

CAPÍTULO XI

ESTUDO DE VIABILIDADE DE INTEGRAÇÃO DOS SISTEMAS: APROVEITAMENTO DA ÁGUA DA CHUVA, AQUECIMENTO DA ÁGUA ATRAVÉS DA ENERGIA SOLAR E ENERGIA FOTOVOLTAICA EM UM PROJETO RESIDENCIAL

*Gianluca da Silva Santos
Leandro de Souza Ferreira
Guilherme Pires Vieira
Bruno Matos de Farias
Rachel Cristina Santos Pires*

RESUMO

Com a constante preocupação em relação ao meio ambiente, busca-se a necessidade do desenvolvimento e utilização de fontes de energias novas e renováveis, onde se destacam as seguintes fontes: energia helio-térmica, eólica, hídrica, biomassa, geotérmica, marinha, animal e humana. Neste contexto, existem alternativas muito interessantes, entre as quais está a substituição do aquecimento elétrico da água, pelo aquecimento através da energia contida na luz solar, a energia solar fotovoltaica, e o reuso da água através do reaproveitamento da água da chuva. Devido ao alto consumo da energia elétrica e de água nas residências, houve a necessidade de serem criados sistemas integrados que reduzissem esses gastos, tais como, o aquecimento da água através da energia solar, que se pode reduzir o consumo do chuveiro elétrico e também aumentar a utilização desta energia "limpa" em residências populares, o uso da água da chuva captadas em edificações residências com propósito de suprir as demandas não potáveis de água em domicílios, e a criação de um sistema gerador fotovoltaico que obtém a

198 energia da radiação solar através de módulos fotovoltaicos (placas solares) e realiza a conversão da mesma em energia elétrica por meio de inversores e distribuem para a rede elétrica de residências ou indústrias. O presente artigo tem como objetivo a realização de um estudo integrando esses sistemas a um projeto residencial.

1. INTRODUÇÃO

Devido à crescente demanda por energia elétrica, tornou-se importante considerar os impactos ambientais causados pela geração e distribuição de energia, bem como a sustentabilidade dos sistemas envolvidos. No Brasil, ainda que grande parte da geração seja proveniente de fontes limpas (hidrelétricas), sua complementação com outras fontes de geração que causem menores impactos ambientais e sociais é fundamental. Tanto aquecimento da água reaproveitada das chuvas e do consumo doméstico, quanto painéis fotovoltaicos são uma grande solução para a implementação nos projetos residenciais (FILHO, 2014)

A incorporação do sistema de aquecimento solar da água na estrutura da moradia tem o propósito de permitir que o morador de baixa renda, aproveitando o sistema de mutirões e de autoconstrução da habitação, inclua esta alternativa na sua prática construtiva. A disponibilidade comercial e facilidade de obtenção dos materiais escolhidos devem se aliar à indispensável integração e familiaridade da comunidade com a nova forma de usufruir e conviver com o conceito inovador do uso da energia solar (CARDOSO, 2010).

No bojo das energias renováveis, a solar destaca-se por não emitir gases poluentes e outros tipos de resíduos, além de não destruir as reservas naturais. Ademais, a captação da radiação solar, através de painéis fotovoltaicos, para a produção de energia elétrica promove benefícios ao sistema elétrico e ao meio ambiente, possibilitando produzir eletricidade de forma estática, silenciosa, não poluente e renovável (GUIMARÃES, 2016).

Nesse sentido, a opção por um sistema solar fotovoltaico insere-

-se numa política estratégica de desenvolvimento sustentável, tendo como principais objetivos a opção de uma solução viável do ponto de vista econômico, bem como também uma solução do ponto de vista social de impacto bastante positivo para que as pessoas tenham consciência da necessidade de optar cada vez mais pelas energias renováveis (FERREIRA & SÁ, 2003).

Uma das mais recentes e promissoras aplicações da tecnologia fotovoltaica é a integração de painéis solares em conjunto com a construção civil, de forma descentralizada e ligada à rede elétrica de energia. Essa é a característica fundamental dos sistemas fotovoltaicos instalados no meio urbano, com especial destaque para utilização em edificações residenciais (SPRICIGO & TESTON, 2009).

Para a elaboração deste estudo, tornou-se necessário uma pesquisa bibliográfica aprofundada, onde se abordou vários aspectos do tema, visando alcançar todos os objetivos descritos. Além de viabilizar a utilização de energia renovável na construção civil, através de residências autossustentáveis.

Esta abordagem se dá pelo fato de estarmos em constante evolução e busca por novas soluções e aplicabilidades com relação aos novos moldes de soluções sustentáveis.

O objetivo da pesquisa é apresentar viabilidade de aplicação integrada dos sistemas de reaproveitamento de água destinada a fins não potáveis, aquecimento da água através do sistema de boilers e implementação de energia fotovoltaica no âmbito residencial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Reuso da água

Os meios naturais de transformação da água em água potável são lentos, frágeis e muito limitados. Assim sendo, esta deve ser manipulada com racionalidade, preocupação e moderação, não devendo ser desperdiçada, poluída ou envenenada. De maneira geral, sua utilização deve ser feita com

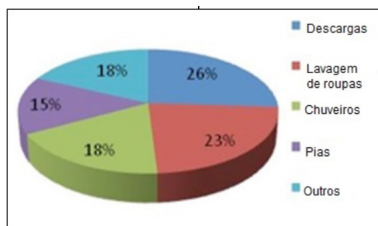
consciência e discernimento, para que não se chegue a uma situação de esgotamento ou de deterioração da qualidade das reservas atualmente disponíveis (ZAMPIERON et al, 2007).

Em uma residência, o consumo de água é influenciado por diversos fatores como o clima da região, o número de habitantes, a renda familiar, característica cultural da comunidade e a forma de gerenciamento do sistema de abastecimento, que englobam a micromedição e o valor da tarifa. Estima-se um consumo médio de água nas residências de 200 L/hab/dia, com grandes oscilações, que podem ir de 50 L/hab/dia a 600 L/hab/dia (TSUTIYA, 2005).

Segundo Terpstra (1999) os propósitos e aplicações da água dentro de uma residência podem ser separados em quatro categorias: consumo, higiene pessoal, descarga de banheiros, e limpeza.

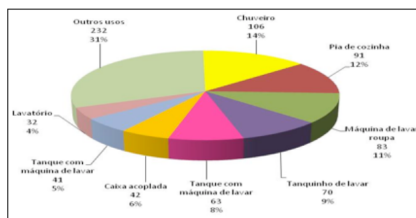
Observa-se, portanto, que a água destinada ao consumo humano pode ser designada com dois fins distintos. A água utilizada para higiene pessoal, na preparação de alimentos e para beber é classificada como uso potável. Já a água destinada aos usos não potáveis, pode ser encontrada na lavagem de roupas, carros e calçadas, irrigação de jardins e descarga de vasos sanitários. Estudos realizados mostram que o maior consumo de água dentro de uma residência são para lavagem de roupas, para dar descarga nos vasos sanitários para tomar banho (Figuras 1 e 2).

Figura 1: Consumo doméstico de água



Fonte: Berniere.et.al (2014)

Figura 2: Participação dos pontos de utilização no consumo diário médio



Fonte: Berniere.et.al (2014).

Em média, o percentual de água consumida em uma residência destinados aos usos potáveis gira em torno de 30% a 36% conforme análise das figuras 1 e 2. Desta forma, estabelecendo um modelo de abastecimento de rede dupla de água, sendo uma rede de água potável e outra de água de reuso, a conservação da água, através da redução do consumo de água potável para finalidades não potáveis, seria garantida.

Segundo Gardner et al (2004), os sistemas de reuso de água de chuva na Austrália apresentam uma economia no consumo de água das residências de até 45%.

Em alguns locais o governo financia parte da construção do sistema de coleta e reaproveitamento da água da chuva, como forma de incentivo à população. Em Hamburgo, na Alemanha, concede-se cerca de US\$ 1.500,00 a US\$ 2.000,00 a quem aproveitar a água da chuva; este incentivo terá como retorno para o governo o controle dos picos das enchentes durante os períodos chuvosos (TOMAZ, 2003).

Hoje no Brasil, já existe a Associação Brasileira de Manejo e Captação de Água de Chuva, que é responsável por divulgar estudos e pesquisas, reunir equipamentos, instrumentos e serviços sobre o assunto (ABCMAC, 2006).

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece por meio da ABNT NBR 15527/2007 os padrões para aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis. O descarte da primeira chuva (first flush) é uma prática comumente empregada para melhorar a qualidade da água pluvial coletada. Ela baseia-se no descarte dos primeiros milímetros

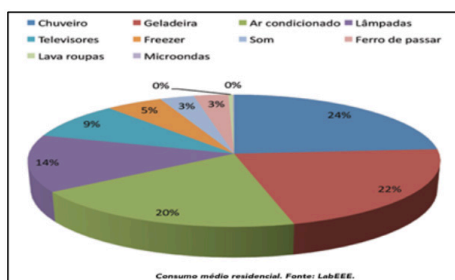
de precipitação, que contém grande quantidade de contaminantes, visto que lavam a atmosfera e a superfície de captação, carregando consigo grande parte das partículas presentes nas mesmas. No entanto, essa prática provoca a perda de grandes volumes de água que deixam de ser captados. Ademais, existe muita indefinição quanto ao volume de descarte mais apropriado, porém a recomendação mais usual é descartar 1 litro para cada m² de captação.

2.2 Energia Fotovoltaica

De acordo com os dados levantados pelo laboratório SWERA (Solar and Wind Energy Resource Assessment), pode-se constatar que o Brasil tem um potencial anual de geração fotoelétrica de $0,24993 \times 10^{11}$ KWh. No entanto, de acordo com os dados do Banco de Informações de Geração da ANEEL (BIG), o país possui uma potência outorgada de $15,12 \times 10^3$ kW, com um valor de potência fiscalizada de apenas $11,121 \times 10^3$ kW. Isto representa 0,01% da potência elétrica gerada no país (PORTAL O SETOR ELÉTRICO, 2014).

No caso do setor residencial, chama a atenção o consumo de chuveiros, sistemas de ar condicionado e geladeiras conforme indicado na figura 3.

Figura 3: Consumo médio residencial



Fonte: Portal do setor elétrico (2019)

No contexto da geração fotovoltaica de pequeno porte, a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) publicou em 2012 duas resoluções que vêm permitindo os primeiros passos no sentido de utilização de siste-

mas de geração de energia elétrica, por meio de equipamentos de geração de pequeno porte. A Resolução 482/2012 estabelece as condições gerais para o acesso de micro e mini geração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, além de fazer menção ao sistema de compensação de energia elétrica. A Resolução 502/2012 regulamenta os sistemas de medição de energia elétrica de unidades consumidoras do Grupo B, no qual se inserem os consumidores residenciais (PORTAL DO SETOR ELÉTRICO, 2019).

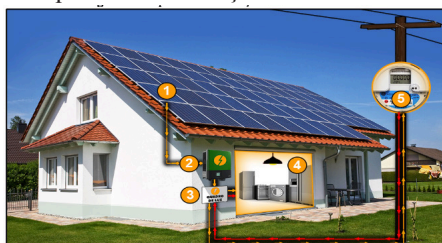
2.2.1 Sistemas fotovoltaicos

A energia do Sol pode ser utilizada para produzir eletricidade pelo efeito fotovoltaico, que consiste na conversão direta de luz solar em energia elétrica (VILLALVA & GAZOLI, 2015).

Os sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica. Essa corrente é coletada e processada por dispositivos controladores e conversores, podendo ser armazenada em baterias ou utilizada diretamente em sistemas conectados à rede elétrica (VILLALVA & GAZOLI, 2015).

A seguir será apresentado um esquema ilustrativo na figura 4, e os dispositivos utilizados (PORTAL SOLAR, 2019):

Figura 4: Esquema de instalação de um sistema fotovoltaico



Fonte:Portal Solar (2019)

1. Painéis Solares: Geram energia solar fotovoltaica reagindo com os raios solares e convertendo radiação em energia elétrica (energia fotovoltaica). Os painéis solares devem ser instalados sobre o telhado, conectados uns aos outros e então conectados no seu Inversor Solar:

2. Inversor Solar: Converte a energia solar dos painéis fotovoltaicos (Corrente Contínua - CC) em energia elétrica (Corrente Alternada - AC) que pode ser usada em sua Casa para a TV, Computador, Máquinas, e qualquer outro equipamento elétrico (item 4 da imagem).

3. Quadro de distribuição: É aonde será distribuída a energia solar para sua casa ou empresa. Quando sai do inversor solar vai para o seu "quadro de luz" e é distribuída para sua casa reduzindo a quantidade de energia que você compra da distribuidora.

4. O excesso de energia vai para a rede da distribuidora gerando créditos através do relógio de luz bidirecional. Esse relógio de luz mede a energia da rua que é consumida pela casa quando não tem sol e, a energia solar gerada em excesso quando tem muito sol e é injetada na rede da distribuidora. A energia solar que vai para a rede vira "créditos de energias" para serem utilizados de noite ou nos próximos meses.

5. Os créditos de energia são regulamentados pela ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) possuindo regras específicas que variam de acordo com a sua localização e sua classe de consumo (residência, comercial ou industrial) (PORTAL SOLAR, 2019).

2.2.2 Como conectar o sistema à rede distribuidora

Segundo Portal Solar (2019) deve-se seguir um passo a passo para instalar e conectar o seu sistema fotovoltaico à rede. Esta dentre outras questões de entendimento das normas de funcionamento são fundamentais para a avaliação da necessidade da instalação e desenvolvimento do projeto. Abaixo seguem descritas tais etapas do passo a passo de regularização.

1. Solicitação de acesso - Formulário próprio a ser encaminhada para distribuidora.

2. Emissão de parecer de acesso - A distribuidora deve emitir em até 15 dias para micro geração ou até 30 dias para mini geração.

3. Instalação do equipamento – realizar a instalação conforme apre-

sentado na solicitação após o parecer.

4. Solicitação de vistoria da instalação – solicitar a distribuidora a vistoria em até 120 dias após o parecer.

5. Visita de vistoria– acontecerá em até 7 dias após solicitação de vistoria.

6. Relatório– a distribuidora tem mais 5 dias para emitir um relatório caso sejam detectadas pendências;

7. Regularização de pendências– caso haja pendências, regularizar e solicitar nova vistoria.

8. Aprovação– a pós vistoria a distribuidora tem 7 dias para aprovar e trocar a medição acionando o sistema (PORTAL SOLAR, 2019).

2.3 Aquecimento por Boilers

Os sistemas com aquecimento por energia solar são constituídos por coletores solares, tanques de armazenamento, fonte auxiliar de energia e uma rede de distribuição de água aquecida (CAVALCANTE, 2019).

2.3.1 Coletor

O coletor é responsável pela captação e conversão de energia radiada pelo sol em calor utilizável.

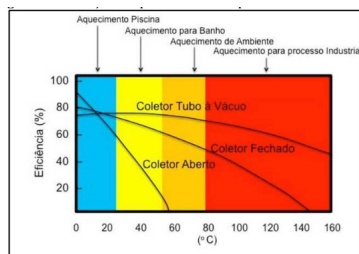
Quando os raios do sol ultrapassam o vidro da tampa do coletor, eles esquentam as aletas que são feitas de cobre ou alumínio e pintadas com uma tinta especial e escura que ajuda na absorção máxima da radiação solar. O calor passa então das aletas para os tubos (serpentina) que geralmente são de cobre. A água que está dentro da serpentina esquenta e vai direto para o reservatório do aquecedor solar (CAVALCANTE, 2019).

O número varia de acordo com a capacidade do boiler, que é o reservatório que armazena a água quente, e dependendo do tamanho de cada

coletor podem ser usadas uma ou duas placas para boilers de até 100 litros, quatro para 200 litros, e assim por diante. Como regra geral, o boiler deve ser instalado em posição superior aos coletores. Estes devem estar voltados para o norte, e sua inclinação deve ser igual ao ângulo da latitude local acrescido de 5 a 10 graus. (MARQUES. Et. Al, 2015)

Há diversos tipos de coletores, com diferentes eficiências na conversão de energia. Existe um tipo de coletor mais apropriado para cada objetivo distinto como pode ser visto na figura 5(ECYCLE, 2019).

Figura 5: Associação do tipo de coletor à respectivas finalidades



Fonte: Ecycle(2019)

2.3.2 Reservatório Térmico

O reservatório térmico é como uma caixa d'água especial que cuida de manter quente a água armazenada no aquecedor solar. Esses cilindros são feitos em inox, cobre, ou polipropileno envoltos em um isolante térmico. A maioria dos modelos de reservatório térmico vem com sistema de aquecimento auxiliar elétrico, mas podem ser fabricados com sistema auxiliar a gás ou até mesmo sem esse recurso (CAVALCANTE, 2019).

Os modelos de reservatórios térmicos (Figura 6) variam de tamanho, ou seja, o volume de água que ele é capaz de armazenar, é calculado de acordo com a demanda. No dimensionamento do aquecedor solar é preciso saber quantas pessoas vão usar o sistema diariamente, a duração média e a quantidade de banhos diários, quantos serão os pontos de uso de água quen-

te (MARQUES. Et. Al, 2015)

Figura 6: Modelo de Reservatório Térmico (Boiler)



Fonte: Soletrol (2019)

2.3.3 Circulação e funcionamento

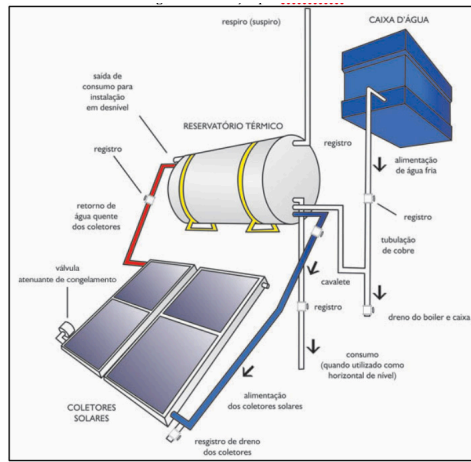
O sistema pode funcionar por termossifão (Figura 7) ou circulação forçada. O sistema de funcionamento por termossifão baseia-se em um processo natural em que a água aquecida nos coletores solares se expande e tende a subir para o reservatório térmico e provoca a circulação da água presente no reservatório para os coletores, formando o fluxo natural de circulação (PROJETEEEE, 2019).

Dessa forma, para que o sistema por termossifão funcione os coletores solares devem estar a pelo menos 30cm abaixo do reservatório. No caso de não ser possível localizar o reservatório acima dos coletores, então o sistema deve funcionar por circulação forçada, no qual é necessário o emprego de uma bomba de circulação, o que gera um maior custo e consumo energético.

O acionamento da bomba deve estar condicionado a controladores diferenciais de temperatura. Para melhor rendimento, os coletores solares devem ser orientados para o Norte verdadeiro, permitindo-se uma variação de mais ou menos 25°, o que trará uma perda de 5% no rendimento médio anual do sistema em relação à média anual. (PROJETEEEE, 2019).

A inclinação ideal dos coletores deve ser igual à latitude do local mais 10°. Nos períodos em que a radiação solar não é suficiente para o aquecimento da água é necessário o uso de uma fonte de energia auxiliar

Figura7: Circulação por termosifão



Fonte:(CAVALCANTE, 2019)

2.4 Índices Pluviométricos e térmicos no Rio de Janeiro

No Rio de Janeiro na maioria dos meses do ano existe uma pluviosidade significativa. Só existe uma curta época seca e não é muito eficaz. A média anual de pluviosidade é de 1278 mm, a diferença entre a precipitação do mês mais seco e do mês mais chuvoso é de 94 mm.

Com relação a temperatura, a média anual é de 23.2 °C variando 5.5 °C ao longo do ano, sendo o período mais quente de dezembro até março. (CLIMATE DATA, 2019).

3. INTEGRAÇÃODOS SISTEMAS

Trata-se de um grande desafio integrar os três sistemas. Sem dúvida será necessário desenvolver um projeto analisando a viabilidade, custo benefício e o impacto gerado da atuação de um sistema sobre o outro.

Segundo Melhado & Violani (1992), a partir de um bom projeto torna-se possível elaborar um planejamento e uma programação eficientes, assim

como um programa efetivo de controle de qualidade para materiais e execução.

Na opinião de Baía & Melhado (1998), o projeto constitui-se em ferramenta importante para diminuição de custos de produção, obtenção do desempenho esperado do produto, e redução da ocorrência de falhas no processo de produção e no produto, pela otimização das atividades de execução.

3.1 Análise prévia de cada sistema

Para concepção do projeto é necessário entender os prós e os contras de cada sistema.

No quadro 1, é identificado estes pontos a fim de facilitar no desenvolvimento do projeto, identificando métodos preventivos com o objetivo de vencer as dificuldades de implementação, usufruindo dos benefícios que cada método nos apresenta.

Quadro 1: Análise dos Prós e Contras de cada sistema

		Principais prós e contras	
		Prós	Contras
Reuso da água		Redução no consumo de água potável	Manter as calhas sempre limpas
		Ajuda a conter enchentes ao armazenar parte da água que, caso contrário, iria para rios e lagos diminuindo a quantidade de volume de água no esgoto durante o pico de chuva	Baixo tempo de armazenamento da água devido a proliferação de algas (causado pela deficiência de agentes químicos como cloro, flúor entre outros que inibem a atuação de micro-organismos)
		Pode ser instalado em qualquer ambiente (Rural e Urbano)	Tempo de retorno do investimento depende do consumo médio habitual, quanto maior o consumo médio, mais rápido o tempo de retorno
		Baixo custo de manutenção	
Sistema de energia elétrica fotovoltaica		Prós	Contras
		Larga vida útil	Necessário uma área útil para instalações dos painéis e sistema conversor de energia
		Baixo custo de manutenção	Alto custo de instalação com Projeto e mão de obra
		Geração de créditos junto à concessionária fornecedora de energia elétrica	Conhecimento da burocracia de instalação junto à concessionária
Sistema fotovoltaico de aquecimento da água		Prós	Contras
		Larga vida útil	Necessário uma área útil para instalações dos painéis e sistema conversor de energia
		Baixo custo de manutenção	Alto custo de instalação com Projeto e mão de obra Baixa utilização em períodos muito quentes
		Redução no consumo de energia elétrica no caso de chuveiros e torneiras	Baixa eficiência em estações chuvosas

Fonte: Adaptado de FERRAZ & SILVA (2015)

A análise de custos apresentada a seguir foi feita considerando um projeto de uma residência de aproximadamente 90m² com 2 a 4 habitantes.

3.2 Detalhamento de custos do sistema de Reuso da água

Considerando um sistema em que aproveitará o uso da água da chuva para fins não potáveis, observam-se então na tabela 1 os custos do sistema desconsiderando as instalações internas e o valor da mão de obra.

Tabela 1: Orçamento dos materiais básicos para instalação de um sistema de reuso da água da chuva

DESCRIÇÃO DO MATERIAL	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	VALOR MEDIO
filtro simples auto limpante	R\$ 80,00	R\$ 75,00	R\$ 95,00	R\$ 83,33
Filtro de captação com cloração	R\$ 150,00	R\$ 200,00	R\$ 350,00	R\$ 233,33
reservatório de 1000L tipo fortlev	R\$ 239,00	R\$ 250,00	R\$ 255,00	R\$ 248,00
boia simples de 3/4	R\$ 25,00	R\$ 35,00	R\$ 30,00	R\$ 30,00
Tubo PVC de 40mm para esgoto	R\$ 16,00	R\$ 22,00	R\$ 28,00	R\$ 22,00
Tubo PVC de 3/4	R\$ 10,00	R\$ 12,00	R\$ 14,00	R\$ 12,00
redução de 40mm para 3/4	R\$ 2,70	R\$ 3,20	R\$ 4,50	R\$ 3,47
luva soldável para rosca 3/4	R\$ 1,70	R\$ 2,00	R\$ 2,20	R\$ 1,97
Bomba de água 1CV-110V/220V	R\$ 260,00	R\$ 320,00	R\$ 395,00	R\$ 325,00
Total				R\$ 959,10

Fonte: Adaptado de Leroy Merlim (2019), C&C (2019), Casa & Vídeo (2019), Loja do Mecânico (2019)

No caso, quando se usa um sistema que distribua a água por gravidade na instalação, pode-se excluir o uso da bomba de água o que trará uma economia expressiva levando o total médio do sistema para R\$: 634,10.

3.3 Detalhamento de custo do sistema Fotovoltaico

Considerando uma instalação residencial de baixa carga e desprezando neste primeiro momento o valor da mão de obra de instalação, pode-se observar abaixo a tabela 2 o custo dos itens necessários para obter uma instalação de um sistema de energia elétrica fotovoltaica.

Tabela 2: Orçamento dos materiais para instalação do sistema de abastecimento elétrico fotovoltaico

DESCRIÇÃO DO MATERIAL	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	VALOR MEDIO
Painel solar fotovoltaico 330W - Valor Unitário x 3	R\$ 1.800,00	R\$ 1.866,51	R\$ 1.992,15	R\$ 1.886,22
Inversor Solar 3000 w	R\$ 4.299,00	R\$ 3.161,07	R\$ 3.016,24	R\$ 3.492,10
Total				R\$ 5.378,32

Fonte: Adaptado de Neosolar (2019); Americanas (2019); Submarino (2019)

3.4 Detalhamento de custo do sistema de aquecimento por Boilers

Ao optar pela instalação de um sistema de aquecimento simples podem-se verificar os custos abaixo na tabela 3 desconsiderando as instalações internas e o valor da mão de obra.

Tabela 3: Orçamento dos materiais para a instalação de um sistema de aquecimento da água por boilers

DESCRIÇÃO DO MATERIAL	VALOR 1	VALOR 2	VALOR 3	VALOR MEDIO
Boiler 600L inox	R\$ 1.900,00	R\$ 1.780,00	R\$ 217,66	R\$ 1.299,22
coletor solar fechado de cobre 1x1m	R\$ 356,40	R\$ 466,70	R\$ 407,52	R\$ 410,21
Total				R\$ 1.709,43

Fonte: Adaptado de Solaresol (2019), Americanas (2019), Extra (2019)

4. RESULTADOS PRÁTICOS

4.1 Energia fotovoltaica

Foi adotado como consumo médio de energia elétrica, para efeito desse estudo, o valor de 300 KWh, também determinado pela porcentagem de consumidores apresentados na pesquisa do PROCEL (2007). Como os valores da curva diária nem sempre possuíam o consumo médio diário, necessário para um consumo mensal de 300 KWh estas curvas também foram ponderadas.

Baseando-se que um painel solar fotovoltaico citado na tabela 2 do item 3.3 produz até 1KWh por dia em sua produção máxima dependendo das condições climáticas e condições de instalação gerando assim uma economia máxima de 30kw/mês por painel com garantia superior a 15Anos (PORTAL ENERGIA, 2015).

Baseando-se no custo do KWh fornecido pela concessionária, com um valor médio de 0,80 centavos por KWh já incluso as tarifas de ICMS, PIS e COFINS, neste cenário um painel fotovoltaico iria gerar uma economia máxima de $(30 \text{ kw/mês} \times \text{R}\$:0,80) = \text{R}\$: 24,00$, sendo que para efeito de cálculo foi utilizado três placas fotovoltaicas gerando uma economia máxima total de $(90 \text{ kw/mês} \times \text{R}\$:0,80) = \text{R}\$: 72,00$ por mês, (Consumindo 300 KWh a $\text{R}\$: 0,80 = \text{R}\$: 240,00$ com uma economia de $\text{R}\$: 72,00 = \text{R}\$: 168,00$). Na perspectiva anual a economia seria de $\text{R}\$: 874,00$ com um período de retorno de 6 anos desprezando os custos de mão de obra e instalação. (LIGHT, 2019).

Para estimativas mais precisas sobre economia e tempo de retorno, deverá ser feito um estudo sobre as condições da instalação elétrica, (no caso de ser pré-existente), as dificuldades físicas de posicionamento dos painéis, a incidência solar no local onde o sistema será instalado levando em consideração a geração de energia elétrica reduzida em dias chuvosos, no período de inverno, entre outros fatores climáticos consideráveis.

4.2 Reuso de água

O consumo médio de água em uma residência é na ordem de 200 L/HAB/DIA, com grandes oscilações podendo chegar até 600 L/HAB/DIA. Conforme figuras 1 e 2 do item 2.1, podemos observar que o consumo de água ao destino não potável é estimado em cerca de 65% do consumo diário. Em uma residência com o consumo mensal de 15m^3 sabendo-se que 65% são estimados para fins não potáveis poderia ter uma economia máxima de $9,7 \text{ m}^3$ dependendo das condições climáticas, porém o valor tarifário da concessionária é o mesmo. Para que a economia represente valor e tempo de retorno o consumo deverá ser mais alto que 15m^3 e o fornecimento da concessionária ser menor que 15m^3 . Exemplo: Uma residência com consumo mensal de 30m^3 economizaria com o sistema de reuso até $19,5\text{m}^3$ utilizando apenas $10,5\text{m}^3$ da concessionária e pagando a taxa mínima. (CE-

DAE, 2019)

Para estimativa da quantidade de água em m³ gerada pelo sistema de reuso, deverá ser feito um estudo sobre a precipitação anual da região em que o sistema será instalado

4.3 Aquecimento por boilers

O sistema de aquecimento por boilers trará uma redução no consumo de energia uma vez que a fonte de aquecimento auxiliar for usada com menor frequência possível ou que seja utilizada a fonte a gás ou que não se utilize fonte auxiliar. A economia no consumo e o tempo de retorno serão relativos ao período de inverno, onde seriam utilizadas as resistências elétricas de chuveiros e lavatórios. Exemplo: No caso de usar o chuveiro 5 vezes ao dia por aproximadamente 15 minutos durante 4 meses seriam aproximadas 150 horas de uso, supondo um chuveiro de 4.500W de potência equivaleriam a aproximados 675KW de economia durante estes 4 meses. Considerando o valor do KW de R\$: 0,80 equivaleriam a uma economia aproximada anual de R\$: 540,00 (considerado os 4 meses de inverno) gerando um tempo mínimo de retorno de aproximadamente 3 anos e meio desprezando os custos de mão de obra e instalação. (LIGHT, 2019).

Para estimativas mais precisas sobre economia e tempo de retorno, deverá ser feito um estudo sobre as dificuldades físicas de posicionamento dos painéis, a incidência solar no local onde o sistema será instalado levando em consideração a absorção de calor pelos painéis reduzida em dias chuvosos, no período de inverno, entre outros fatores climáticos consideráveis.

O grande vilão desse sistema será a condição climática do Rio de Janeiro no inverno, uma vez que poderá não haver radiação solar suficiente para aquecimento do volume de água demandado.

Neste artigo foi estudada a integração de três sistemas, com o objetivo de buscar uma economia referente aos gastos no uso de água para fins não potáveis e energia elétrica, através dos sistemas de reuso de água, energia fotovoltaica, e aquecimento da água através de boilers.

Em uma residência unifamiliar no Rio de Janeiro a integração dos três sistemas não representa expressiva viabilidade devido ao fato da condição climática no período de inverno desfavorecer o sistema de aquecimento por Boilers. Em contrapartida integrar os sistemas de reuso de água e geração de energia elétrica a partir de placas fotovoltaicas se mostra uma alternativa bastante favorável, visto que os índices pluviométricos e de radiação solar do Rio de Janeiro são elevados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. Legislação. 2012. BIG. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br>>. Acesso em: 05 de abril de 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa N°482. 2012. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/cedoc/bren2012482.pdf>>. Acesso em: 24 Abril 2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Resolução Normativa N°502. 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012502.pdf>>. Acesso em: 24 Abril 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CAPTAÇÃO E MANEJO DE ÁGUA DE CHUVA –ABCMAC. Relatório sobre a oficina Avanços nos Estudos Sobre Cisternas: Qualidade de Água e Cisterna tipo Alambrado. Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, 2006. Disponível em: <http://www.abcmac.org.br/files/downloadsrelatorio_sobre_13_ircsc_australia.pdf>. Acesso em: 11 de abril de 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT-NBR15527. Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. São Paulo, 2007.

BAÍA, J. L.; MELHADO, S. B. A implantação de um sistema de gestão da qualidade em empresas de arquitetura. São Paulo, EPUSP, Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, BT/PCC/221. 1998.

BERNIERI, R. T.; DOS SANTOS, C. V.; SEVERO, E. A.; GUIMARAES, J. C. F. Dispositivo de Captação e Filtragem para o Reuso da Água da Chuva: A Percepção da Aplicação em Residências no Sul do Brasil. Espacios. Vol. 35 (Nº 12), pág.18, 2014.

CARDOSO D.C. Aproveitamento de Águas Pluviais em Habitações de Interesse Social – Caso: “Minha Casa Minha Vida”. Feira de Santana-BA, 2010.

CASA DICAS. Aquecedor Solar para chuveiros e torneiras. 2019. Disponível em: <<https://www.casadic.com.br/ud/aquecedor-solar-para-chuveiro-e-torneiras-vantagens-e-desvantagens.html>>. Acesso em: 12 de maio de 2019.

CAVALCANTE, KLEBER G. Aquecimento da Água por Energia Solar. 2019. Disponível em: <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/aquecimento-agua-por-energia-solar.htm>. Acesso em 16 de dezembro de 2019.

CEDAE. Concessionária de água e esgoto. 2019. Disponível em: <<https://www.cedae.com.br/tarifas>>. Acesso em 3 de novembro de 2019.

CLIMATE DATA. Sistema de consulta climatológico. 2019. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/rio-de-janeiro/rio-de-janeiro-853/>>. Acesso em 16 de dezembro de 2019.

ECYCLE. Aquecimento solar de água: entenda variações e funcionalidades dos tipos de sistema. 2019. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/component/content/article/69-energia/3510-sistema-solar-fotovoltaico-aquecimento-agua-banho-poupanca-energeticacomofunciona-isolante-gas>

-eletrico-componentes-diferencas-coletores-fechados-abertos-tubulares vacuo-instalacao-consumo-meio-ambiente-impactos-ambientais-emissoes.html. Acesso em: 29 de março de 2019.

ELEKT SOLAR. Energia solar fotovoltaica. 2019. Disponível em:<<https://elektsolar.com.br/energia-solar-fotovoltaica-vantagens-e-desvantagens>>. Acesso em: 12 de maio de 2019.

FERREIRA, B. M. G; SÁ R. P. R. Aplicação não convencionais de Energia Solar Fotovoltaica. Porto, 2003. Disponível em: <<https://web.fe.up.pt/~ee01113/RelatoriodeEstagio.pdf>>. Acesso em 18 de março de 2019.

FILHO, J.M. Estudo Sobre a Utilização de Energia Solar no Brasil para Uso Residencial. Bauru-SP, 2014.

FERRAZ, M. F. A.; SILVA, E. M. Estudo de Viabilidade de um Sistema de Tratamento para Reutilização de Água em Finalidades Domiciliares Diversas. Santa Maria, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/reget/article/view/17648>>. Acesso em 10 de maio de 2019.

GARDNER, T.; COOMBES, P.; MARKS, R. Use so Rainwater at a rango f scale in Australianurbanenvironments.2004. Disponível em: <<http://www.eng.Newcastle.edu.au/~cegak/Combes/RainwaterScale.htm>>. Acesso em: 29 de março de 2019.

GUIMARÃES, D. C. O Impacto da aplicabilidade de tecnologia de placa fotovoltaica voltada para residência familiar usando prospecção tecnológica. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão (SE), 2016. Disponível em: https://ri.ufs.br/bitstream/riufs/3431/1/DAIANE_COSTA_GUIMARAES.pdf. Acesso em 18 de março de 2019.

LIGHT. Concessionária de energia elétrica. 2019. Disponível em<<https://www.light.com.br>>. Acesso em 03 de novembro de 2019.

MARQUES, M. L. A. P.; SILVA, A. F.; ARAUJO, J. E. Q.; QUEIROZ, T. H. S.; ALMEIDA, I. D. A.; MARINHO, A. A. Aquecimento de água por meio de captação de energia Solar: Programação para orçamento de sistema de aquecimento. 2014. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/index>.

php/fitsexatas/article/view/876/754. Acesso em 16 de dezembro de 2019.

MELHADO, S. B.; VIOLANI, M. A. F. A qualidade na construção civil e o projeto de edifícios. São Paulo, EPUSP. Texto Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil, TT/PCC/02. 1992.

PORTAL ENERGIA. Qual tempo de vida útil real dos painéis solares fotovoltaicos. 2015. Disponível em: <<https://www.portal-energia.com/qual-o-tempo-de-vida-util-real-de-um-painel-solar/>>. Acesso em 16 de dezembro de 2019.

PORTAL SOLAR. Sistema fotovoltaico: como funciona a energia Solar. 2019. Disponível em: <https://www.portalsolar.com.br/sistema-fotovoltaico--como-funciona.html>. Acesso em 29 de março de 2019.

PORTAL O SETOR ELÉTRICO. Legislação, políticas públicas e desafios para a instalação de sistemas fotovoltaicos e termossolares. 2014. Disponível em: <<https://www.osetoreletrico.com.br/energia-solar-no-brasil>>. Acesso em 10 de maio de 2019.

PROCEL. Pesquisa de posse de equipamentos e hábitos de uso: ano base. PROCEL – ELETROBRAS, 2007.

PROJETEEE – Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. 2019. Disponível em: <<http://projeteee.mma.gov.br/equipamento/equipamentos-solares-sistema-de-aquecimento-solar-de-agua>>. Acesso em 10 de maio de 2019.

SPRICIGO, R.; TESTON, L. Casa sustentável garante eficiência energética. 2009. Disponível em: <http://antiga.cotidiano.ufsc.br/index.php?option=com_content&view=article&id=463%3Acasa-sustentavel&Itemid=58>. Acesso em 18 de março de 2019.

TERPSTRA, P. M. J. Sistemas sustentáveis de uso da água: modelo para a utilização sustentável da água doméstica em áreas urbanas. Tecnologia da Ciência da Água, v. 39 n. 5, p. 65-72, 1999.

TSUTIYA, M. T. Abastecimento de água. 2. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.

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

VILLALVA, M. G. e GAZOLI, J. R.; Energia Solar Fotovoltaica. Conceitos e Aplicações. São Paulo: Editora Érica Ltda. 2ª Edição,p 11, 2015.

ZAMPIERON M., LUCIA S.; VIEIRA A.; LUIS J. Poluição da água. 2007. Disponível em: [http:// educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt5.html](http://educar.sc.usp.br/biologia/textos/m_a_txt5.html). Acesso em 29 de março de 2019.