

Universidade de São Paulo – Escola Politécnica

Engenharia de Computação

Etapa 3: Aquecimento de água

Gabriel Chaves Lopes Silva - NUSP: 12555839

Ian Ribeiro de Faria Leite - NUSP: 11918762

Igor Pontes Tresolavy – NUSP: 12553646

Italo Roberto Lui – NUSP: 12553991

Izaque Sena dos Santos – NUSP: 12553591

Jonatas Ferreira Viana Silva – NUSP: 10772946

Raul Ribeiro Shan Tai – NUSP: 12551046

Thiago Antici Rodrigues de Souza – NUSP: 12551411

São Paulo

2021

Gabriel Chaves Lopes Silva

Ian Ribeiro de Faria Leite

Igor Pontes Tresolavy

Italo Roberto Lui

Izaque Sena dos Santos

Jonatas Ferreira Viana Silva

Raul Ribeiro Shan Tai

Thiago Antici Rodrigues de Souza

Etapa 3: Aquecimento de água

Trabalho apresentado à disciplina PEA3100 - Energia,
Meio Ambiente e Sustentabilidade, da graduação de
Engenharia de Computação da Escola Politécnica da
Universidade de São Paulo.

Prof: Dr. André Luiz Veiga Gimenes

São Paulo

2021

Introdução:

O objetivo deste trabalho foi simular uma possível instalação de um coletor solar para auxiliar na redução do consumo elétrico com aquecimento de água da residência escolhida, gerando assim uma diminuição nos gastos mensais e aproveitando de um recurso natural abundante. A idealização da troca foi estipulada considerando os pontos mais importantes como: as características da tecnologia atual, elencando os equipamentos que seriam afetados por essa substituição, no caso da residência escolhida apenas o chuveiro elétrico. Além disso, o nível de conforto deveria ser mantido e a viabilidade econômica, cogitando os gastos com o equipamento, a instalação e o tempo de vida útil. Tudo isso foi realizado através do levantamento de dados de uso, pesquisas de mercado, entre outros. Logo, seria possível apresentar soluções que visem um menor gasto a longo prazo e que entreguem um desempenho satisfatório e justificável.

2) Levantamento de dados e dimensionamento

2.1) Dados da tecnologia atual

- a.** Dois chuveiros elétricos idênticos.
- b.** 3 Potências, sendo a máxima, 5500W.

2.2) Dados de hábito de consumo e nível de conforto

- a.** 3 moradores.
- b.** Aproximadamente 2.29 por dia - Dois moradores tomam banhos diariamente, enquanto um toma, em média, dois banhos por semana.
- c.** Um morador toma seus banhos diários regularmente às 7h:30, enquanto os outros dois têm horários variáveis.
- d.** Os banhos diários levam 5 minutos cada, já os dois semanais duram 15 minutos cada. Dessa forma, em média, o tempo de banho diário da residência é de aproximadamente 14,29 minutos.
- e.** Aproximadamente 75 L/dia.
- f.** Aproximadamente 5.25 L/min.

2.3) Dados de hábito de consumo e nível de conforto

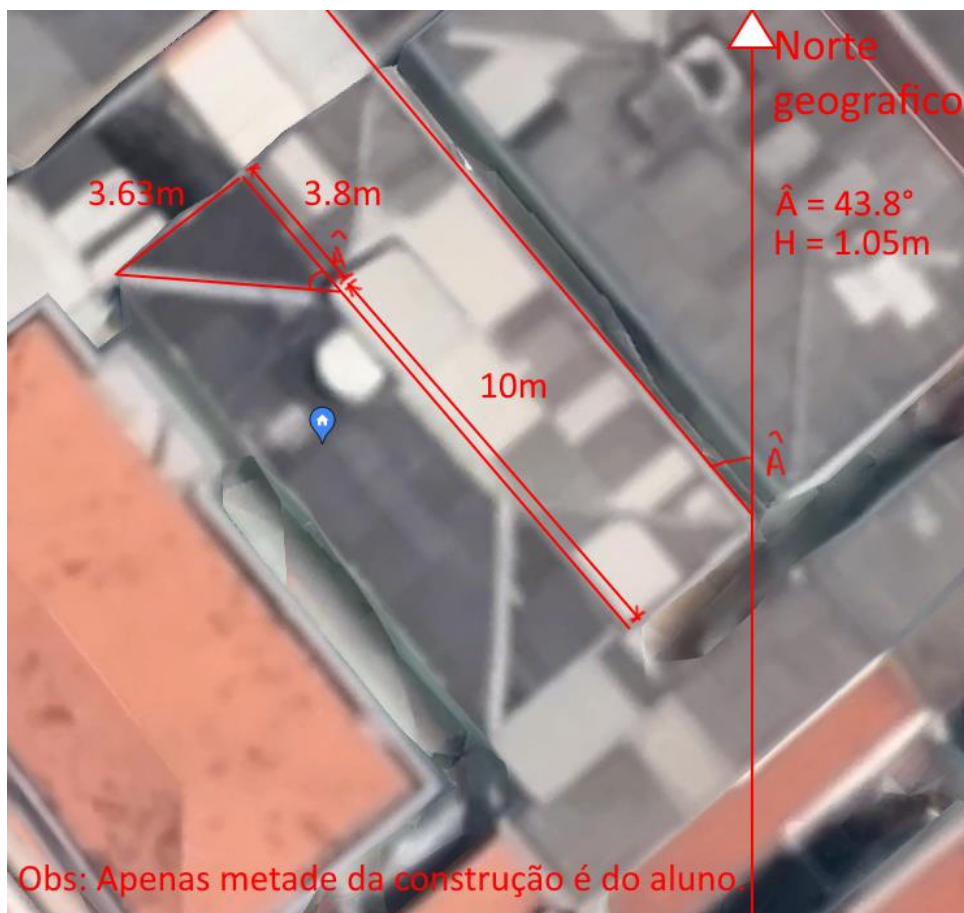
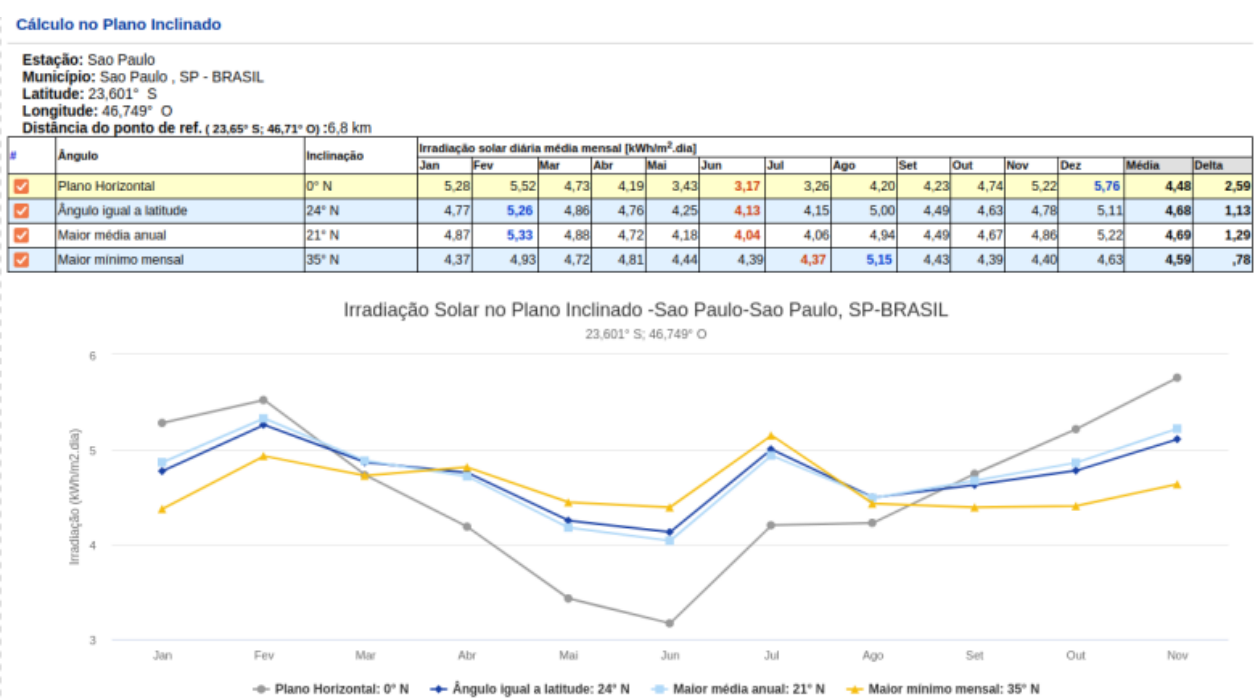


Figura 1 - Vista aérea cotada da casa, com telhado de três águas

- a.** Zona sul de São Paulo, Latitude $23^{\circ}39'$ ($23,65^{\circ}$).
 - b.** As duas águas simétricas descrevem um ângulo de aproximadamente $15,45^{\circ}$ com o chão. Por consequência, juntas apresentam uma área de aproximadamente $14,31 \text{ m}^2$.
- A água lateral da casa descreve um ângulo de aproximadamente $16,13^{\circ}$ com o chão. Por consequência, apresenta uma área de aproximadamente $37,79 \text{ m}^2$.

c. Para a escolha do ângulo de inclinação, foi levado em consideração o período no qual a maior quantidade de energia é utilizada na residência, isso é, o período de inverno. A angulação do coletor de 35° N é a que recebe maior irradiação solar no período, como visto abaixo, e é a mais próxima do valor recomendado igual ao módulo da latitude somado de 10° (33°) e, portanto, foi a escolhida.



- d. A casa forma um ângulo de 43.8° com o norte geográfico (ver figura 1).
- e. O coletor escolhido foi o MC 2000 TF20, da Bosch, de 2m². Este coletor é certificado pela ABRASOL e ABAGAS.
- f. Considerando uma temperatura ambiente de 25°C, a temperatura de saída do coletor será de 55°C.

2.4) Dados para avaliação econômica da troca de equipamentos

- a.** Aproximadamente R\$1500,00 para o coletor solar, R\$1780,00 para o reservatório térmico, e R\$4000,00 em média, para a instalação.
- b.** O chuveiro não será substituído.
- c.** A tarifa na residência, que se encontra na modalidade tarifária convencional e bandeira vermelha 2 é de R\$0,961/kWh.
- d.** 12% (fixo).
- e.** O equipamento tem uma vida útil de aproximadamente 20 anos.

3) Cálculos e Procedimentos

a. O consumo de água quente na residência ocorre somente nos banhos. Como determinado em 2.2-e), o consumo diário médio de água quente do chuveiro utilizado é 75L e, logo, esse também será o consumo diário de água quente. O modelo de reservatório térmico/boiler escolhido foi o modelo Boiler 75 BP de 75L, da Azul Aquecedores, por possuir o volume exatamente igual ao consumo diário de água.

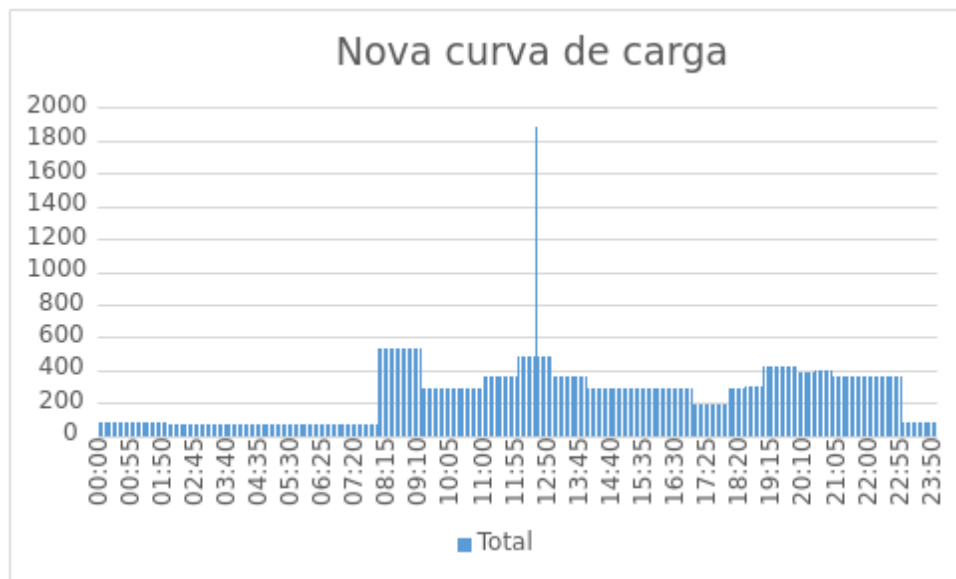
b. Pelos dados fornecidos em aula, será adotada para o dimensionamento (localizada na cidade de São Paulo) uma relação de $1,75\text{m}^2$ de área de coletor para cada 100 litros de água. O coletor escolhido possui 65% de eficiência energética. O calor específico da água é $1,16 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}/(\text{kg}^\circ\text{C})$, e assume-se que a densidade da água seja $1000\text{kg}/\text{m}^3$, e, portanto, o consumo diário de água quente possa ser definido como 75kg. Como definido em 2.3-f), a temperatura de entrada do coletor será 25°C , e a de saída será 55°C . Como identificado pelo CRESESB, a radiação diária média mensal é $4,59 \text{ kWh}/\text{m}^2/\text{dia}$. Com isso, a equação de balanço de energia pode ser expressa como $4,59 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot A \cdot 0,65 = 75\text{kg} \cdot 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ kWh}/(\text{kg}^\circ\text{C}) \cdot 30^\circ\text{C}$, ou seja, a área A de coletores necessários será aproximadamente $0,874\text{m}^2$. Aplicando o fator de correção apropriado de 1,12, a área verdadeira necessária será aproximadamente $0,98\text{m}^2$.

c. Com o coletor de vidro solar prismático temperado de alta transparência e baixa reflexão (baixo ferro) de 2m^2 , o número de coletores necessários seria $0,98\text{m}^2/2\text{m}^2 = 0,49$. Um único coletor, logo, é suficiente. Note que o coletor de 1m^2 , da mesma empresa e série e mais próximo da área necessária, não foi escolhido, pois a eficiência dele é ligeiramente menor (mais próximo de 0,58). Finalmente, a produção média mensal de energia do único coletor é $180\text{kWh}/\text{mês}$, ou $6\text{kWh}/\text{dia}$.

4) Indicadores de mérito para avaliação técnica e econômica do projeto

a. Como calculado no item 3.b), é necessário somente um coletor para esquentar a quantidade de água usada pela residência.

b.



Potência média: (antes) 327,6666667 kWh (depois) 251,2777778 kWh

Potência máxima: (antes) 5897,166667 kWh (depois) 1887,166667 kWh

(antigo) Fator de Carga: $327,6667 \text{ kWh} / 5897,1667 \text{ kWh} = 5,56\%$

(novo) Fator de Carga: $251,277 \text{ kWh} / 1887,1667 \text{ kWh} = 13,31\%$

c.

Custo do investimento = Coletor + boiler + instalação = R\$7280,00

Consumo mensal do chuveiro = 89,9 kWh (Potência nominal: 5500W)

Consumo mensal do apoio elétrico = $0,3/2 * 89,9 \text{ kWh} = 13,485 \text{ kWh}$

PBS = $R\$7280 / (0,961 * (89,9 \text{ kWh} - 13,485 \text{ kWh})) = 99 \text{ meses} / 12 = 8 \text{ anos}$

$FRC(i, n) = 0.1 * (1.1^{30}) / (1.1^{30} - 1) = 0,106$, para $i = 10\%$

$$CEE = 0,106 * R\$7280,00 / (89,9 \text{ kWh} - 13,485 \text{ kWh}) = 10,09 \text{ [R\$/kWh]}$$

d.

O custo de instalação está entre R\$2000,00 e R\$6000,00. Para o cálculo do Payback Simples, foi utilizada a média (R\$4000,00).

Especificações MC 2000 TF20: <https://www.heliotek.com.br/para-casa/aquecedor-solar-para-banho/coletor-solar/coletor-mc2000>

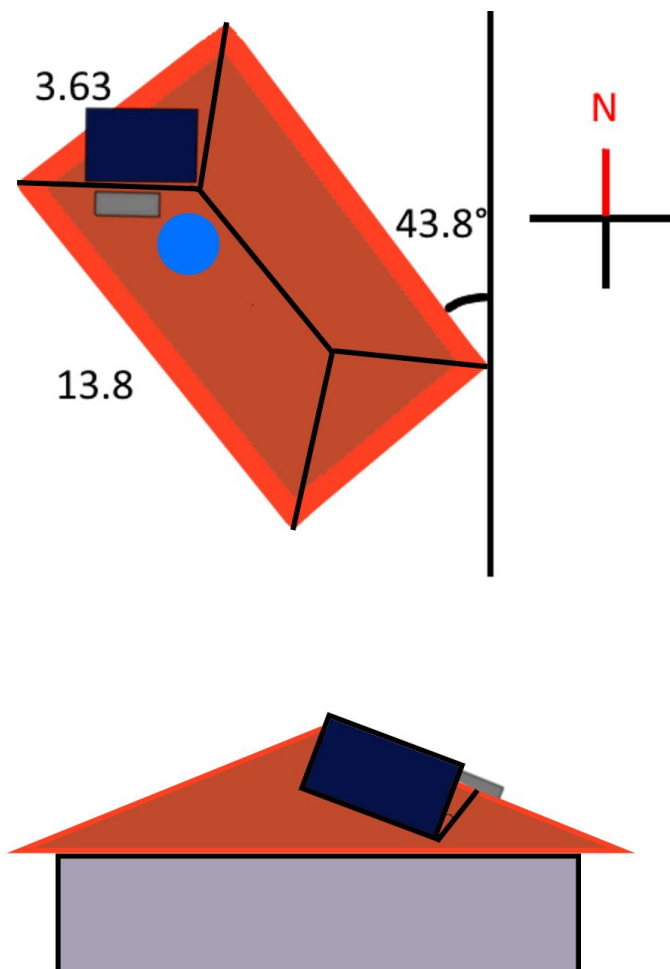
e.

Conclui-se que os custos com a troca dos equipamentos e com a energia após a troca objetivamente impossibilitam que a mesma seja realizada. O custo com energia é aumenta vertiginosamente, de 0,961 R\$/kWh para 10,09R\$/kWh, e, portanto, torna a troca completamente inviável.

5) Dados Construtivos, Análises e Conclusões

5.1) Layout da instalação

a.



Medidas dadas em metros.

Coletor: 2 x 1 x 0.069

Boiler: 0.9 x 0.34 (diâmetro)

5.2) Conclusão e comentários

Pode-se dizer que, entre muitos aspectos, o mais vantajoso dos coletores solares planos está no simples fato de utilizarem como principal recurso a luz solar, que, além de

gratuita, também é não-poluente e abundante, principalmente na região da residência escolhida, podendo ser utilizada como elemento coringa na hora de substituir equipamentos pouco econômicos ou ineficientes.

Entretanto, esse sistema possui um custo significativamente alto para muitos, tanto o aparelho quanto a instalação, isso sem considerar eventuais manutenções que possam vir a ocorrer. Mesmo com uma vida útil de 20 anos, isso acaba por afastar muitos possíveis consumidores, principalmente quando comparado com os chuveiros elétricos que apresentam custo bem inferior no curto prazo e entregam conforto desejado.

Outro aspecto está na instalação que, além da questão monetária, ainda apresenta outros empecilhos, como o fato de precisar alterar parte da residência, e muitos não pensam em mudar o que já está funcionando e com o que já estão acostumados, afim de evitarem dores de cabeça e novos problemas. Além disso, a tecnologia é limitada as condições atmosféricas e, apesar de poder contar com o uso do boiler para armazenar a água quente, ainda assim, em certas épocas, como inverno ou em outras regiões, ela se torna menos eficiente, colaborando com os pontos citados anteriormente. Vale lembrar que, em muitas residências, o uso seria limitado a poucos equipamentos, como chuveiros, torneiras, piscinas, entre outros, o que dificulta a sua aceitação e justificação.

Desta forma, é perceptível o potencial desses coletores. Entretanto, muitos aspectos, quando ponderados, colaboram para uma não utilização por parte da população. Mas talvez com o tempo, com o barateamento e as questões energéticas, possa-se ver mais e mais a popularização dos mesmos.