gabytrindade@yahoo.com.br

³ Orientadora – UNIFRA. E-mail: lidianebarroso@unifra.br

average precipitation: 1,575 m, with the total contribution areas of the roofs: 7.097,47 m², it was gotten the average captation capacity equal to 11.178,52 m³/year, or either, 30,63 m³/day. However, the generator has foreseen consumption of 936,00 m³/day. As the captation capacity is only 3,27% of the consumption of the electric energy generator. The use of this water for other purposes sends regards, as lauderings of vehicles, of sidewalk, in the swimming pools of dust captation, in sanitary vases and other not-potable uses.

Keywords: *pluvial water, pluviometric intensity, contribution area.*

INTRODUÇÃO

A falta de água é um dos graves problemas mundiais que pode afetar a sobrevivência dos seres humanos. O uso desordenado, o desperdício e o crescimento da demanda são fatores que contribuem para intensificar a escassez de água potável no planeta.

O crescimento populacional, os grandes aglomerados urbanos, a industrialização, a falta de consciência ambiental pela poluição de potenciais mananciais de captação superficial fazem com que a água se torne a cada dia um bem mais escasso e, conseqüentemente, mais precioso.

A escassez da água ocorre, atualmente, em muitas regiões do Brasil e do mundo, proporcionando às várias comunidades a convivência diária com sua falta.

O Brasil possui cerca de 12% da água doce disponível no globo terrestre, mas a sua distribuição inadequada entre as diferentes regiões brasileiras faz que o problema da falta de água não esteja ainda resolvido no país (TOMAZ, 2001).

Num país tropical, em que a incidência de chuvas é maior do que em outras regiões do planeta, a maioria dos brasileiros ainda não se deu conta do tamanho do desperdício acumulado a cada precipitação pluviométrica. Ao contrário do que acontece no campo, onde a água da chuva é sinônimo de prosperidade e colheita farta, nas cidades, onde vivem 81% da população, os dias de chuvas são associados a trânsito lento, risco de enchentes e outros incômodos (TRIGUEIRO, 2005).

Mediante esse cenário, são necessárias ações que visem a buscar alternativas para que a população das áreas atingida possa ter água de qualidade e em quantidade suficiente para desempenhar suas funções diárias.

A captação da água de chuva, forma milenar de utilização da água pelo homem, vem despontando como uma opção interessante, necessitando, porém, de estudos mais precisos para definir suas utilizações nos diversos usos que o homem faz da água.

A captação da água de chuva advém de mais de 2000 anos, quando a população já captava a água para utilização na agricultura, para seus animais e para fins domésticos (TOMAZ, 2003).

No entanto, a impopularidade da chuva nos ambientes urbanos está com os dias contados. Aos poucos, vai aumentando a percepção de que a água que cai generosamente sobre os telhados deve ser melhor aproveitada antes de sumir nos ralos (TRIGUEIRO, 2005).

Neste trabalho, foi projetado o sistema de captação da água de chuva para utilização em fins não-potáveis na Empresa Pilecco & Cia LTDA, visando ao aproveitamento da água de chuva em uma geradora de energia elétrica de Alegrete-RS.

MATERIAIS E MÉTODOS

ESTUDO DE CASO

O trabalho foi desenvolvido na Empresa Pilecco & Cia LTDA (Figura 1), localizada no Município Alegrete-RS,. Esta é uma empresa de beneficiamento de arroz que está construindo uma geradora de energia elétrica a partir da casca de arroz. Trata-se de uma planta de geração de energia elétrica de 5,00 MW nominal, com produção garantida de 4,00 MW no início e 4,50 MW após 2 anos de operação, quando utilizará 37.620,00 ton/ano de resíduos de biomassa. A eletricidade gerada será utilizada na planta de processamento de arroz da empresa. Também há o projeto de produção de sílica, ou seja, uma planta de tratamento químico e térmico de resíduos como a casca de arroz e palha com o objetivo de produção de sílica de qualidade. Esta planta consumirá 180,00 toneladas/dia de biomassa residual, produzindo 36,00 toneladas/dia de sílica nos 2 anos iniciais e dobrará a produção depois de vencida a etapa de demonstração. Estima-se que o consumo de água, na geradora, chegue a 936,00 m³/dia.



Figura 1. Vista aérea da Empresa Pilecco & Cia LTDA.

Fonte: www.arrozpilecco.com.br (2007).

DETERMINAÇÃO DA EQUAÇÃO DE CHUVAS INTENSAS

As chuvas intensas são de difícil determinação, na maioria das vezes, em razão da escassez de informações dessa natureza, da baixa densidade da rede de pluviógrafos e do pequeno período de observações disponível.

A principal forma de caracterização das chuvas intensas é por meio da equação de intensidade, duração e frequência da precipitação, que é representada, na equação (1), a partir dos parâmetros do programa pluvio 2.1 (PRUSKI et al., 2006):

$$I = \frac{777,44 \cdot T^{0,13}}{(t + 3,5)^{0,67}} \quad (1)$$

em que: I = intensidade pluviométrica, mm/h; T = período de retorno, anos; t = duração da precipitação, minutos.

CÁLCULO DAS ÁREAS DE CONTRIBUIÇÃO

No cálculo da área de contribuição, foram considerados os incrementos devidos à inclinação da cobertura, conforme figura 2 e equação (2). Obtiveram-se as respectivas larguras (a), comprimentos (b) e alturas das tesouras (h), apresentadas na tabela 1, a partir das medições nos prédios do engenho, identificados na figura 3.



Figura 2. Indicação para cálculo da área de contribuição, NBR 10844 (ABNT, 1989).

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \cdot b \quad (2)$$

Em que: A = área de contribuição, em m²; a = largura, em m; h = altura da tesoura, em m; e b = comprimento, em m.

Tabela 1. Dimensões dos telhados do engenho.

Prédio	<i>a</i> (m)	<i>b</i> (m)	<i>h</i> (m)
01	15,75	89,40	6,72
02	10,25	38,80	6,94
03	7,00	24,30	5,04
04	13,075	50,50	9,50
05	13,075	9,90	9,50

**Figura 3.** Vista dos telhados do engenho.

DETERMINAÇÃO DA VAZÃO DE PROJETO

A vazão de referência para o pré-dimensionamento das calhas e dos condutores foi calculada pela equação (3), citada na NBR 10844 (ABNT, 1989):

$$Q = \frac{l \cdot A}{60} \quad (3)$$

em que: Q = vazão de projeto, em L/min; l = intensidade pluviométrica, em mm/h, da equação (1); e A = área de contribuição, em m², da equação (2).

DIMENSIONAMENTO DAS CALHAS E DOS CONDUTORES

Na determinação das grandezas geométricas das calhas, de seção trapezoidal (Figura 4), isto é, a altura de lâmina de água na calha (H) em metros, a largura de fundo (b) em metros e a largura de superfície (T) em metros; utilizou-se o programa Canais3.exe, desenvolvido por Porto (2003).

Os parâmetros de entrada foram: a vazão de projeto, dada pela equação (3); a declividade igual a 0,5%, mínimo recomendado pela NBR 10844 (ABNT, 1989); o ângulo de inclinação do talude igual a 60° (equivalente $z = 0,58$); e o coeficiente de rugosidade, $n = 0,011$, adequado a metais não-ferrosos.

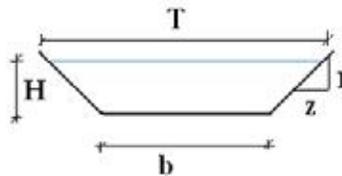


Figura 4. Calha de seção trapezoidal esquemática.

O diâmetro interno (D , mm) dos condutores verticais foi obtido através do ábaco, da figura 5, em que: Q = vazão de projeto, L/min, da equação (3) dividida pelo número de condutores verticais adotado; H = altura da lâmina de água na calha, mm; L = comprimento do condutor vertical, m. Sequência para emprego do ábaco: levanta-se uma vertical por Q até interceptar as curvas H e L correspondentes. No caso de não haver as curvas dos valores de H e L , interpola-se entre as existentes. Após, transporta-se a interseção mais alta até o eixo D . Adota-se o diâmetro nominal maior ou igual a 70 mm, sendo esse o diâmetro interno mínimo recomendado pela NBR 10844 (ABNT, 1989).

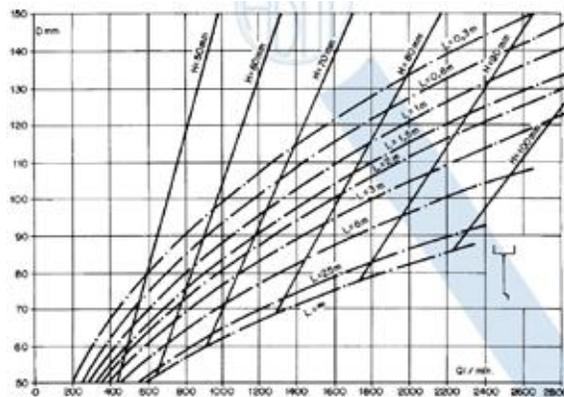


Figura 5. Ábaco para a determinação de diâmetros de condutores verticais, NBR 10844 (ABNT, 1989).

A determinação dos diâmetros internos dos condutores horizontais, de rugosidade $n = 0,011$, também foi realizada, utilizando-se o programa Canais3.exe. Inicialmente, foram definidos os trechos, conforme a figura 6, pois as vazões de projeto são acumuladas, trecho a trecho, até a saída. Adotou-se o escoamento com lâmina de água igual a 2/3 (66%) e a declividade constante igual a 4%.

O projeto executivo e financeiro não fez parte do escopo deste trabalho, assim, apresenta-se apenas uma proposta para a implantação do sistema de captação no que diz respeito às instalações prediais de águas pluviais.

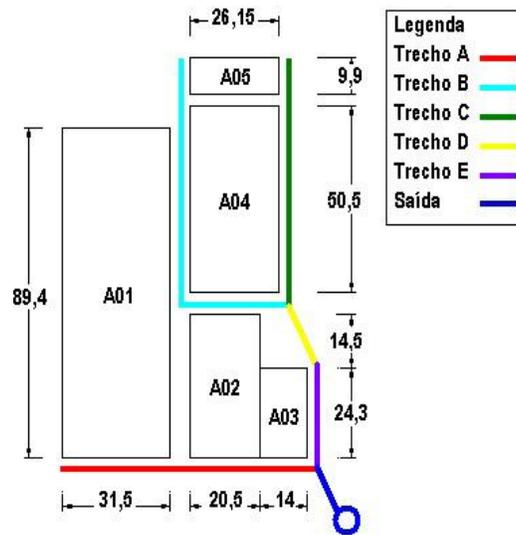


Figura 6. Esquema dos trechos para saída de água, medidas em metros.

SISTEMA DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA DE CHUVA

Para o pré-dimensionamento do sistema de captação da água de chuva determinaram-se: as áreas de contribuição dos telhados e coletaram-se os valores médios dos totais mensais de precipitação pluviométrica. A precipitação foi obtida do Instituto de Pesquisas Agronômicas (1989) e as áreas de contribuição calculadas pela equação (2). Na tabela 2, apresentam-se as médias dos totais mensais de precipitação pluviométrica em Alegrete-RS, nos anos de 1931 a 1960.

Tabela 2. Precipitação pluviométrica de Alegrete-RS.

Mês	Precipitação (mm)
Janeiro	148
Fevereiro	110
Março	122
Abril	153
Mai	146
Junho	129
Julho	108
Agosto	102
Setembro	127
Outubro	187
Novembro	121
Dezembro	122

A capacidade de captação média da água de chuva foi obtida multiplicando-se a precipitação pluviométrica média, anual, em metros, pelo somatório das áreas de contribuição dos telhados do engenho, em metros quadrados.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A intensidade pluviométrica de Alegrete-RS foi calculada pela equação (1), igual a 228,47mm/h, sendo adotado para o período de retorno, $T = 5$ anos, e para a duração da precipitação, $t = 5$ minutos; valores recomendados pela NBR 10844 (ABNT, 1989), quando se trata de captação da água em telhados.

A partir da equação (2), foram calculadas as áreas de contribuição (A) e a vazão de projeto (Q) através da equação (3), para cada telhado da figura 3. Esses resultados estão na tabela 3.

Tabela 3. Áreas de contribuição e vazões de projeto dos telhados do engenho.

Prédio	A (m ²)	Q (L/min)	(%)
01	1.708,43	6.505,33	24
02	532,34	2.027,01	8
03	231,34	880,87	3
04	900,16	3.427,61	13
05	176,47	671,95	2
Subtotal	3.548,74	13.512,78	50
Total	7.097,47	27.025,56	100

Quanto maior a área de contribuição de cada água do telhado, maior a vazão de projeto associada, conforme as percentagens apresentadas, ou seja, maior vazão relativa ao prédio 01 e menor ao prédio 05.

Depois de calculadas as vazões de projeto, foram determinadas as seções transversais das calhas trapezoidais através do programa Canais3.exe. As grandezas geométricas são apresentadas na tabela 4.

Tabela 4. Grandezas geométricas das calhas.

Vazão	Lâmina d'água	Largura de fundo	Largura de superfície
Q (m ³ /s)	H (m)	b (m)	T (m)
0,1084	0,26	0,15	0,45
0,0338	0,17	0,10	0,29
0,0147	0,12	0,07	0,21
0,0571	0,20	0,12	0,35
0,0112	0,11	0,06	0,19

Nesta etapa, como não foram predeterminadas nenhuma das grandezas geométricas (H , b , T), houve variação nas seções das calhas trapezoidais. A lâmina de água variou de 11 a 26 cm, para captar, respectivamente, da menor (671,95 L/min) a maior (6.505,33 L/min) das vazões de projeto.

Os diâmetros internos (D) dos condutores verticais foram obtidos através da figura 5 e apresentados na tabela 5.

Tabela 5. Diâmetros dos condutores verticais.

Prédio	Nº condutores	Q (L/min)	H (mm)	L (m)	D (mm)
01	4	1.626,33	260	3,50	95
02	5	405,40	170	5,27	70
03	2	440,44	120	4,91	70
04	6	571,27	200	2,67	70
05	2	335,97	110	2,67	70

Como exceção, está o prédio 01, pela adoção de apenas quatro condutores verticais (95mm), para os demais prédios, recomenda-se o diâmetro mínimo (70mm). Pode ser determinado, a partir das vazões de projeto, um número ideal de condutores, avaliando a relação custo-benefício.

Após terem sido acumuladas as vazões de projeto até a seção de saída, conforme os trechos da figura 6, no programa canais3.exe, determinaram-se os diâmetros internos dos condutores horizontais, apresentados na tabela 6.

Tabela 6 - Diâmetro dos condutores horizontais.

Trecho	Q (m ³ /s)	D (m)
A	0,2991	0,365
B	0,0683	0,210
C	0,0683	0,210
D	0,1367	0,272
E	0,1513	0,283
Saída	0,4504	0,426

Como foi prefixada uma declividade constante e igual a 0,04m/m, em todos os trechos, teve-se uma variação nos diâmetros internos de 210 a 426 mm. Outra possibilidade seria fixar o diâmetro constante e alterar gradativamente a declividade de acordo com a vazão de projeto a ser escoada.

O clima da região de Alegrete-RS é subtropical, temperado quente, com chuvas bem distribuídas e estações bem definidas. Sendo a precipitação média anual de 1575 mm, calculada pelo somatório dos valores da tabela 1. A menor precipitação acontece em agosto (102 mm) e a maior em outubro (187 mm).

Multiplicando-se a precipitação média, anual: 1,575 m, com o somatório das áreas de contribuição total dos telhados: 7.097,47 m², obteve-se a capacidade de captação média igual a 11.178,52 m³/ano, ou seja, 30,63 m³/dia. No entanto, a geradora tem consumo previsto de 936,00 m³/dia. Como a capacidade de captação representou apenas 3,27% do consumo da geradora de energia elétrica, para esta utilização é insuficiente. Para a menor precipitação, tem-se 2,58%; e para a maior, 4,73% do consumo previsto da geradora.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para o aproveitamento da água de chuva na empresa, inicialmente, foram predimensionadas as calhas e os condutores, considerando os parâmetros relativos ao Município de Alegrete-RS, ou seja, a intensidade pluviométrica e as respectivas áreas de contribuição dos telhados do engenho.

Contudo, a capacidade de captação foi insuficiente para a utilização prevista na geradora de energia elétrica, pois representou apenas

3,27% do consumo provável. Recomenda-se o uso desta água para outras finalidades, como lavagem de veículos, de calçadas, nas piscinas de captação de pó, em vasos sanitários e outros usos não-potáveis.

Sugere-se que, em próximos estudos, seja analisada a qualidade de água, conforme Jaques (2005), pois a composição da água de chuva varia de acordo com a localização geográfica, as condições meteorológicas, a presença ou não de vegetação e também de carga poluidora, o que pode inviabilizar o uso.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

Empresa Pilecco & Cia LTDA. Disponível em: <<http://www.arrozpilecco.com.br>> Acesso em: 26/12/2007.

INSTITUTO DE PESQUISAS AGRONÔMICAS. Porto Alegre: Seção de Ecologia Agrícola. **Atlas Agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul**, 1989.

JAQUES, R. C. **Qualidade da água de chuva no município de Florianópolis e sua potencialidade para aproveitamento em edificações**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

PORTO, R. M. **Canais3.exe**: escoamento uniforme em canais. In: **HIDRÁULICA BÁSICA**. São Carlos: EESC-USP, 2003. Disponível em: <<http://www.shs.eesc.usp.br/graduacao/disciplinas/programas/default.htm>> Acesso em 01/12/2007.

PRUSKI, F. F. et al. Hidros: dimensionamento de sistemas hidroagrícolas. **Plúvio 2.1**: Chuvas Intensas para o Brasil. Viçosa: UFV, 2006. Disponível em: <<http://www.ufv.br/dea/gprh/software.htm>> Acesso em: 04/10/2007.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva**. São Paulo: Navegar, 2003.

TOMAZ, P. **Economia de água para empresas e residências**. São Paulo: Navegar. 2001.

TRIGUEIRO, A. **Mundo sustentável**. Rio de Janeiro: Globo, 2005.