

ANÁLISE DA VIABILIDADE PARA INSTALAÇÃO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR DE ÁGUA PARA BANHO EM UM HOTEL NA CIDADE DE MEDIANEIRA-PR

Fabrizio Batisti – b.fabricio@live.com

Filipe Marangoni – filipemarangoni@utfpr.edu.br

Cristiane Lionço Zeferino – cristianel@utfpr.edu.br

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Elétrica

2.2 Sistemas Solares Térmicos: aquecimento de água, espaço e refrigeração

Resumo. O consumo de energia elétrica para aquecimento de água representa 24% do total do consumo residencial no Brasil. Mesmo com 65,2% da geração de energia elétrica ser de fonte hidráulica (renovável), em determinados períodos os níveis dos reservatórios baixam sendo necessária a ativação de usinas que utilizam combustíveis fósseis (não renováveis), o que encarece a custo do kWh. A média anual de irradiação solar no Brasil é maior de que vários países que tem um longo histórico de utilização de energia solar, que é uma fonte limpa e renovável. Neste trabalho foi realizado um estudo de viabilidade para a instalação de um sistema para aquecimento solar de água em um hotel localizado no município de Medianeira no estado do Paraná. O investimento necessário somente para a compra do sistema é de R\$ 36.213,00, no entanto, com a necessidade de realizar reformas e adequações na tubulação hidráulica, o investimento total seria de R\$ 66.000,00. Através da análise do histórico de temperaturas médias no município de Medianeira foi estimado o valor pago pela energia elétrica anual utilizada para aquecimento de água para banho no hotel, que é de R\$ 4.959,22, e a economia que seria obtida com a utilização do sistema de aquecimento solar de água seria de R\$ 4.019,21. Com a análise dos indicadores financeiros identificou-se o valor de payback maior que a vida útil do sistema e TIR e VPL negativos, que indicam que não há viabilidade econômica para a execução do projeto.

Palavras-chave: Energia Solar, Aquecimento de Água, Viabilidade Econômica

1. INTRODUÇÃO

O Sistema de Aquecimento Solar (SAS) de água para o banho usa uma fonte de energia limpa, renovável e gratuita. Conta com o benefício de ter água aquecida acumulada em seu reservatório e não compromete a qualidade nem o conforto no momento do banho. O consumidor fica menos exposto a aumentos nas tarifas de energia elétrica e a falta de água quente com a interrupção no fornecimento de energia da concessionária.

De acordo com a Pesquisa de Pose de Equipamentos Hábitos de Uso (PPH), o uso do chuveiro elétrico corresponde a 24% no consumo total de energia elétrica na classe residencial (Eletrobras, 2007).

Os principais métodos para aquecimento de água para banho são através do chuveiro elétrico, chuveiro eletrônico, aquecedor a gás e aquecimento solar da água.

Além dos chuveiros elétrico e eletrônico convencionais, pode ser encontrado no mercado o chuveiro eletrônico flex que possui funcionamento inteligente. Ao iniciar o banho o chuveiro detecta a água fria e liga sua resistência para aquecer a água, no entanto, quando a água quente (vinda do reservatório do aquecedor solar) chega ao chuveiro, a resistência é automaticamente desligada. Desta forma, evita-se o desperdício de água e de energia elétrica. Este chuveiro substitui com economia o apoio elétrico do boiler (Lorenzetti, 2016).

1.1 Sistema de aquecimento solar de água

O aquecimento solar baseia-se na capacidade de absorver o calor dos raios solares para o aquecimento da água e mantê-la aquecida por maior período de tempo possível. Estes sistemas são constituídos por coletores, reservatório térmico, fonte auxiliar de energia, sistema de controle e distribuição de água quente. Das formas de instalação podem ser destacadas a circulação passiva (termo-sifão natural), quando a circulação da água ocorre exclusivamente por diferença de densidades proporcionada pelo aquecimento da água, ou a circulação ativa, quando ocorre circulação forçada através de uma bomba. O sistema de aquecimento pode ser direto, quando o fluido aquecido é o mesmo que será consumido (a própria água), ou pode ser indireto, quando se usa um circuito fechado para o fluido que circula nas placas, e um trocador de calor para transferir esse calor absorvido para a água a ser aquecida (UFSC/LABEEE, 2010).

Coletores solares. São responsáveis pela captação da energia solar e conversão em energia térmica. Os modelos de coletores para uso destinado de aquecimento de água para banho estão divididos basicamente em planos, evacuados e sem coberturas. Os coletores sem coberturas, gabinete e isolamento térmica são feitos de material polimérico, que por sua vez possuem baixa eficiência, sendo mais utilizado para aquecimento de piscinas (UFSC/LABEEE, 2010).

Os coletores de tubo evacuado atualmente são o mais empregado para aquecimento de água residencial e comercial, podendo atingir a temperaturas de 100°C. Por atingir altas temperaturas, exige menos área de aplicação do que coletores planos, além de ter maior resistência a congelamentos e chuva de granizo (Komeco, 2016).

Os tubos de vidros do coletor solar a vácuo absorvem os raios ultravioletas e o transferem para a água que já está nos tubos coberta por uma camada escura que a esquenta ainda mais. O vácuo presente no vidro do tubo funciona como isolante térmico e impede que essa água perca calor (Komeco, 2016).

Nos coletores de placas planas, a energia solar atravessa a cobertura de vidro ou acrílico onde é absorvida pela placa coletora construída de alumínio ou cobre. Geralmente essas placas são de cor preta, para potencializar a absorção máxima de radiação e evitar perdas de emissão térmica. Essa placa coletora serve de aleta para transportar o calor até os tubos de cobs, que transportam o fluido a ser aquecido (UFSC/LABEE, 2010).

Reservatórios térmicos. O reservatório térmico é como uma caixa d'água especial destinada a manter a água que foi aquecida pelos coletores solares. Estes reservatórios são fabricados em cobre, inox ou polipropileno e depois recebem um isolante térmico. A maioria dos modelos de reservatório térmico vem com sistema de aquecimento auxiliar elétrico, mas pode ser comercializados com sistema auxiliar a gás ou até mesmo sem esse recurso (Soletrol, 2016).

De acordo como o fabricante de aquecedores solares Soletrol os modelos de reservatórios térmicos variam de cem litros a vinte mil litros. O tamanho do reservatório térmico, ou seja, o volume de água que ele é capaz de armazenar é definido a partir do uso da água aquecida é preciso saber quantas pessoas vão usar o sistema diariamente, a duração média e a quantidade de banhos diários e quantos serão os pontos de uso de água quente.

O uso de reservatórios térmicos é praticamente indispensável, pois nem sempre o consumo de água aquecida se dá no mesmo período de ganho de energia térmica solar, além da potência de aquecimento dos coletores serem menores que a demanda instantânea de água quente. O reservatório possui grande influência no custo do sistema, desempenho e confiabilidade (UFSC/LABEE, 2010).

Sistema auxiliar de aquecimento. Tendo em vista que haverá dias de chuvas e de tempo nublado, fato que irá afetar o desempenho dos coletores solares, diminuir a temperatura da água e conseqüentemente afetar o conforto no momento do banho, os fabricantes incluem e recomendam a utilização de sistemas auxiliares para o aquecimento da água acumulada no reservatório.

Um dos métodos mais comuns para o sistema auxiliar de aquecimento de água é o apoio elétrico, onde uma resistência é acoplada dentro do reservatório para aquecer a água acumulada. Por se tratar de um grande volume do reservatório não é viável aquecer toda essa água sem ao menos ter certeza que irá ser utilizada no momento, possivelmente gerando um custo desnecessário.

O aquecedor solar também pode ser instalado com o sistema auxiliar de temperatura do tipo a gás. Onde o aquecedor a gás de passagem é instalado em serie com o sistema, assim ele é acionado a partir de uma temperatura pré-selecionada e apenas quando houver demanda de água aquecida.

Outro sistema auxiliar para o aquecimento são os chuveiros equipados com sensores capazes de medir a temperatura da água e conseqüentemente ligar e desligar sua resistência elétrica interna (chuveiro eletrônico flex).

Em dia de chuva e nebuloso, que afetam a temperatura da água no reservatório, o chuveiro irá funcionar com energia elétrica. Nos dias de sol a água que fica parada na tubulação perde calor, com a utilização do chuveiro flex o usuário não precisará esperar a água aquecida sair do reservatório e chegar à ducha, proporcionando maior conforto para o usuário e evitando o desperdício de água.

Condução da água aquecida. Atualmente os tubos e conexões mais utilizados para condução de água aquecida de uso residencial e industrial são de Policloreto de Vinila Clorado (CPVC) e sua aplicação em instalações prediais pode atender uma demanda de água aquecida até 82°C para uma pressão de serviço de 7 kgf/cm² (Nikoll, 2016).

As principais vantagens da utilização do CPVC são: não necessita de isolante térmico, pois o material se trata de um excelente isolante térmico reduzindo a perda de calor; menor custo para instalação; ausência de corrosão; menor perda de carga; material não condutor de eletricidade.

1.2 Radiação solar

Além das condições atmosféricas (nebulosidade, umidade relativa do ar, entre outras) a radiação solar que incide sobre a superfície terrestre também depende da latitude local e da posição no tempo (hora do dia e dia do ano), devido à inclinação do eixo imaginário em torno do qual a terra gira (movimento de rotação) e à trajetória elíptica que a terra descreve ao redor do sol (translação).

Apesar de diferentes características climáticas constatadas em todo o Brasil, a média anual de irradiação global apresenta boa uniformidade, com médias anuais consideradas altas em todo país. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, a radiação solar no Brasil é de 4,25 kWh/m² na região sul, e de até 6,5 kWh/m² no interior do nordeste. Os valores de irradiação solar anual em qualquer região brasileira encontram-se na média (1500-2500 kWh/m²) são superiores a de países como, Alemanha (900-1250 kWh/m²), França (900-1650 kWh/m²) e Espanha (1200-1850 kWh/m²), onde projetos de aproveitamento da energia solar são amplamente disseminados e alguns contam com fortes incentivos governamentais (ABES, 2005).

2. LOCAL DO ESTUDO

Esta trabalho apresenta o estudo da viabilidade para instalação de um Sistema de Aquecimento Solar (SAS) de água em um hotel da cidade de Medianeira. O município fica localizado no oeste do estado do Paraná, a 60 km de Foz do Iguaçu, na latitude sul de 25°17'40" e longitude oeste de 54°05'30". Localiza-se 402 metros acima do nível do mar, com seu ponto mais alto a 608 metros e o ponto mais baixo a 275 metros. A população do município é de 41.830 habitantes (censo IBGE 2010) com estimativa de 45.586 habitantes para o ano de 2017. Sua distância em relação a capital do Estado (Curitiba) é de 580 km.

O hotel possui 48 quartos, sendo todos do tipo suíte simples, possuindo ao todo 48 banheiros com demanda de água aquecida. Atualmente os banheiros são equipados com chuveiros eletrônicos da marca Termosystem com potência máxima de 7700 Watts.

De acordo com a direção do hotel, a maioria dos hóspedes trata-se de representantes comerciais e funcionários de empresas prestadoras de serviços. A média mensal da taxa de ocupação do hotel é de 75%, que só não é maior em razão dos feriados que acabam comprometendo a ocupação diária ou até mesmo da semana. O alto índice de ocupação está atrelado ao fato de que o município de Medianeira está posicionado no centro de uma microrregião.

2.1 Características da temperatura em Medianeira

Para que fosse possível determinar a potência elétrica necessária para o aquecimento da água do banho foram necessárias informações sobre a temperatura no município. Na Tab. 1 podem ser observados os registros das temperaturas médias mensais na região de Medianeira PR, de acordo com o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR).

Tabela 1 – Temperatura médias mensais para Medianeira PR
(Fonte: IAPAR, 2016)

Mês	Temperatura Média em graus Celsius
Janeiro	25 – 26 °C
Fevereiro	24 – 25 °C
Março	24 – 25 °C
Abril	21 – 22 °C
Maio	18 – 19 °C
Junho	16 – 17 °C
Julho	16 – 17 °C
Agosto	18 – 19 °C
Setembro	19 – 20 °C
Outubro	22 – 23 °C
Novembro	24 – 25 °C
Dezembro	25 – 26 °C
Temperatura média anual	21 – 22 °C

Para os meses mais quentes do ano (janeiro, fevereiro, março, novembro e dezembro) são observadas temperaturas médias máximas entre 25 °C e 26 °C. Já para a temperatura nos meses mais frios (maio, junho, julho e agosto) foram registradas as médias mínimas entre 16 °C e 18 °C (IAPAR, 2016).

3. DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

A partir das informações colhidas no hotel e de posse das temperaturas médias mensais na cidade foi possível fazer o dimensionamento de todo o sistema de aquecedor solar e definir o modelo mais indicado.

3.1 Dimensionamento do reservatório

De acordo com a ABNT NBR 15569, o consumo racional da água aquecida para banho está entre 3 L/min para o consumo mínimo e 15 L/min para o consumo máximo, variando de acordo com a instalação ou características das duchas. Com base nesses dados pode-se fazer o dimensionamento do reservatório térmico, de acordo com a Eq. (1), onde: vr representa o volume do reservatório (em litros); vd é a vazão da ducha (litros por minuto); tb é o tempo de banho (em minutos); e nb representa o número de banhos.

$$vr = vd \cdot tb \cdot nb \quad (1)$$

Com a utilização da Eq. (1) foi realizado o cálculo do volume do reservatório considerando a lotação máxima do hotel, a vazão da ducha de 8 litros/min e o tempo de banho de 10 minutos, obtenho o volume de 3840 litros.

O valor comercial do reservatório adotado é de 4000 litros, e desta forma garante-se a demanda de água quente em dias de lotação máxima, mesmo sem haver um controle preciso em relação ao tempo de cada banho.

3.2 Dimensionamento dos coletores

Depois de estimado o consumo de água aquecida é possível fazer o dimensionamento dos coletores. Para isso deve-se encontrar a demanda energética mensal para o aquecimento de todo o volume de água, de acordo com a Eq. (2) (Cardoso, 2008).

$$\text{Área coletora} = \frac{\text{demanda energética mensal}}{\text{produção específica de energia}} \quad (2)$$

A Demanda Energética mensal (DE), expressa em kW.h, pode ser calculada pela Eq. (3), onde: V é o volume de água quente (4000 litros); p é o peso específico da água (1.000 kg/m^3); cp é o calor específico da água ($4,18 \text{ kJ/kg}^\circ\text{C}$); Tf representa a temperatura de armazenagem da água quente ($45 \text{ }^\circ\text{C}$); e $t1$ é a temperatura de água fria ($23 \text{ }^\circ\text{C}$).

$$DE = \frac{V \cdot p \cdot cp (tf - t1)}{3600} \cdot 30 \text{ dias} \quad (3)$$

Portanto, a Demanda Energética mensal (DE) é de 3.065 kWh, a Produção de Energia por coletor mensal (PE) é de $75,7 \text{ kWh/m}^2$, a área coletora é de $40,5 \text{ m}^2$ e o número de coletores recomendados é de 20 coletores de 2 m^2 .

3.3 Adequação das instalações

A estrutura física do hotel não conta com tubulação para conduzir a água aquecida e nem registros misturadores de água para o controle da temperatura da água de banho. Devido a essa condição foi elaborado um orçamento em uma tabela de custos para implantação de uma tubulação de CPVC embutida na alvenaria, instalações de registros misturadores de água e, conseqüentemente, a troca dos revestimentos cerâmicos.

A Tab. 2 apresenta todos os materiais hidráulicos para a instalação da tubulação de água quente e instalação do aquecedor solar, tanto os que ficaram embutidos na alvenaria como também a tubulação aparente que servirá para fazer as ligações dos coletores e reservatórios que ficaram na cobertura do hotel. Os orçamentos foram enviados por duas empresas especializadas na comercialização de material hidráulico e, para a elaboração da Tab. 2, foram adotados os menores preços de cada item orçado.

Tabela 2 – Orçamento do material hidráulico

Item	Quantidade	Descrição	Unitário	Total
1	80	Tubo CPVC 28 mm x 3 metros	40,86	3268,80
2	40	Tubo CPVC 22 mm x 3 metros	26,18	1047,20
3	1	Caixa d'água 5000 litros	1579,00	1579,00
4	96	Registro para chuveiro	19,44	1866,24
5	48	Tee misturador CPVC	17,32	831,36
6	10	Tubo soldável 25 mm x 6 metros	12,32	123,20
7	8	Adesivo CPVC 800 gramas	59,25	474,00
8	48	Joelho 22x1/2	8,07	387,36
9	150	Joelho 22x90°	2,19	328,50
10	40	Joelho 28x90°	5,06	202,40
11	30	Tee red. CPVC 28x22 mm	5,76	172,80
12	48	Conector macho CPVC 22x3/4	10,79	517,92
13	48	Adaptador soldável 25 mm	0,55	26,40
14	20	Fita veda rosca	6,85	137,00
15	96	Acabamento p/registro	20,98	2014,08
16	15	Conector fêmea CPVC 28x1'	19,30	289,50
Valor Total				R\$ 13.265,76

3.4 Custos relacionados à troca de revestimentos cerâmicos

No processo de adequação da tubulação será necessária a quebra da parede, causando danos à cerâmica dos banheiros. Assim ocasionando a troca de pelo menos uma das paredes do ambiente. Para efeito de cálculo será adotado uma das paredes para a troca de toda a cerâmica.

Para a elaboração da Tab. 3, referente aos custos da troca do revestimento cerâmico, também foram analisados dois orçamentos e adotados os menores custos para aquisição dos materiais.

Tabela 3 – Orçamento de materiais para substituição das cerâmicas

Item	Quantidade	Descrição	Unitário	Total
1	300	Revestimento cerâmico 32x57 branco	13,50	4050,00
2	100	Argamassa ACIII sobre piso 20 kg	25,79	2579,00
3	6	Espaçador 4 mm 100 peças	2,04	12,24
4	60	Rejunte branco 1 kg	1,97	118,20
Valor Total				R\$ 6.759,44

3.5 Custo de mão de obra especializada

Para a realização das adequações e reforma, foram solicitados orçamentos em algumas empresas locais, tendo apenas um retorno positivo se qualificando a execução desta obra. Na Tab. 4 estão detalhados os custos referentes a cada etapa da obra.

Tabela 4 – Orçamento da mão de obra

Etapa	Custo
Rasgo de paredes para embutir tubulação de água quente (5 m ³)	120 horas = R\$ 1.020,00
Instalação de tubulação embutida na alvenaria	560 horas = R\$ 5.460,00
Assentamento de revestimento cerâmico (300 m ²)	405 horas = R\$ 3.307,50
Custo Total da Adequação	R\$ 9.787,50

Por se tratar de uma construção de 1972 com a última reforma em 2012, esses investimentos são necessários, pois caso contrário às tubulações não seriam capazes de atender a condução de água aquecida.

Observa-se, por se tratar da instalação de uma nova tubulação embutida na alvenaria, que os custos não são exclusivamente em tubulação e mão de obra de encanadores, existe também um custo considerável em revestimentos cerâmicos e mão de obra especializada de pedreiros.

3.6 Custo do aquecedor solar

Após a realização do cálculo da demanda de água aquecida para o banho, foi solicitado um orçamento junto à indústria de aquecedores solares Mondiale. A compra direta do fabricante possibilita a redução do custo do sistema, pois dispensa o custo e margem de lucro de uma loja do varejo, isso foi possível pois o hotel possui cadastro como pessoa jurídica. Na Tab. 5 são apresentados os custos relacionados à aquisição de todo o sistema para o aquecimento solar de água.

Tabela 5 – Orçamento do sistema de aquecimento solar de água

Descrição	Quantidade	Valor
Reservatório 4000 litros	1	R\$ 7.452,00
Coletor plano 2x1 metros	20	R\$ 12.821,00
Bomba de circulação	1	R\$ 2.000,00
Quadro de comando	1	R\$ 2.000,00
Instalação	1	R\$ 3.000,00
Valor Total		R\$ 27.273,00

3.7 Custo de aquisição para um sistema de auxiliar de aquecimento

Para que seja obtido um maior conforto, praticidade e redução no desperdício de água e eletricidade, para o sistema auxiliar de aquecimento foi escolhido o chuveiro eletrônico Flex, com o investimento total de R\$ 8.940,00 para a aquisição dos 48 chuveiros.

3.8 Consumo de energia elétrica dos chuveiros existentes

Na Tab. 6 foi estipulado mês a mês o consumo de energia elétrica de todos os chuveiros elétricos existentes no hotel. Foi considerada uma taxa de 75% de ocupação e tempo médio de banho de 10 minutos. A potência utilizada (que é ajustável para o chuveiro eletrônico) é referente às temperaturas médias mensais apresentadas na Tab. 1.

Tabela 6 – Consumo de energia elétrica com os chuveiros atualmente instalados

Mês	Potência (W)	Tempo (min.)	Nº Banhos	Dias	Consumo (kWh)
Janeiro	1500	10	35	30	262,5
Fevereiro	1500	10	35	30	262,5
Março	1500	10	35	30	262,5
Abril	3000	10	35	30	525
Maiο	4500	10	35	30	787,5
Junho	7000	10	35	30	1225
Julho	7000	10	35	30	1225
Agosto	4500	10	35	30	787,5
Setembro	4500	10	35	30	787,5
Outubro	3000	10	35	30	525
Novembro	1500	10	35	30	262,5
Dezembro	1500	10	35	30	262,5
Consumo anual em kWh					7175

3.9 Consumo de energia elétrica do sistema auxiliar

De acordo com dados sobre a quantidade de chuva durante o ano, foram adotados três (3) dias de chuva por mês, que acabam afetando o aquecimento da água do reservatório e, conseqüentemente, o sistema auxiliar é ligado durante todo o banho. Portanto, em 3 dias a água para os banhos será aquecida com a utilização de energia elétrica. Na Tab. 8 pode ser observado o consumo mensal e anual para este caso.

Tabela 7 – Consumo de energia elétrica para os dias sem água quente do SAS

Mês	Potência (W)	Tempo (min.)	Nº Banhos	Dias	Consumo (kWh)
Janeiro	1500	10	35	3	26,25
Fevereiro	1500	10	35	3	26,25
Março	1500	10	35	3	26,25
Abril	3000	10	35	3	52,5
Maiο	4500	10	35	3	78,75
Junho	7000	10	35	3	122,5
Julho	7000	10	35	3	122,5
Agosto	4500	10	35	3	78,75
Setembro	4500	10	35	3	78,75
Outubro	3000	10	35	3	52,5
Novembro	1500	10	35	3	26,25
Dezembro	1500	10	35	3	26,25
Consumo anual em kWh					717,5

A Tab. 8 apresenta o resultado para o cálculo do consumo anual do sistema auxiliar para o aquecimento da água que fica parada na tubulação, com a adoção de 1 minuto, após esse tempo o banho ocorre com a água quente fornecida pelo SAS. Foram considerados 27 dias no mês, excluindo os 3 dias do caso anterior.

Tabela 8 – Consumo de energia elétrica para aquecimento até chegar a água do aquecedor

Mês	Potência (W)	Tempo (min.)	Nº Banhos	Dias	Consumo (kWh)
Janeiro	1500	1	35	27	23,625
Fevereiro	1500	1	35	27	23,625
Março	1500	1	35	27	23,625
Abril	3000	1	35	27	47,25
Maiο	4500	1	35	27	70,875
Junho	7000	1	35	27	110,25
Julho	7000	1	35	27	110,25
Agosto	4500	1	35	27	70,875
Setembro	4500	1	35	27	70,875
Outubro	3000	1	35	27	47,25
Novembro	1500	1	35	27	23,625
Dezembro	1500	1	35	27	23,625
Consumo anual em kWh					645,75

Mesmo com a utilização do sistema de aquecimento solar, foi considerado que o sistema auxiliar com as duchas flex (que usam energia elétrica) deve aquecer a água fria (parada na tubulação) até a chegada da água quente do reservatório, e também aquecer a água nos dias de chuva onde a água do reservatório não está quente o suficiente.

Desta forma, pode-se determinar que o sistema atual, somente com chuveiros eletrônicos consome a quantia de 7.175 kWh por ano (como apresentado na Tab. 6), e o total de energia elétrica consumida pelo sistema de aquecimento auxiliar (Tabelas 7 e 8) seria de 1.363 kWh.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram considerados dois (2) cenários para a realização da análise financeira. Todas as suas condições estão apresentadas na Tab. 9.

Para o primeiro cenário foi adotada a condição real do hotel para instalação do Sistema de Aquecimento Solar (SAS), onde é necessário quebrar a parede, embutir toda a tubulação de CPVC na alvenaria e, conseqüentemente, realizar a troca dos revestimentos cerâmicos nos banheiros. Todos os custos relacionados à mão de obra dessas adequações são contabilizados.

Para o segundo cenário foi considerada a instalação do SAS e do sistema auxiliar, mas foi considerado que as instalações hidráulicas do hotel estariam aptas a conduzir água aquecida. Portanto, o custo para adequação é zero.

Tabela 9 – condições adotadas para os dois cenários

Dados	Primeiro Cenário	Segundo Cenário
Cidade / UF	Medianeira / PR	
Temperatura Média anual	22°C	
Quantidade de quartos do hotel	48	
Ocupação do hotel	75%	
Número de banhos por dia	35	
Tempo médio de banho	10 minutos	
Dias de funcionamento ao longo do ano	365	
Vazão das duchas	8 litros/minutos	
Custo atual do kW/h	R\$ 0,69118 ⁽¹⁾	
Vida útil do equipamento	15 anos	
Custo anual de manutenção de equipamentos	2%	
Economia anual de energia elétrica	5.815 kWh	
Custo total do SAS com instalação	R\$ 27.273,00	
Custo do sistema auxiliar	R\$ 8.940,00	
Custo para adequação da infraestrutura	R\$ 29.811,50	R\$ 0,00
Custo total para adequação e instalação	R\$ 66.024,50	R\$ 36.213,00

⁽¹⁾ Valor de acordo com a concessionária Copel, vigência em 24/06/2017

4.1 Payback

O tempo de recuperação do investimento é determinado quando a soma dos fluxos de caixa se iguala o valor do investimento. O investidor também pode estipular um tempo para recuperar o valor investido. O proprietário do hotel gostaria de recuperar o investimento no SAS dentro de 5 anos (no máximo 10, dependendo do montante investido).

Pode ser observado na Fig. 1 que no mês zero estão representados os valores de investimento para cada cenário (em vermelho para o cenário 1 e amarelo para o cenário 2). A partir do primeiro mês observa-se (em verde) o valor da economia obtida. Para o cenário 1, acabaria a vida útil do SAS (que é de 15 anos) e não seria possível reaver o capital investido. Desta forma, o investimento é considerado economicamente inviável.

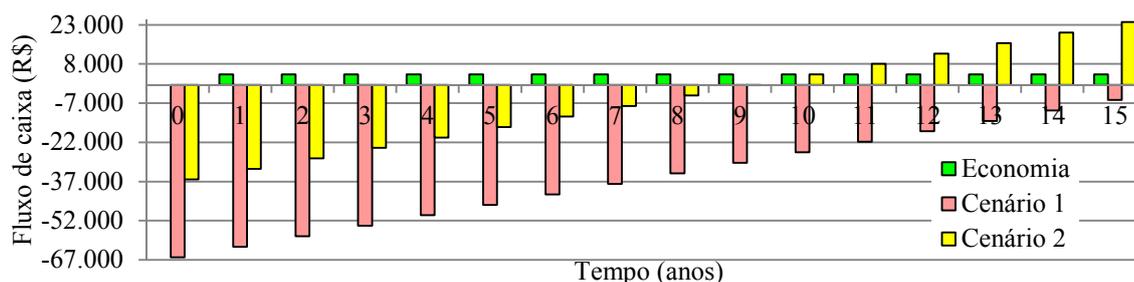


Figura 1 – Economia e fluxos de caixa para os 2 cenários

Para o cenário 2 o retorno do investimento ocorreria a partir de 10 anos, limite máximo estipulado pelo proprietário. No entanto, este cenário não se aplica ao hotel em estudo, é aplicável somente quando as instalações já possuam tubulação para água quente.

4.2 VPL e TIR

Para a realização do cálculo do Valor Presente Líquido (VPL) foi considerada a taxa SELIC de 9,15%, dados do Banco Central do Brasil, referente à data de 26 de julho de 2017. O indicador VPL para o cenário 1 é de -R\$ 33.911,78, e para o cenário 2 é de -R\$ 4.100,28. A determinação de um VPL negativo representa a inviabilidade do projeto.

Para o cenário 1 a Taxa Interna de Retorno (TIR) se mostrou negativa -1%, mas para o cenário 2 (que não se aplica ao hotel em análise) a taxa foi de 7%.

5. CONCLUSÃO

O valor necessário para a compra do Sistema de Aquecimentos Solar de água que foi dimensionado para a instalação no hotel analisado é de R\$ 27.273,00. Além desse valor, seria necessário R\$ 8.940,00 para a compra dos 48 chuveiros eletrônicos flex (mais caros que os convencionais), que melhorariam o conforto e garantiriam o banho quente mesmo em períodos chuvosos.

Como o hotel não possui encanamento para água quente e nem registros misturadores de água, seria necessária a realização de reformas e adequações com um investimento de R\$ 29.811,50. Desta forma, o investimento total para a instalação do sistema de aquecimento solar de água seria de R\$ 66.024,50.

Com a utilização das temperaturas médias mensais e a potência equivalente necessária para o aquecimento da água pelos chuveiros eletrônicos, foi possível encontrar o consumo total anual de 7.175 kWh, que com a tarifa atual aplicada pela concessionária Copel (R\$ 0,69118) representaria um valor de R\$ 4.959,22 por ano.

A economia anual com a utilização do SAS seria de R\$ 4.019,21. No entanto o elevado valor do investimento total (para o cenário 1) tornou o projeto inviável, como mostram os indicadores *payback*, TIR e VPL.

Também foi considerado o cenário 2, no qual o hotel possuiria o encanamento para água quente. Para este caso, os indicadores *payback* e TIR mostraram um cenário favorável.

Para este estudo foram utilizados valores racionais para o banho, de acordo com os valores indicados pelas normas. Se o consumo de água for superior (maior duração do banho com maior temperatura da água) o investimento ficaria cada vez mais viável, pois seria obtida uma maior economia com o SAS.

Além da utilização do chuveiro, o valor da tarifa de energia elétrica também deve ser observado, pois quanto ocorre o aumento da tarifa, bem como a cobrança de taxas extras decorrentes das bandeiras tarifárias, aumentam as despesas. Consequentemente, a economia obtida com o SAS torna-se mais expressiva.

REFERÊNCIAS

- Cardoso, L. C.. Dimensionamento e instalação de aquecedor solar. Manual técnico Trassen Aquecedor Solar, Ed. 138, jun. 2008. Disponível em : <<http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/136/artigo285727-1.aspx>>. Acesso em novembro de 2017.
- ELETROBRAS PROCEL, Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso da classe residencial no ano base 2005. Avaliação do mercado de eficiência energética no Brasil, 2007, Rio de Janeiro.
- IAPAR, Instituto Agrônomo do Paraná. Temperaturas em Medianeira. disponível em: <<http://www.iapar.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=605>>. Acesso em novembro de 2017.
- IBGE, Índice Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/temas.php?lang=&codmun=411580&idtema=130&search=parana|medianeira|estimativa-da-populacao-2016->>>. Acesso em novembro de 2017.
- KOMEKO. Coletor solar: qual é a diferença entre cada um? Disponível em: <<http://www.komeco.com.br/blog/consumidor/qual-e-a-diferenca-entre-cada-coletor-solar.html>>. Acesso em novembro de 2017.
- LORENZETTI S.A., Lorenzetti, 2016. Disponível em: <<http://www.lorenzetti.com.br>>. Acesso em novembro de 2017.
- Nikoll. Ficha técnica - cpvc flowguard gold. Disponível em: <http://www.nicoll.com.br/ficha_tecnica.php?id=8>. Acesso em novembro de 2017.
- Pereira, E. B; Martins, F. R.; Abreu, S. L.; Rütther, R. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos: INPE, 2006. 1º ed, 63 p.
- SOLETROL, Soletrol Aquecedores solares de água. Como funciona o aquecedor solar. Disponível em: <<http://www.soletrol.com.br/extras/como-funciona-o-aquecedor-solar-soletrol/>>. Acesso em novembro de 2017.
- UFSC/LabEEE. Casa Eficiente: Consumo de e Gereção de Energia (Vol. II). (R. Lamberts, E. Ghisi, C. D. Pereira, & J. O. Batista, Eds.) Florianópolis, 2010.

FEASIBILITY ANALYSIS OF SOLAR WATER HEATING SYSTEM INSTALLATION for bathing IN AN HOTEL IN MEDIANEIRA-PR

Abstract. *The electricity consumption for water heating represents 24% of total residential consumption in Brazil. Even with 65.2% of the electricity generation being from a hydraulic source (renewable), in certain periods the levels of the reservoirs decrease, being necessary the activation of plants that use fossil fuels (non-renewable), which increases the cost of kWh. The annual average solar irradiance in Brazil is higher than several countries that have a long history of using solar energy, which is a clean and renewable source. In this work a study was carried out for the implementation of a solar water heating system in a hotel located in the Medianeira city in the state of Paraná. The investment required only for the purchase of the system is R\$ 36,213.00, however, with the need to make adjustments in the hydraulic pipes the total investment would be R \$ 66,000.00. Through the analysis of Medianeira city average temperatures was estimated the amount paid by the annual electric energy for heating water for bath in the hotel, which is R\$ 4,959.22, and the saving that would be obtained by using the solar water heating system would be R\$ 4,019, 21. By analyzing the financial indicators was identified a payback value bigger than the system useful life and negative IRR and NPV, which indicates that there is no economic viability for project execution.*

Key words: *Solar Energy, Water heating, Economic viability*