

Projeto Integrado para Uso de Recursos Naturais em Residências Rurais

Área Temática de Meio Ambiente

Resumo

Este trabalho tem a finalidade de reunir elementos que possibilitem a elaboração de um projeto visando aperfeiçoar, adequar e reduzir o consumo de energia proveniente de fontes convencionais. O objetivo é a implementação de novos princípios construtivos, através de novas tecnologias adaptáveis ao meio ambiente e ao poder aquisitivo das populações. Visamos inicialmente atender a população rural com a construção de uma unidade habitacional. O projeto do protótipo subdivide-se em: Arquitetônico, onde foram levados em conta princípios de adequação climática para melhorar o desempenho térmico e uma maximização da utilização da energia solar; Hidráulico, com duas preocupações principais, o aquecimento de água pela energia solar e o aproveitamento de água pluvial; Elétrico, conta com um sistema fotovoltaico para conversão de energia solar em elétrica. O resultado esperado é o desenvolvimento de residências de baixo custo com características de autonomia energética e sustentabilidade, com a utilização de equipamentos. A ênfase do trabalho com certeza está direcionada para a auto-sustentabilidade de uma residência. O desafio era tornar a casa totalmente auto-suficiente, devido a não existência de infra-estrutura pública. Acredita-se, que ao adotar pelo menos alguns desses recursos, já se viabilizaria uma unidade qualitativa, reduzindo os efeitos causados pelo homem na natureza.

Autores

Profª Drª. Miriam Jeronimo Barbosa
Prof Dr Aron Lopes Petrucci
Profª Drª Sandra Cesário Pereira da Silva
Prof. Dr. Carlos Henrique Gonçalves Treviso
Prof. MSc. José Roberto Hoffmann
Aluno Rodolfo Toledo Rafael

Instituição

Universidade Estadual de Londrina - UEL

Palavras-chave: auto-sustentabilidade; sustentabilidade; autonomia

Introdução e objetivo

O projeto da residência em questão chama a atenção devido a sua auto-suficiência. Pelo fato de estar situada numa área que não possui a disponibilidade dos serviços públicos de água, esgoto e eletricidade. Assim, através de uma concepção inovadora, com uma visão voltada para o meio ambiente, foi desenvolvido um protótipo capaz de controlar e gerir suas próprias fontes energéticas e serviços. Não se trata de construir uma casa tentando proteger a natureza (ela mesmo se autoprotege), mas de organizar nela a sustentabilidade da presença humana. O objetivo foi utilizar materiais e tecnologias facilmente disponíveis, reciclar os resíduos gerados e viabilizar atividades de baixo impacto ambiental.

A elaboração desse projeto executivo prevê como principal elemento captador de recursos naturais uma cobertura em estrutura de madeira, sendo protegida por telhas cerâmicas convencionais, composta por duas águas que coletam a água da chuva. A água coletada é armazenada em tanques (cisternas com capacidade bem superior à utilizada

diariamente). Esta cobertura, não garante apenas a captação de água, mas também, é onde serão instaladas as placas coletoras solares, que por sua vez, foi projetada uma série de placas solares. A energia captada é utilizada para o aquecimento da água e geração de eletricidade. Os resíduos de esgoto gerados são pré-tratados assim que lançados num sistema de fossa séptica, minimizando o impacto sobre o seu entorno.

A forma arquitetônica regula a ventilação, as temperaturas e a entrada de luz, permitindo maior eficiência térmica, o que proporciona aos futuros moradores um nível de bem estar satisfatório durante a quase totalidade das distintas estações climáticas atuantes na região.

Por tratar-se da concepção de uma residência, na qual é esperado o máximo aproveitamento das fontes naturais, faz-se necessário um grande estudo de compatibilização entre os sistemas energéticos que serão implantados, resultando na elaboração de um projeto que integre tais sistemas sem que haja conflitos construtivos durante a implantação do experimento, nem tão pouco, no decorrer de seu uso.

Inclui-se ainda no quesito de compatibilização de projetos, o sistema de captação, armazenagem e distribuição de água pluvial. Este sistema, por sua vez, é responsável pela ocupação de grande parte do espaço físico da residência, sendo de vital importância, sua correta locação, princípio que otimiza o uso do coletor.

A) Objetivo geral: Elaborar o projeto de um protótipo com a condição de verificar a integração dos diversos sistemas de aproveitamento dos recursos naturais, a fim de apurar os pontos críticos, buscando uma otimização de seu rendimento no uso residencial.

B) Objetivos específicos:

Integrar dois sistemas de captação de energia solar em um espaço delimitado, sendo um para o aquecimento de água e o outro para a alimentação elétrica.

Projetar um sistema de captação, armazenagem e distribuição das águas provenientes das chuvas, para fins onde não necessite ser perfeitamente potável (descargas, regas, etc.).

Padronizar um projeto para residências de baixo custo, com a implantação dos sistemas acima mencionados.

Revisão bibliográfica

A) Introdução

Crises energéticas tornaram-se uma desagradável companhia nos dias de hoje, provocando não só perdas materiais, mas também, grandes transtornos no cotidiano de qualquer sociedade. Para tentar minimizar ou até mesmo acabar com essa incômoda situação, busca-se desenvolver novas tecnologias adaptáveis ao ambiente, que sejam economicamente atrativas, e possam ser executados com materiais renováveis e não poluentes, preservando o conforto da habitação, sem agredir a natureza.

Este trabalho refere-se à concepção de uma residência com características de autonomia energética e sustentabilidade, na qual serão aplicadas técnicas para o aproveitamento das fontes de energias alternativas (naturais), sendo necessário a elaboração de um projeto que integre tais sistemas sem que haja conflitos construtivos durante a implantação do experimento, nem tão pouco, no decorrer de seu uso.

A residência é de baixo custo, utiliza equipamentos para captação, armazenamento e distribuição de energia solar para aquecimento de água e geração de energia elétrica, considerando inclusive o reuso da água da chuva.

A preocupação com o conforto ambiental vem desde a concepção do projeto arquitetônico, envolvendo todas as características climáticas locais.

O projeto arquitetônico considera princípios de adequações climáticas, melhorando o desempenho térmico. A forma otimiza o sistema de captação de energia solar e água da chuva. As paredes e a cobertura são de materiais e espessuras tais que atendem os limites estabelecidos de transmitância térmica. A orientação, forma, disposição e dimensão das

aberturas atendem aos limites estabelecidos para obter uma ventilação adequada ao clima. Os painéis da cobertura foram localizados de forma a dar apoio aos elementos captadores de energia solar mantendo-os na orientação adequada para maximizar a exposição à radiação solar. A disposição interna proposta, minimiza as perdas de energia no armazenamento e na distribuição.

B) Aquecedores Solares

Segundo Waelz (2002), as seguintes orientações são de vital importância no bom aproveitamento da energia solar: a direção e a inclinação do telhado, com pelo menos uma das águas devendo estar, sempre que possível, direcionada ao Norte Verdadeiro, com desvio máximo, seja à direita ou à esquerda (Leste ou Oeste), de 45°. A inclinação do telhado deveria ser aproximadamente igual a da latitude local. Pode-se superar esta inclinação em até 10 graus, melhorando a eficiência do equipamento no período de inverno.

A correta posição de implantação dos coletores solares e do reservatório visa a obtenção de uma boa circulação natural da água no circuito coletores - reservatório térmico (evitando-se o uso de custosa moto-bomba), o reservatório deve estar acima do nível das placas. Quanto maior este desnível, melhor a eficiência do sistema. A exigência mínima é que a diferença das cotas que caracterizam o fundo deste reservatório e a da linha horizontal que divide o coletor ao meio seja igual ou superior a 50 cm

O projeto de aproveitamento de energia solar para aquecimento de água, justifica-se pelo fato de que a viabilização do sistema de conversão de energia solar em elétrica, não comporta a existência de aparelhos consumidores de alta potência, como é o caso do chuveiro elétrico.

Uma vez abolido tal dispositivo, a melhor alternativa é a utilização de um sistema de aquecimento solar, solução bastante tradicional, porém, com um problema: os aquecedores solares são dotados de resistência elétrica em seu reservatório, que entra em ação em momentos nos quais não há radiação solar suficiente para aquecer o volume de água consumida. Assim, como não seria possível a utilização de energia elétrica sob alta potência, o sistema de aquecimento solar é auxiliado pelo aquecedor a gás (GLP).

C) Águas Pluviais

Seu aproveitamento destina-se a uma série de usos domésticos, como descargas em bacias sanitárias ou rega de plantas e jardins, não há necessidade de utilização de água potável, sendo perfeitamente aceitável a utilização de águas pluviais.

D) O Sistema Fotovoltaico

O projeto para conversão de energia solar em elétrica, conforme Treviso (2002), utiliza a irradiação que atinge a superfície da terra chegando até 1000W/m², sendo que os atuais sistemas fotovoltaicos possuem uma eficiência inferior a 14%, ou seja, com um painel solar de 1m² consegue-se produzir aproximadamente 140 watts.

Por outro lado, os custos das células solares que há dez anos custavam em torno de U\$100,00/watts, hoje são disponíveis comercialmente por preços variando de U\$10,00 a U\$30,00 por watts.

Esta redução substancial no preço impulsionou o interesse em sistemas de fornecimento de energia elétrica baseados no aproveitamento da energia solar por ser uma fonte energética limpa, sem agressão ao meio ambiente e com custo de manutenção praticamente nulo. Considerando-se os custos de implantação do sistema, pode-se afirmar que o custo relativo predominante refere-se ao painel solar e ao módulo inversor. O regulador de carga e o banco de baterias de carga apresentam custos relativos inferiores aos demais componentes.

No caso dos painéis solares, a tecnologia utilizada em seu processo de fabricação determina seu preço final, sendo que a disponibilidade de painéis com custos reduzidos dependem de pesquisas científicas aplicadas. Por outro lado, a redução dos custos destes

sistemas pode ser conseguida a partir da escolha adequada de um projeto de um módulo inversor que atenda às necessidades do usuário a um preço mais acessível. O sistema fornecerá energia para: refrigerador, TV, rádio, luzes, etc, cuja potência global não ultrapasse a potência do inversor.

Conforme Nogueira (2002), a diferença dos sistemas solares para aquecimento de água para os sistemas fotovoltaicos é que estes, não utilizam calor para produzir eletricidade, mas, produz eletricidade diretamente dos elétrons liberados pela interação da luz do sol com certos semicondutores. Esta energia é confiável e silenciosa, pois não existe movimento mecânico. O movimento dos elétrons forma eletricidade de corrente direta.

Um sistema fotovoltaico completo consiste de um painel ou um módulo conectado a um inversor que converte a eletricidade de corrente direta em corrente alternada que é compatível com o sistema da rede elétrica. Baterias poderão ser incluídas no sistema para prover um sistema totalmente independente da rede elétrica ou de emergência em caso onde a rede elétrica interrompa o serviço de energia elétrica por motivos diversos.

Com o objetivo de desenvolver uma consciência construtiva e de concepção de projeto que perceba o ambiente construído como um todo, desenvolvemos essa residência, que tem seus diversos sistemas relacionados a seguir, neste trabalho.

E) Aquecedor solar de baixo custo

O ASBC, desenvolvido pelo laboratório da Sunpower, foi escolhido como possível sistema a ser implantado no presente trabalho por apresentar características satisfatórias e viáveis de aplicação.

E.1) Apresentação

O uso deste tipo de aquecedor solar se justifica pelo seu baixo custo inicial, tanto seus materiais como a mão-de-obra empregada na sua instalação é de fácil acesso à classe mais humilde da sociedade. Além disso, seu desempenho é equivalente aos sistemas tradicionais de aquecimento de água.

E.2) Princípios de operação

Segundo a Sunpower (2002), seis fatores cooperam no Brasil para a criação de um aquecedor solar de custo menor:

1 – Temperatura:

O Brasil é um país de altas temperaturas médias diárias, mesmo no inverno, facilitando o uso de coletores simplificados, semelhantes aos coletores solares de piscinas, que podem aquecer água de banho acima de 40°C.

2 – Iluminação Solar:

O Brasil recebe ao longo do ano, farta iluminação solar bem distribuída por todos os meses. Esta característica da irradiação solar permite o uso pleno do aquecedor, reduzindo o prazo de retorno do investimento nele realizado.

3 – Pressão da água:

A casa brasileira tem caixa de água, opção pouco usual em outros países. A norma é o envio direto da água de rua à distribuição doméstica. A água que vem da rede pública é de alta pressão. Logo toda a rede doméstica, assim como um eventual reservatório térmico para água quente também teria esta pressão. A presença de uma caixa de água no forro de uma casa é sinônimo de baixa pressão, tanto para a rede interna quanto para o reservatório térmico, fatores importantes para a operação econômica do ASBC.

4 – Dutos de PVC:

Esta tecnologia tem abrangência e uso nacional, pela sua simplicidade e baixo preço. Face às baixas temperaturas esperadas no pré-aquecimento solar da água de banho, o PVC é um complemento importante do ASBC.

5 – O chuveiro elétrico:

A absoluta maioria das casas brasileiras tem o chuveiro elétrico ao contrário do que se vê em outras nações, onde a água é aquecida com aquecedores a gás de passagem. Este chuveiro pode ser utilizado como aquecedor de apoio para os dias em que o tempo não permitir elevar a água até a temperatura desejada de banho, isto a um custo praticamente nulo, pois ele já é parte integrante do lar brasileiro.

6 – Estratificação:

Segundo a Sunpower (2002), este fenômeno da física não está ligado a características típicas brasileiras, mas é de importância para a simplificação do projeto do ASBC. A água quente é mais leve do que a água fria, fenômeno que permite a estratificação da água, isto é, permitindo que a água quente permaneça flutuando na parte superior de uma caixa de água. Daí a pergunta, porquê não usar a caixa de água fria como portadora de uma camada de água quente?

Esta separação de água quente e fria se mantém enquanto não houver movimentação (turbulência) da água na caixa. Ao longo do tempo, mesmo sem turbulência, por um processo chamado de difusão, o calor da parte superior da caixa irá sendo lentamente entregue à parte inferior, terminando com uma completa homogeneização da temperatura das massas de água.

2.6 – Sistema fotovoltaico

Conforme Treviso (2002), o nome Fotovoltaico vem da palavra Foto que quer dizer luz e volt que é uma medida de grandeza da eletricidade. A conversão da luz em eletricidade é feita pelas células fotovoltaicas, pequenas lâminas delgadas recobertas por uma camada de décimos de milímetro de um material semicondutor, como o silício. Quando as células são expostas a uma fonte de luz, nesse caso o Sol, os fótons (partículas de luz) excitam os elétrons do semicondutor.

Com a energia absorvida dos fótons, os elétrons passam para a banda de condução do átomo criando uma corrente elétrica. As células são depois agrupadas para formar os painéis solares.

A maior utilização em larga escala acontece na Califórnia, Estados Unidos, onde foram implantadas centrais elétricas fotovoltaicas pioneiras de grande porte.

O Brasil dispõe de energia fotovoltaica desde 1978, quando a Telebrás importou a tecnologia solar para eletrificar uma de suas estações retransmissoras no interior de Goiás. Embora todo o país tenha um clima propício ao uso da energia fotovoltaica, a Região Nordeste é a que melhor se adapta a sua aplicação, por ter muito sol brilhando e deficiência de energia instalada.

O tamanho do telhado para acomodar o sistema FV depende da capacidade geradora. A maioria dos sistemas residenciais requer 5 metros quadrados para um sistema pequeno, podendo chegar entre 50 a 100 metros quadrados para prover a quantidade total de eletricidade consumida pela residência. Sistemas comerciais são geralmente bem maiores. Considere a área de 1 metro quadrado equivalente a 100 watts para estimativa, quando utilizando módulos de silício cristalino ou policristalino.

Enquanto o sistema FV pode ser instalado em qualquer telhado, alguns tipos de telhados são mais simples e fáceis de trabalhar. O telhado que possui as células fotovoltaicas integradas já é encontrado no mercado Norte Americano e pode ser um bom candidato para o mercado Brasileiro.

Vários são os fatores que influenciam a escolha do tamanho do sistema FV. Para iniciar, avalie o quanto o seu sistema FV deverá suprir no seu consumo elétrico atual. A sua conta elétrica mostra o seu consumo mensal ou diário nas unidades de KWh. Um sistema FV de 2KW (2000 Watts) produzirá em média 7 KWH diários na região sul do Brasil.

O sistema de geração de energia da casa é constituído por um conjunto fixo de painéis fotovoltaicos de silício policristalino.

Esse conjunto de painéis fixos deve ser instalado no telhado, junto aos painéis coletores para o aquecimento de água.

São agrupados em ligações em série de quatro painéis cada, conseguindo-se uma tensão de 48 Volts CC (corrente contínua).

Os grupos-série de painéis são então ligados em paralelo, completando o conjunto de painéis fixo com potência total de cerca de 1450 W.pico.

Os painéis fotovoltaicos foram orientados para o norte e possuem inclinação correspondente à latitude da cidade de Londrina.

Projeto do protótipo

A) Elaboração do projeto

Por tratar-se de um projeto de compatibilização de tecnologias, o primeiro passo no desenvolvimento do trabalho foi a escolha dos sistemas para o aproveitamento dos recursos naturais adicionados ao protótipo, embasado pela revisão bibliográfica feita anteriormente, definiu-se os equipamentos e materiais a serem utilizados, podendo então, dar início ao dimensionamento para supressão da demanda e posterior elaboração dos projetos executivos em ambiente gráfico computacional.

Para um melhor entendimento, dividiu-se o projeto em três partes principais: Arquitetônico, Hidráulico-Sanitário e Elétrico.

B) Projeto arquitetônico

O projeto arquitetônico foi concebido considerando princípios de adequação climática para melhorar o desempenho térmico e adequar o uso e a forma ao sistema de captação de energia solar de forma que:

1- As paredes e cobertura são de materiais e espessuras tais que atendem os limites estabelecidos de transmitância térmica para o clima local.

2- A orientação, forma, disposição e dimensão das aberturas estão atendendo aos limites estabelecidos para obter a ventilação adequada ao clima.

3- Os painéis da cobertura foram localizados de forma a dar apoio aos elementos captadores de energia solar mantendo-os na orientação adequada para maximizar a exposição à radiação solar.

4- A disposição interna também foi rearranjada para minimizar as perdas de energia no armazenamento e na distribuição.

5- As alturas de laje e cobertura são definidas em função da disposição do aparato captador, distribuidor e armazenador de energia do sistema considerado.

C) Projeto hidráulico

O sistema hidráulico ajusta-se ao objetivo proposto através de dois pontos principais:

1 – Aquecimento de água:

Para que possa ser viabilizado o sistema de conversão de energia solar-elétrica, é necessária que não existam aparelhos consumidores de alta-potência, como é o caso do chuveiro elétrico.

Uma vez abolido tal dispositivo, resta, dentro do proposto, como melhor alternativa, a utilização de sistema de aquecedor solar, solução bastante tradicional que esbarra, no entanto, no seguinte inconveniente: os aquecedores solares são dotados de resistência elétrica em seu reservatório, que entra em ação em momentos nos quais não há radiação solar suficiente para aquecer o volume de água demandada.

Assim, como posto acima, não seria possível a utilização de energia elétrica sob alta potência, optou-se na utilização de um sistema de aquecimento solar com auxiliar a gás (GLP), conforme esquema apresentado na figura a seguir.

O arranjo proposto não constitui inovação conceitual, uma vez que já vem sendo comercializado por algumas empresas e adotado por alguns projetistas. No entanto, foi o aquecedor escolhido para ser parte integrante do projeto. A partir do croqui acima, temos

idéia de como se dá o efeito de termo-sifão através dos desníveis adotados no momento de sua implantação.

Para poder locá-lo no protótipo, antes foi feito o dimensionamento de suas partes (reservatório e placas), o que nos conduziu aos seguintes resultados:

Área de captação dos raios solares é igual a $2,3\text{m}^2$, que para maior facilidade construtiva foi dividida em três partes menores, resultando em placas de $1,25\text{m} \times 0,62\text{m}$.

Para suprir a demanda de uma família de quatro integrantes, concluiu-se que o reservatório de 180L seria suficiente.

2 – Reuso de águas pluviais

Para uma série de usos domésticos, como descargas em bacias sanitárias ou rega de plantas e jardins, não há necessidade de utilização de água potável, sendo perfeitamente aceitável a utilização de águas pluviais.

O arranjo proposto, embora clássico em alguns países, ainda carece de maiores estudos quanto a:

- tamanho ideal de reservatórios;
- técnicas de tratamento preliminar;
- sistemas de controle;
- segurança de utilização.

D) Projeto Elétrico

O projeto elétrico tem como principal foco o sistema de conversão de energia solar para energia elétrica, partindo do princípio de que se trata de uma fonte energética abundante e limpa.

A irradiação solar que atinge a superfície da terra chega até $1000\text{W}/\text{m}^2$, sendo que os atuais sistemas fotovoltaicos possuem uma eficiência inferior a 14%, ou seja, com um painel solar de 1m^2 consegue-se produzir aproximadamente 140 watts.

De acordo com demanda inicial, o sistema foi projetado para fornecer energia para cargas tais como: refrigerador, TV, rádio, luzes, etc, cuja potência global não ultrapasse a potência do inversor.

No entanto, o dimensionamento do sistema não está apenas vinculado a demanda, mas, outro fator de fundamental importância e interferência no cálculo é a restrição do espaço físico para a locação dos painéis na cobertura. Depois de feitas estas considerações, concluiu-se que o sistema contaria com uma área de coleta de $9,5\text{m}^2$ dividido em sete placas de $1,35\text{m}^2$. Esse aparato é capaz de produzir em média 3,5 KWh na região de Londrina, suprimindo a demanda de projeto.

Para sua perfeita execução, esse estudo sobre a parte elétrica foi finalizado com os seguintes projetos executivos.

Conclusões

O presente trabalho foi finalizado através de um projeto residencial de baixo custo, embora utilize tecnologias consideradas, ainda hoje, caras. Através da padronização e ampla divulgação desse projeto executivo, espera-se que o custo da edificação caia substancialmente, tornando-se realidade para o público que realmente foi o alvo desde o começo desse trabalho.

Vale ressaltar que a maior dificuldade encontrada durante o desenvolvimento foi o fato não termos um amplo espaço para a locação dos sistemas dentro da residência, necessitando, além de uma perfeita integração entre os sistemas, a diminuição da capacidade de alguns dos equipamentos como, por exemplo, o número menor de placas fotovoltaicas, garantindo apenas o consumo atual, sem qualquer reserva para futuros aumentos de cargas ou

paradas para manutenção. No entanto, o resultado é avaliado como satisfatório, uma vez que, conseguiu-se elaborar um projeto que garanta a sustentabilidade de uma residência por meio de fontes naturais.

A ênfase do trabalho com certeza está direcionada para a auto-sustentabilidade de uma residência. Ele mostra-se como exemplo, estabelecendo preocupações atuais e necessárias dentro de uma visão holística. O desafio era tornar a casa totalmente auto-suficiente, devido a não existência de infra-estrutura pública. Acredita-se, que ao adotar pelo menos alguns desses recursos, já se viabilizaria uma unidade qualitativa, reduzindo os efeitos causados pelo homem na natureza.

Referências bibliográficas.

BARBOSA, M.J. Aplicação de tecnologias integradas de conforto térmico, utilização de águas pluviais e energia solar em edificações destinadas a moradia de trabalhadores rurais. Londrina, 2002. Projeto de extensão em desempenho de edificações. Universidade Estadual de Londrina.

PROCOBRE. A energia solar na arquitetura. São Paulo, 2003. Manual técnico do programa Pró-Solar para aquecimento de água.

WOELZ, A. Aquecedores solares em habitações populares. São Paulo, 2001. Minuta de norma técnica, Versão IV.

ARZOUMANIAN, P.B. Sol y Arquitectura. Barcelona, 1981. Editorial Gustavo Gili S.A.

VALE, B. y R. La Casa Autonomo – Diseño y planificación para la autosuficiencia. Barcelona, 1981. Editorial Gustavo Gili S.A.

CABIROL, T.; PELISSOU, A.; ROUX, D. El Calentador Solar de Água. Barcelona, 1978. Cia Editorial Continental S.A.

a) www.sunpower.com.br, ASBC (aquecedor solar de baixo custo), conteúdo pesquisado em julho/2003.

b) www.procobrebrasil.org, Manuais técnicos e catálogos de produtos, conteúdo pesquisado em julho/2003.

c) www.energiasolarnatv.com.br, Manuseio de sistemas de energia solar, conteúdo pesquisado em julho/2003.

d) www.cumulus.com.br, Catálogos de produtos, conteúdo pesquisado em julho/2003.

e) www.heliodinamica.com.br, Sistema de coletor fotovoltaico, conteúdo pesquisado em agosto/2003.