



PAINÉIS FOTOVOLTAICOS COMO FONTE DE ENERGIA NO APROVEITAMENTO DE ÁGUA DA CHUVA PARA USO RESIDENCIAL¹

Ciências para a sustentabilidade

Eliane Signor Ampese²

Mari Aurora Favero Reis³

Agostinho Serrano⁴

Resumo:

A gestão de recursos hídricos, para diferentes fins de uso, é fator fundamental devido aos problemas ambientais e sociais relacionados ao uso da água, buscando o desenvolvimento sustentável. O objetivo desta pesquisa foi desenvolver um estudo de viabilidade para sistema de captação e uso de água pluvial em coberturas de edificações residenciais, utilizando bomba elétrica provida de energia solar fotovoltaica no bombeamento da água. Após buscas de dados para a revisão bibliográfica e pesquisa de tecnologias existentes no mercado, foram realizados os cálculos de dimensionamento para a cisterna e potência da bomba para painéis fotovoltaicos. Na análise de dados coletados foram priorizadas as análises qualitativas, a partir dos materiais proporcionados pelos representantes das empresas fornecedoras das tecnologias na região e normativas regulamentadoras. Posteriormente, em planilha no Excel foram organizados os dados realizando a composição para os kits, bem como a pré-avaliação do custo/benefício. O sistema de captação de água de chuva e o sistema de energia solar fotovoltaica devem proporcionar resultados satisfatórios para os usuários, sendo os principais deles a conservação de energia e a economia de água. Concluímos que existem tecnologias disponíveis no mercado que podem maximizar o uso dos recursos naturais, como é o caso do uso da água da chuva, na construção civil. E, projetos dessa natureza podem contribuir para a sustentabilidade ambiental nas edificações.

Palavras Chaves: Energia Fotovoltaica; Águas da chuva; Residencial; Engenharia Civil.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil a sustentabilidade e conservação de recursos naturais como água e energia elétrica ainda é pouco aplicada nos processos para a construção civil. Uma das alternativas para a sustentabilidade está no uso de águas pluviais, por meio de cisternas, principalmente para uso em vasos sanitários, regas, limpeza de calçadas e outros processos. E, a outra, se refere à geração da energia solar, através do efeito fotovoltaico em placas de silício, na geração de energia elétrica para ser utilizado diretamente no bombeamento da água, para maior aproveitamento dos recursos naturais. Na construção civil esta prática vem sendo uma

¹ Projeto financiado por Fundo de Apoio a Pesquisa (FAP) e CAPES.

² Bolsista FAP; Acadêmica do Curso de Engenharia Civil na UnC. E-mail: eliane_engcivil@yahoo.com.br

³ Doutoranda pelo Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (ULBRA). Atualmente, é professora de física na Universidade do Contestado. E-mail: mariaaurorafavero@gmail.com

⁴ Doutor em Física pela Universidade de São Paulo (USP). Professor do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Luterana do Brasil (PPGECIM – ULBRA).

E-mail: asandraden@gmail.com



necessidade em novas edificações, buscando a sustentabilidade em condomínios, que muitas vezes é pré-requisito na aprovação do projeto.

Com este propósito realizamos em 2015 uma pesquisa para o uso combinado entre essas duas tecnologias a fim de viabilizar o uso de uso de água na Universidade do Contestado (AMPESE; REIS, 2015). A pesquisa foi realizada com objetivo desenvolver estudo de viabilidade técnica para uso da energia solar fotovoltaica em bombas elétricas para recalque em sistema de captação de água pluvial coletada em coberturas de edificações residenciais. E, no ano seguinte, os resultados foram apresentados em trabalho de conclusão do curso (TCC), com a finalidade de atribuir à acadêmica deste trabalho o título de Bacharel em Engenharia Civil.

A justificativa é que a escassez de água se tornou um problema mundial, atingindo pessoas em todo Planeta, especialmente onde a quantidade e a qualidade dos recursos hídricos se esgotam. Almeida (2011) já estimava que cerca de 262 milhões de pessoas que enfrentavam escassez de água e considerava que em 30 anos a população mundial seja de aproximadamente oito bilhões de pessoas e, nesse cenário, é muito provável que o número de indivíduos com falta d'água aumente para aproximadamente 3 bilhões. E, se for considerada a demanda hídrica para suprir esse aumento populacional, considerando aumento na produção de alimentos e energia, o crescimento no consumo será de modo exponencial.

Atualmente, a preocupação gira em torno do que deve ser feito para que a água seja melhor utilizada, de forma a garantir o abastecimento para as atividades humanas e industriais. Uma das soluções para o problema seria a adoção de estratégias no sentido de reduzir o consumo de água. Nesse sentido, uma das propostas é o uso de águas residuais, uma solução que já vem sendo adotada em vários países. No entanto, a reutilização de águas não é algo simples, pois a prática do uso requer uma série de cuidados quanto à qualidade da água e sua destinação.

A sustentabilidade no uso de água para fins residenciais comumente requer o uso de energia elétrica para o seu bombeamento. Neste caso a energia, para esse processo, pode ser obtida por geração fotovoltaica, utilizando diretamente a radiação solar. Sendo assim, o uso desta tecnologia permite a geração de energia de forma sustentável, apresentando-se como uma solução para os problemas energéticos da atualidade.



2. REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

No estudo bibliográfico optamos por contemplar sobre funcionamento e uso de tecnologias pertinentes às áreas de estudo da pesquisa. Inicialmente será apresentada a fundamentação sobre o uso da energia solar fotovoltaica, utilizada no bombeamento da água. Em seguida, a fundamentação sobre a captação de águas pluviais e o devido armazenamento em cisternas.

Energia Solar

Na sociedade moderna, um ser humano não sobrevive sem energia, seja ela nas suas mais diversas formas. A necessidade de busca para fontes renováveis e limpas de energia, somada a oferta de novas tecnologias tem impulsionado o uso de energia solar. Dentre as fontes alternativas ou renováveis de energia, a proveniente do Sol destaca-se devido à abundância do recurso. As primeiras observações do efeito fotoelétrico remontam ao início do século XIX, a partir de obras de Alexandre Edmond Becquerel, Heinrich Hertz, Wilhelm Hallwachs e Joseph John Thomson; a teoria que melhor explica o fenômeno foi esclarecida por Albert Einstein em 1905 (DEMMING, 2010). O efeito fotovoltaico mais utilizados são produzidos por semicondutores de silício, que apresentam algumas propriedades importantes, entre elas o aumento da condutividade na presença da luz, fenômeno esse conhecido como fotocondutividade (JENKINS, 2005).

As primeiras células solares fotovoltaicas foram utilizadas na geração de energia elétrica para os satélites que orbitam nosso planeta, sendo que em aplicações terrestres eram economicamente inviáveis e, com a evolução nas tecnologias de produção, tornaram-se acessíveis (RÜTHER, 2004). Na superfície terrestre, inicialmente as células fotovoltaicas eram utilizadas para fornecer eletricidade nos locais em que não se contemplava a distribuição da eletricidade pela rede pública. A indústria fotovoltaica cresceu rapidamente e, junto à possibilidade de uso integrado na rede (sistema *on-grid*), vem a possibilidade do uso da tecnologia em edificações e usinas de geração em mega escalas.

A tecnologia fotovoltaica, responsável por transformar diretamente a energia solar em energia elétrica, é hoje uma fonte promissora e representativa na matriz energética global. A Energia Solar Fotovoltaica é cada dia mais utilizada em suprir insuficiências na produção por métodos convencionais de geração de eletricidade. Vivemos em um período em que problemas ambientais se agravam e as matérias primas se esgotam, de modo que não é mais



possível tolerar a utilização irracional das fontes convencionais de energia obtidas a partir do nosso meio ambiente. Consequentemente, a exploração desenfreada dos recursos naturais pode tornar instável a harmonia do nosso sistema ecológico e, ocorrendo esse fato, a recuperação desse sistema será praticamente impossível (DEMONTI, 1998).

Uso de Água

A crença que os recursos naturais eram infinitos e que deles poderia se usufruir despreocupadamente, contribuiu para problemas na sustentabilidade ambiental. Fato este marcado pelo forte desperdício dos recursos naturais, entre eles a água. A fim de garantir a sustentabilidade, a ONU Brasil propõe, no Objetivo 6, assegurar a disponibilidade e gestão sustentável da água e saneamento para todas e todos. Nesse objetivo, um dos tópicos ganha destaque na coleta de água:

Até 2030, ampliar a cooperação internacional e o apoio à capacitação para os países em desenvolvimento em atividades e programas relacionados à água e saneamento, incluindo a coleta de água, a dessalinização, a eficiência no uso da água, o tratamento de efluentes, a reciclagem e as tecnologias de uso (ONU, [s.d.], p. 6.6.a)

Dependendo da região do Brasil, existe em abundância a água da chuva, o que fez despertar o interesse pela sua utilização. “O aproveitamento de água de chuva não pode receber o termo reuso de água de chuva e nem chamado de reaproveitamento” (TOMAZ, 2007, p. 02). O autor sugere que o termo reuso seja usado somente para água que já foi utilizada em diferentes fins. Para o aproveitamento da água da chuva Tomaz sugere que “a demanda ou consumo é a média a ser utilizado para fins não potáveis num determinado tempo (anual, mensal ou diário)” (2007, p. 04). Portanto, o uso da água da chuva não substitui o uso da água tratada, uma vez que propomos a água de chuva a ser usada para fins não potáveis.

3. METODOLOGIA

Inicialmente, com uso de planilha eletrônica Excel, foram realizados os cálculos de dimensionamento do sistema de painéis fotovoltaicos, da dimensão da cisterna e potência da bomba para fins residencial. As variáveis a serem consideradas no dimensionamento do reservatório foram: (a) Áreas de captação (superfície do telhado); (b) Demanda de água



necessária; (c) Avaliação de sistemas para bombeamento a partir da energia solar; (d) Regime pluviométrico com base nos índices meteorológicos local; (e) Custos totais de implantação (mão de obra). Portanto, os cálculos de dimensionamento do sistema de painéis fotovoltaicos, capacidade da cisterna e potência da bomba levaram em consideração os cálculos de quantidade de água a ser captada para uso residencial e necessidade de consumo.

Na posse dos cálculos foi realizada a pesquisa de mercado, onde foram pesquisadas informações junto a fornecedores, através de tomada de preços nas empresas que atuam em cada segmento da pesquisa, especialmente as que são representantes em Concórdia e região. Essa etapa da pesquisa foi facilitada em função de que a autora principal da pesquisa é proprietária de um estabelecimento comercial de materiais de construção. Portanto, os dados coletados em diferentes segmentos, no período de 2015 a 2016, foram analisados de modo a priorizar a análise qualitativa a partir dos documentos e informações apresentadas por representantes e fornecedores de equipamentos.

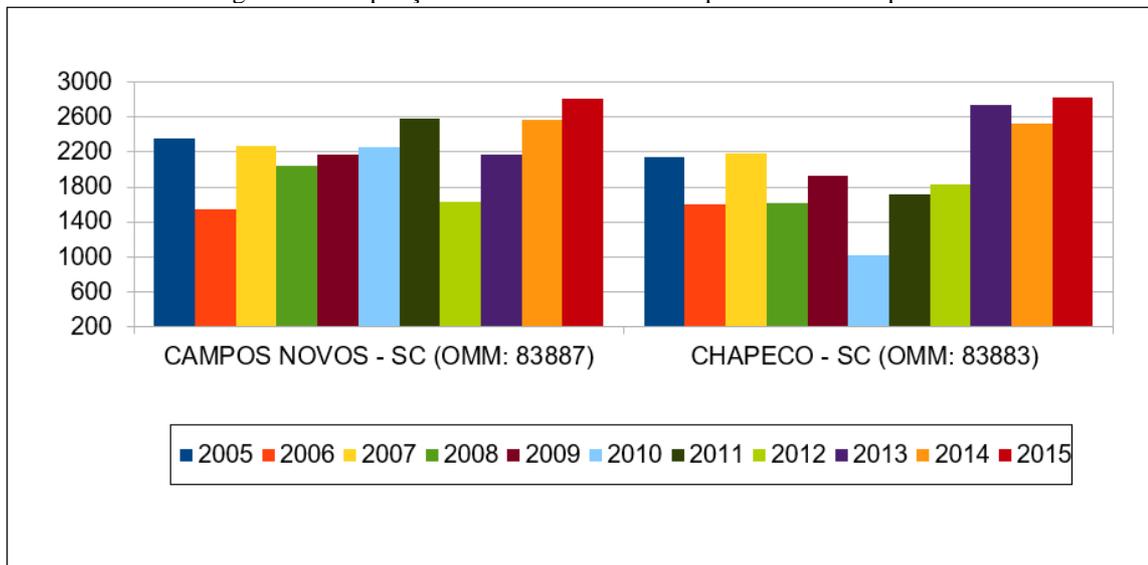
4. RESULTADOS

Resultado dos Índices Pluviométricos

Os dados diários das precipitações ocorridas nos últimos 10 anos (2005 a 2015) foram organizados e apresentados nos gráficos a seguir (Figura 1), através das estações automáticas meteorológicas (MAPA, 2016), foram sendo as cidades de Campos Novos e Chapecó as mais próximas à região de Concórdia onde são coletados dados em estação automática.



Figura 1: Precipitação cidades referência Campos Novos e Chapecó.



Fonte: A pesquisa (2016).

A partir do gráfico é possível verificar que a média dos índices pluviométricos no período foi de 2440mm/ano para o município de Campos Novos e de 2213mm/ano para o município de Chapecó, no período estudado (2005 a 2015). Os dados demonstraram ser viável o aproveitamento desse recurso hídrico em nossa região.

Resultado no Dimensionamento da área coletada em função do consumo.

Conforme relatado, foi considerado para esse estudo a água de chuva necessária para usos não potáveis, assegurando assim a potabilidade para consumo. Para fins potáveis na água da chuva é recomendável um tratamento mais complexo. Por conta disso, essa prática torna-se alternativa viável apenas onde não há a alternativa de abastecimento com água tratada.

Para avaliar a capacidade da cisterna é necessário saber quantidade de água necessária para essa residência e os índices pluviométricos local. Nesta pesquisa utilizamos estudos tiveram origem dos recursos do IBGE (2008), onde indicam o consumo médio per capita em Santa Catarina, que é de aproximadamente 0,18 m³/dia (180 litros/dia), considerando o uso para fins potáveis e não potáveis. A partir desse dado estimamos o consumo mensal familiar para uso geral (Tabela 1).



Tabela 1: Capacidade da cisterna associado ao consumo de água familiar.

Número de pessoas	Familiar médio diário SC (ℓ/d)	Média mês SC (ℓ/mês)	Capacidade prevista para a cisterna (m ³)
Até 2	360	10800	5
3	540	16200	10
4	720	21600	15
5	900	27000	20
6	1080	32400	20

Fonte: A pesquisa (2016).

Como estamos considerando que a água da chuva será utilizada apenas para fins não potáveis, essa demanda pode ser reduzida. Por conta disso, estimamos que a cisterna poderá ter capacidade significativamente inferior aos registros apresentados na tabela. Em relação à área de telhado utilizada na coleta, utilizamos a NBR 10844 (1989) que indica o uso de fórmulas específicas para cada modelo de telhado. Entretanto, para este trabalho simulamos a área mínima estimada para captação, considerando os índices médios pluviométricos locais (203,33mm³/mês). O cálculo para estimar a área de cobertura necessário ocorreu a partir da seguinte equação:

$$A (m^2) = \frac{\text{Capacidade da cisterna (litros)}}{\text{Média de precipitação (mm}^3\text{)}}$$

Com a equação e dados apresentados na tabela anterior considerando os volumes de água, originados a partir dos índices pluviométricos da região, foi possível simular para cada caso a área mínima necessária para captação da água da chuva (Tabela 3).

Tabela 2: Área mínima estimadas para captação na região estudada.

Número de pessoas	Capacidade da cisterna (Litros)	Precipitação média mês (mm ³)	Área de cobertura estimada (m ²)
3	5000	203,33	24,59
4	10000	203,33	49,18
5	15000	203,33	73,77
6	20000	203,33	98,36

Fonte: A pesquisa (2016).

Na pesquisa foram também avaliadas informações para a instalação na obra como: a vasão nas calhas, tipos (subterrâneas e tipo caixa) e formato de cisternas (vertical ou horizontal) para diferentes condições de terreno. Também foi avaliado algumas possibilidades de filtro, ou seja, informações relevantes para a composição de um projeto.



Resultados na montagem do kit solar

A partir de catálogos disponibilizados por fornecedores, foram avaliados os materiais e equipamentos para fazer a constituição dos kits (bomba com recalque e painel solar fotovoltaico), foram avaliados (custo, benefício e possibilidades) para maior facilidade e acessibilidade dos interessados na sua utilização. Entre os critérios avaliados, optamos pela qualidade dos produtos, praticidade de instalação (diminuindo o custo de mão-de-obra) e facilitando a manutenção do sistema.

Tabela 3: Resultado da análise qualitativa dos catálogos de fornecedores.

FORNECEDOR	TECNOLOGIA	DEMANDA/MODELO
Fornecedor A	Bombas solares (bombas acoplada a painel solar fotovoltaico)	100, 130 e 170 W
Fornecedor A	Kits (painéis com bomba)	50, 70 e 140 W
Fornecedor S	Kit Shurflo (bombas acoplada a painel solar fotovoltaico)	8000,9325,2088
Fornecedor F1	Cisterna Horizontal	5.000 L
Fornecedor F2	Cisterna Vertical	5.000L
Fornecedor F3	Kit instalação conexões completo	Cisterna
Fornecedor F4	Kit filtro completo	Único
Fornecedor F5	Caixas de água em polietileno	5.000,7.500, 10.000, 15.000, 20.000 L

Nota: foram selecionados os que trabalham com kits.

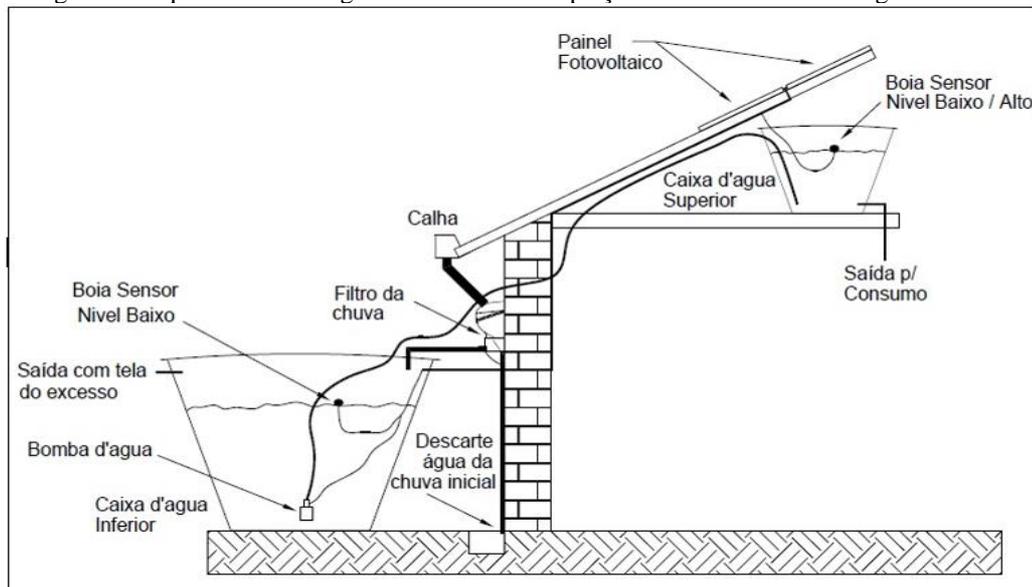
Fonte: A pesquisa (2016).

Portanto, para a tecnologia fotovoltaica, verificamos que são encontrados Kit com Painel Fotovoltaico e bomba acoplada para diferentes potências e necessidades em recalque, viabilizando o uso nos diferentes contextos. O kit mais compatível contém uma bomba solar, que funciona mesmo com pequena irradiação solar, contendo 1 Bomba, 1 *driver* e 2 painéis (2 x 55 = 100W de potência). Esta bomba solar hidráulica possui tecnologia que proporciona maiores vazões com baixas potências e bombeamento independente das flutuações do nível de irradiação solar, esta bomba funciona sempre com 2 painéis em série.

Utilizando todas as informações coletadas foi possível montar um esquema ilustrativo para a montagem e instalação do sistema (Figura 4). Este pode ser alterado dependendo das características do terreno, da residência ou da insolação no telhado. Os painéis fotovoltaicos, sobre o telhado, poderiam ser instalados em outro local, caso a edificação não apresente as características desejadas como: ângulo de inclinação ou posicionamento para o norte geográfico.



Figura 2: Esquema de montagem do sistema de captação e uso residencial de água de chuva



Fonte: (AMPESE; REIS, 2015)

5. CONCLUSÃO

O planejamento do sistema (captação, armazenamento e bombeamento), bem como acesso com fornecedores de equipamentos, foram os elementos que possibilitaram a montagem de um modelo autônomo e viável de instalação do sistema de captação e uso residencial de água da chuva. A coleta de dados que possibilitaram mensurar os índices pluviométricos da região foi essencial, pois os dados coletados nas estações meteorológicas automáticas mostram que a quantidade da água da chuva na região é favorável para instalação do sistema de captação e uso residencial, conforme relatado neste trabalho.

Existem maneiras conhecidas de se captar a água da chuva, uma delas é aproveitando do telhado da edificação. O dimensionamento do telhado permite que se observe características propostas na ABNT como, porosidade, inclinação e estado de conservação, a fim de fatores fundamentais para a boa escoação da água. E, para o armazenamento da água, verificou-se que há uma variedade de modelos, formatos e tamanhos de cisternas disponíveis no mercado, possibilitando que seja adequada a instalação em diferentes situações e condições na obra.

Quanto à escolha do kit solar, composto pela bomba para recalque e painel solar fotovoltaico, levando em conta os custos/benefícios para o cliente, foram avaliados prezando



pela qualidade do material e eficiência da tecnologia. Neste quesito foi observada a existência de Kit prontos composto por bomba acoplada a Painel Fotovoltaico, podendo ser disponibilizados pelos fornecedores da região, com fácil instalação e manutenção para cada demanda de consumo e para diferentes volumes de água.

A pesquisa nos possibilitou concluir que o uso de energia solar em bombas para recalque da água da chuva é plenamente viável em nossa região, uma vez que existem tecnologias e recursos que viabilizam a implantação. Essa conclusão foi importante para mudanças na sustentabilidade da construção civil na região e na atuação da acadêmica, que hoje é representante e fornecedora das tecnologias em um estabelecimento comercial para a construção civil, no interior do estado de Santa Catarina.

REFERÊNCIAS

- ABNT. Instalações prediais de águas pluviais. **NORMATÉCNICA**, p. 13, 1989.
- ALMEIDA, R. G. DE. Legal aspects for water reuse. **Revista Vértices**, v. 13, n. 2, p. 31–43, 2011.
- AMPESE, E. S.; REIS, M. A. F. **Estudo de viabilidade para uso de painéis fotovoltaicos no bombeamento de água pluvial a ser armazenada em cisternas na universidade do contestado**. V SIPEX (UnC). Anais...Mafra SC: 2015
- DEMMING, A. Solar harvest. **Nanotechnology**, v. 21, n. 49, p. 490201–490201, dez. 2010.
- IBGE. **Pesquisa Nacional de Saneamento Básico**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Indicadores_Sociais/saneamento_basico_2008/tab024.zip>. Acesso em: 10 maio. 2016.
- JENKINS, T. A brief history of . . . semiconductors. **Physics Education**, v. 40, n. 5, p. 430–439, 2005.
- MAPA. **Estação Meteorológica de Observação de Superfície Automática**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 20 maio. 2016.
- ONU. **Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 2 jun. 2018.
- RÜTHER, R. **Edifícios solares fotovoltaicos: o potencial da geração solar fotovoltaica integrada a edificações urbanas e interligada à rede elétrica pública no Brasil**. Florianópolis - SC: Editora UFSC / LABSOLAR, 2004.
- TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva de telhados em áreas urbanas para fins não potáveis**. 6^o Simposio brasileiro de captação e manejo de água da chuva. Anais...2007