



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
TEMA 2015
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



Aquecimento de Água por Captação de Energia Solar, com Materiais de Baixo Custo: um projeto sustentável

Jane da Cunha Calado
jadehera@hotmail.com
UNINOVE

Célia Aparecida Fudaba Cúrcio
celia.curcio@gmail.com
UNINOVE

César Augusto Simões Pereira
cesar.lab@uninove.br
UNINOVE

Luestherparlen Silvério
luestherparlen@yahoo.com
UNINOVE

Miriam Maria de Oliveira
miriamoliveira48@yahoo.com.br
UNINOVE

Resumo: O objetivo deste artigo é descrever os estudos sobre os elementos técnicos relevantes, ações estratégicas e métodos para produção e conservação de energia limpa, com a utilização de materiais de construção sustentáveis e de baixo custo final. A proposta consiste em construir uma placa de aquecimento solar com reservatório térmico em que o coletor solar desenvolvido seja capaz de aquecer água suficiente para banhos de 10 minutos - considerando, no mínimo, 4 banhos diários. A análise dos produtos comumente utilizados para baratear o sistema de aquecimento despertou interesse em materiais alternativos que atendam as normatizações do Inmetro e ABNT-NBR. A placa de Policarbonato utilizada no desenvolvimento do protótipo do projeto alcançou resultados mais efetivos, pois atingiu temperaturas elevadas no aquecimento de água e apresentou as propriedades físico-químicas e mecânicas adequadas às exigências da normatização. O projeto prevê quatro etapas de um semestre cada. Os testes realizados até a segunda etapa do projeto apresentaram resultados satisfatórios no que se refere a eficiência térmica e economia no consumo de energia elétrica. Nas próximas duas etapas deste estudo serão realizadas as aferições para mensuração da quantidade de energia elétrica economizada com o uso da água aquecida pela placa coletora. O sistema será aprimorado para adequação ao modelo comercial exigido pelo mercado.

Palavras Chave: Energia Limpa - Coletor Solar - Aquecimento de Água - Placa Coletora - Eficiência Térmica



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGeT
SIMPOSIUM DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
— 18ª 2015 —
Organização de Recursos e Desenvolvimento



1. INTRODUÇÃO

A forte demanda da sociedade para o enfrentamento dos desafios na utilização de recursos hídricos e energéticos, relacionada à crescente concentração da população nos centros urbanos exigiu nova postura e consciência do indivíduo como disseminador de mudanças e hábitos, criando um novo paradigma no desenvolvimento e na utilização de processos ambientalmente sustentáveis e a sua implementação promove benefícios amplos para toda a sociedade, sem que isso comprometa a capacidade de suprir as necessidades das futuras gerações pelo esgotamento dos recursos não renováveis.

O projeto propõe um estudo abrangente voltado a conservação de energia com a utilização de materiais de construção sustentáveis e de baixo custo final; com o tema: "Aquecimento de água por irradiação solar - utilização em habitações populares", propôs uma releitura dos projetos já existentes, buscando entender sua construção e desenvolvimento e aperfeiçoá-lo.

O objetivo é desenvolver alternativas inovadoras, de baixo custo, voltadas a excelência no desempenho ambiental como fator de competitividade e desenvolvimento econômico e social, dentro das exigências da ABNT-NBR e Inmetro e que atenda as especificidades do projeto e espera-se atingir a interface entre a sustentabilidade e a inovação tecnológica em que o coletor solar desenvolvido seja capaz de aquecer água suficiente para, pelo menos, quatro banhos diários de 10 minutos cada e apresente redução significativa nos gastos energéticos, suprimindo a demanda das habitações populares.

O coletor solar convencional requer a instalação de um boiler (aquecedor de água elétrico), reservatório térmico, tubulação de cobre e placa solar; o alto custo desses elementos inviabilizou a continuidade do projeto nestes parâmetros, por não atender o pré-requisito de "projeto baixo custo" para atender habitações populares.

Surgiu, então, a ideia de construir um boiler para aquecimento da água, contudo, trata-se de um processo muito trabalhoso, que demandaria muito tempo no desenvolvimento e elaboração e não apresentaria as conformidades da normatização, além de postergar o projeto inicial; esse fator foi decisivo na desistência da construção.

Esses entraves iniciais foram propulsores na pesquisa por materiais alternativos que atendessem as normatizações do Inmetro e ABNT - NBRs e apresentassem propriedades físico/ químicas e mecânicas adequadas às exigências do projeto. As pesquisas se encaminharam para a utilização de princípios da eletrônica para se alcançar os elementos construtivos com a funcionalidade desejada.

2. REGISTRO DE DADOS

Os alunos desenvolveram um DATALOG exclusivo para o projeto, o qual permite acompanhar as variações de temperatura da água e do ambiente, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento, além de monitorar quaisquer alterações, em tempo real, 24 horas por dia.

O DATALOG é um equipamento montado a partir de 4 multímetros capazes de medir escala de temperatura em décimos de graus Celsius e apresenta desvio padrão de 0,3°C entre eles; possui um painel central que registra as informações e, por ser expansivo, caso haja necessidade de aferição de outros dados é possível ampliar a quantidade de leitores.

Esse equipamento foi conectado a um software de captura de imagens com quatro microcâmeras dispostas estrategicamente para os pontos de interesse: uma para o painel de leitura contínua dos registros de dados; uma para a placa solar; uma para o céu (identificando



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGET
SIMPOSIUM DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
— 18ª 2015 —
Organização de Recursos e Desenvolvimento



qualquer fator que provoque instabilidade e justifique alterações significativas na leitura de dados, como por exemplo: nuvens, chuva, etc.) e uma para observação da circulação do entorno (câmera de segurança).

Uma lâmpada de led ilumina continuamente o display de leitura do registro de dados; para coleta e armazenamento das informações de leitura feitas pelo DATALOG, um computador com dois HDs e capacidade de armazenamento de 430GB está interligado ao sistema.

As leituras dos dados (temperatura da água e do ambiente) são controlados por sensores LM35 encapsulados para isolamento dos terminais e que transmitem ao DATALOG central todas as informações em tempo real. O parâmetro de medição é a escala em miliVolt (mV) do multímetro (onde 1°C equivale a 10mV), o sensor funciona como termômetro e a leitura apresenta escala de graduação em °C.

O LM 35 é um componente eletrônico de precisão a base de silício, um sensor de temperatura com diferença de potencial calibrado para medição de temperatura em processos eletrônicos e, quando acoplado a um multímetro digital converte miliVolts em Graus Celsius. Apresenta saída de tensões linear relativa a temperatura em que foi alimentada por uma tensão de 4-20Vdc e GND, com sinal de saída de 10mV para cada °C. Não necessita calibração externa; tem saída com baixa impedância, tensão linear e calibração inerente precisa. O tipo de encapsulamento varia de acordo com a aplicação dada ao sensor. Os sensores fazem aferições em quatro pontos do sistema coletor: temperatura externa (ambiente); temperatura da água dentro do reservatório; temperatura interna à placa; temperatura de saída do reservatório (chuveiro).

A preocupação com o controle de temperatura da água no reservatório baseou-se num estudo realizado por Ríspoli *apud* Warmedam (1998) que identificou a presença da bactéria Legionella Pneumophila (responsável por um tipo grave de pneumonia - existem 39 tipos diferentes de bactéria, sendo 19 tipos nocivos ao homem) comumente encontrada em sistemas de aquecimento e sua sobrevivência e proliferação ocorre em águas aquecidas; o estudo aponta que em águas aquecidas a 60°C a bactéria sobrevive por 3 minutos; a 70°C sobrevive por 8 segundos, porém, se o aquecimento for inferior a 40°C ela sobrevive por até 2h, período suficiente para ocorrer a contaminação.

3. SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

Compõe-se de uma caixa de alumínio fechada por vidro na parte superior, para permitir a penetração da radiação solar em seu interior; esse sistema cria condições de absorção de energia solar incidente.

A placa para circulação de água fica interna à caixa e absorve a radiação solar; a radiação infravermelha, que é a mais aproveitada no aquecimento. A radiação solar é absorvida para o interior sendo parte refletida e outra parte absorvida pela placa, retendo o calor e contribuindo para o aumento da temperatura interna da caixa (semelhante ao efeito estufa). A água fria que circula através da placa é aquecida pelo calor aprisionado na caixa e retorna ao reservatório térmico por convecção, reiniciando o mesmo ciclo.

A caixa foi construída com perfis de alumínio de 60x25mm, nas medidas 1000x1500mm, fixada com rebites e vedada internamente com selante silicone para vidro e alumínio; a base em chapa de zinco de 0,5mm foi fixada e vedada da mesma maneira e pintada com tinta spray preto fosco; a placa de aquecimento na medidas 860x1400mm foi embutida na caixa e fixada nas extremidades (superior esquerda e inferior direita) para ajuste



28 - 29 - 30
de OUTUBRO

XII SEGeT
SIMPOSIUM DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
— 18ª 2015 —
Organização de Recursos e Desenvolvimento



da tubulação de entrada de água fria e saída de água quente. No fechamento da caixa foi utilizada uma chapa de vidro de 4mm de espessura nas medidas 1000x1500mm e vedado com selante de silicone de vidro e alumínio de cura acética.

A fixação da placa no telhado é feita por um suporte triangular nas medidas 1300x950x950mm; o material utilizado é o perfilado chapa 17 modular, galvanizado, perfurado, para que seja adaptável a qualquer tipo de telhado e apresente maior resistência à corrosão; com ângulo de inclinação da placa, que atendem as especificações. Os perfis estruturais formados a frio são produzidos conforme ABNT-NBR 6355-2012, nas especificações: Comercial: aços SAE 1008-1012. A fixação da base será definida em conformidade com o telhado em que for feita a instalação, (SPRENGER, 2007).

Os estudos foram realizados em placas solares construídas com três tipos diferentes de materiais: placa de cobre, placa de PVC e placa de Policarbonato.

4. PLACAS DE AQUECIMENTO SOLAR

4.1. PLACA DE COBRE

Constitui-se de canos de cobre dispostos paralelamente para absorção do calor, instalados em uma caixa de alumínio ou inox e fechados por vidro. Os canos de cobre são produzidos de acordo com a ABNT-NBR 13206, os tubos de cobre são rígidos, sem costura, fabricados pelo processo de extrusão e calibrados; são acoplados com conexões por soldagem e para instalação em sistemas hidráulicos é indispensável observância a NBR 15345 - Instalações em cobre e NBR 7198 E NBR 5626 - Instalação de água quente e fria, conforme especificações do fabricante ABRAVA.

Denominação: Cobre Fosforoso DHP

Densidade: 8,94g/cm³

Condutibilidade Térmica a 20°C: 292,41 kcal/h.m.°C

Calor Específico a 20°C: 0,092 kcal/kg.°C

Coefficiente de Expansão Térmica: 17x10⁻⁶K⁻¹

Módulo de Elasticidade: 12.000 kgf/mm²

Módulo de Rigidez: 4.500 kgf/mm²

Valores referenciais baseados na CDA. Apesar de apresentarem boa resistência a corrosão.

Vantagens:

- Suporta temperaturas elevadas, até 220°C;
- Manutenção pode ser feita em períodos mais longos.

Desvantagens:

- Elevado custo do material e instalação;
- Requer instalação especial: solda, lixamento, revestimento;
- Em temperaturas superiores a 220°C a solda pode se soltar;
- Precisa de revestimento térmico para conservação da temperatura;
- Necessita de aterramento para prevenção de descargas elétricas na tubulação e no sistema;
- A tubulação oxidada não pode ser recuperada, sendo necessária a substituição;
- Estudos apontam que o excesso de cobre no organismo podem contribuir no aparecimento do Mal de Alzheimer

4.2. PLACA DE PVC



28 · 29 · 30
de OUTUBRO

XII SEGeT
SIMPOSIUM DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
— 18ª 2015 —
Organização de Recursos e Desenvolvimento



Os tubos para condução da água aquecida também estão dispostos em paralelo, mas não podem ser instalados em caixas fechadas, como no caso do cobre, pois o material PVC não suporta as altas temperaturas internas à caixa; o CPVC (copolímero vinílico) que é recomendável pela resistência a altas temperaturas, suporta até 80°C, sendo necessário o uso de válvula térmica para temperaturas superiores. A instalação das conexões é feita por 'soldagem a frio' (adesivo plástico nas bolsas de conexão e pontas dos tubos), conforme especificações do fabricante AQUATHERM;

Pressão Máxima: 6,0 kgf/cm² ou 60 m.c.a.

Temperatura: até 80°C

Coefficiente de Dilatação Térmica Linear: $6,12 \times 10^{-5} \text{C}^{-1}$

Condutividade Térmica do CPVC: $9,6 \times 10^{-5} \text{cal.cm/cm}^2.\text{s.}^\circ\text{C}^*$

* (número de calorías por segundo que atravessa uma placa de 1cm de espessura e 1cm² de área, quando a diferença de temperatura entre as faces é de 1°C).

ABNT-NBR 15884-2010: Policloreto de Vinila Clorado

NBR 7198: Projeto e execução de instalações prediais de água quente.

Vantagens:

- Facilidade de manuseio;
- Custo do produto e instalação pouco inferior ao do cobre;
- A instalação das conexões é feita por adesivo plástico;
- Não necessita de aterramento.

Desvantagens:

- Temperatura máxima atingida (CPVC) de 80°C;
- Tubulação de PVC não suporta aquecimento;
- Precisa de revestimento térmico para conservação da temperatura;
- Sua disposição em paralelo não abrange toda a superfície da placa havendo perdas na aderência;
- Requer instalação de Válvula Térmica quando exposto a elevadas temperaturas.

4.3. PLACA DE POLICARBONATO

Pesquisadas as placas de cobre e PVC, optou-se pela utilização da placa de policarbonato. O Policarbonato é um material termoplástico resistente ao impacto (250 vezes mais que o vidro e 40 vezes mais que o acrílico), de maior resistência térmica, capaz de suportar temperaturas contínuas de até 150°C.

O coeficiente de expansão térmica do Policarbonato é maior quando comparado a outros materiais.

Curvatura a frio: raio de curvatura mínima de 100 vezes a espessura da chapa.

Peso: 50% mais leve que o vidro.

Possui proteção anti-UV - não propaga chamas.

Condutividade Térmica: melhor isolante térmico 0,21W/m².°C

Densidade: 1,2g/cm³

Resistência a Tração na Ruptura: 78 MPa

Alongamento na Ruptura: 110%

Módulo de Elasticidade: 2.300 MPa

Coefficiente de Dilatação Térmica Linear (CLTE): $65 \times 10^{-6} / \text{C}^{-1}$

Calor Específico: 1,26 KJ/ kg°C



28 - 29 - 30
de OUTUBRO

XII SEGeT
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
— 18ª 2015 —
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



Peso específico: 1,2 kg/m³

A placa de Policarbonato Alveolar utilizada tem a medida de 6mm nas aletas internas por onde circula a água; a superfície da placa foi pintada com tinta spray preto fosco para altas temperaturas. A opção por pintar a placa foi determinada após uma sequência de testes de absorção de calor e conservação de temperatura, realizados em laboratório.

Os resultados alcançados nos testes dos pré-protótipos apontaram a placa de Policarbonato como a mais eficaz aos propósitos do projeto, pois atingiu temperaturas elevadas no aquecimento de água (superando os 50°C, em exposição ao sol por 15 minutos, a temperatura ambiente de 24°C). Outro fator determinante na escolha deste material foi o custo da matéria-prima para construção da placa nos moldes do projeto. O desenvolvimento e execução do coletor solar, com a utilização da placa de Policarbonato e isolamento térmico, seguindo as exigências da Normatização ABNT- NBR e Inmetro, conforme detalhado, apresentou custo total de R\$ 920,00, valor bem inferior ao praticado na comercialização das placas de aquecimento comerciais.

5. RESERVATÓRIO TÉRMICO

O reservatório térmico foi adaptado a partir da caixa d'água existente nas residências. A caixa d'água utilizada é de Polietileno, flexível, inodoro, atóxico, aprovado para contato pelo Instituto Adolfo Lutz, com capacidade para 310 litros de água, dimensões de 1000x730x600mm e fechamento com travas de pressão.

O isolamento térmico foi feito com espuma de Poliuretano expandido (PU) recoberto com manta térmica de alumínio, por apresentar propriedades térmicas, resistência mecânica e boa adesão.

Densidade: 32 kg/m³

Condutividade Térmica a 24°C: 0,017 W/m².°C

Espessura mínima: 20mm

Temperatura externa máxima: 121°C

Tensão Máxima de Ruptura: 400KPa

A baixa condutibilidade térmica do Poliuretano Expandido é a sua principal vantagem, pois melhora sua capacidade de isolamento e proteção térmica (quanto menor a temperatura ambiente, maior a resistência à passagem de calor).

6. TUBULAÇÃO E MANUTENÇÃO

A tubulação compreende um sistema autônomo e sempre seguirá os padrões de construção do imóvel onde será realizada a instalação; o isolamento térmico adotado para os testes deste projeto é o tubo PVC, mais comum nas residências, revestido com espuma de Poliuretano Expandido.

Devem-se isolar os circuitos primários e secundários do SAS para fins de manutenção e emergência, de modo que esse isolamento não deva interromper o funcionamento dos demais sistemas hidráulicos, nem isolá-los dos dispositivos de segurança.

As diversas válvulas, controles, sensores e demais acessórios hidráulicos e eletroeletrônicos do SAS devem ser inspecionados constantemente quanto ao seu funcionamento. Assim como a limpeza deve ser feita na superfície da placa e parte interna do reservatório e acessórios.

- Semestralmente deve-se verificar a necessidade de limpar as placas coletoras;



28 - 29 - 30
de OUTUBRO

XII SEGeT
SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
— 18ª 2015 —
Organização de Recursos e Desenvolvimento



- Sempre que for checar a necessidade de fazer a limpeza do aquecedor solar, deve-se analisar o sistema como um todo identificando-se danos, vazamentos ou quaisquer anormalidades;
- Recomenda-se drenar anualmente a água do reservatório do aquecedor para garantia de água limpa no seu interior;

7. METODOLOGIA

O objetivo deste projeto é realizar um estudo abrangente voltado a conservação de energia com a utilização de materiais de construção sustentáveis, de baixo custo final e que apresente redução significativa nos gastos energéticos, dentro das exigências da ABNT-NBR e Inmetro, através da construção de um coletor solar capaz de aquecer água suficiente para, pelo menos, quatro banhos diários de 10 minutos cada, suprimindo a demanda das habitações populares.

A aplicação da pesquisa deu ênfase ao aspecto qualitativo descritivo experimental onde buscou-se interpretar os fenômenos, analisar os dados e o processo atribuindo-lhe significado; envolve o uso de técnicas padronizadas de controle através da observação sistemática.

Para o presente estudo foram selecionados oito alunos do curso de engenharia civil, respeitando os critérios de seleção estabelecidos pela universidade, para desenvolvimento de estudo bibliográfico, elaboração de projeto, construção de protótipo e análise de resultados.

Para assegurar a validade, confiabilidade e armazenamento da leitura dos dados (temperatura da água e do ambiente) são utilizados sensores LM35 encapsulados para isolamento dos terminais e que transmitem ao DATALOG central todas as informações em tempo real.

Para obtenção do resultado necessário a abordagem da pesquisa proposta, foi realizada, inicialmente uma pesquisa em importantes periódicos sobre energia térmica, intensidade de calor, radiação solar, absorção, reflexão, transmissão em superfícies, absorvidade, refletividade, dentre outros; procurou-se identificar e classificar artigos que constituíssem relatos de pesquisas empíricas relacionadas basicamente aos sistemas de aquecimento de água (coletores planos e concentradores), além de livros específicos sobre o assunto.

A realização deste estudo e elaboração do projeto compreendeu o período de julho de 2014 a junho de 2015. Subdividido em quatro fases de um semestre cada, os resultados apresentados são referentes as duas primeiras fases e compõem a análise, desenvolvimento e construção da placa coletora solar para aquecimento de água. O delineamento e controle dos resultados da pesquisa serão descritos na continuidade deste trabalho.

8. NORMATIZAÇÃO

- NBR 15569 - Norma que estabelece os requisitos para o sistema de aquecimento solar (SAS), considerando aspectos de concepção, dimensionamento, arranjo hidráulico, instalação e manutenção, onde o fluido de transporte é a água.
Circulação forçada: circulação de água no sistema de aquecimento solar devido predominantemente a imposição externa de pressão no circuito hidráulico (através de uma motobomba).
- ABNT 15569 - Resistência estrutural: o sistema de aquecimento solar montado, comporta o peso do próprio coletor solar, componentes e reservatório térmico, sobrecargas como exemplo o vento, expansão e contração térmica.



28 - 29 - 30
de OUTUBRO

XII SEGeT
SIMPOSIO DE EXCELENCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
— 18ª 2015 —
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



Sombreamento: os coletores solares devem ser instalados de forma a evitar locais sujeitos à sombra (vegetação, edificações vizinhas, outros coletores solares, reservatórios térmicos, elementos arquitetônicos, etc.).

- NBR 12269 – Aquecimento Solar - Norma utilizada no aquecimento por termossifão ou por circulação forçada da água, elemento de fluido de água com aquecimento por coletores solares.

Sistema de aquecimento solar (SAS): sistema composto por coletores solares, reservatórios térmicos, aquecimento auxiliar, acessório e suas interligações hidráulicas que funciona por circulação natural ou forçada.

Circulação forçada: circulação de água no sistema de aquecimento solar devido predominantemente a imposição externa de pressão no circuito hidráulico (através de uma motobomba).

Coletor solar: Dispositivo que absorve a radiação solar incidente transferindo-a para um fluido de trabalho, sob a forma de energia térmica. No SAS apresentado usou-se uma placa de policarbonato, alumínio e uma superfície de vidro.

Fluido de trabalho: fluido que é aquecido pelo coletor solar – a água.

Latitude: Ângulo entre a localidade considerada e o plano do equador. (Símbolo: Φ , Variação – 90° a + 90° , por convenção adota-se positivo para o hemisfério norte e negativo para o hemisfério sul).

Motobomba: bomba hidráulica movida por um motor elétrico, responsável pela circulação forçada do fluido de trabalho.

Respiro: Dispositivo destinado à equalização natural das pressões positivas e negativas do SAS, saída de ar e vapor.

- Itens Componentes:

Coletor Solar: Converter energia radiante em energia térmica.

Reservatório Térmico: Acumular energia térmica na forma de água aquecida.

Controlador diferencial de temperatura: Controlar o funcionamento da bomba hidráulica do sistema de aquecimento solar e eventualmente possui funções de segurança.

Sensores de Temperatura: Medir a temperatura do fluido em pontos específicos do SAS.

Válvula de Retenção: Não permitir o movimento reverso da água.

Válvula Eliminadora de Ar: Permitir a saída de ar do SAS.

Dreno: Possibilitar o escoamento ou drenagem do fluido do SAS.

Motobomba: Promover a circulação forçada da água pelo SAS.

Tubos e Conexões: Interconectar os componentes e transportar água aquecida.

Isolamento Térmico: Minimizar perdas térmicas dos componentes e acessórios do SAS.

Equipamento auxiliar de aquecimento: Suprir a demanda térmica complementar do sistema de aquecimento solar.

OBS: O SAS não tem necessidade de possuir Válvula Quebra vácuo (para aliviar pressões negativas formadas durante o funcionamento do SAS permitindo a entrada de ar), já que este não usa um boiler.

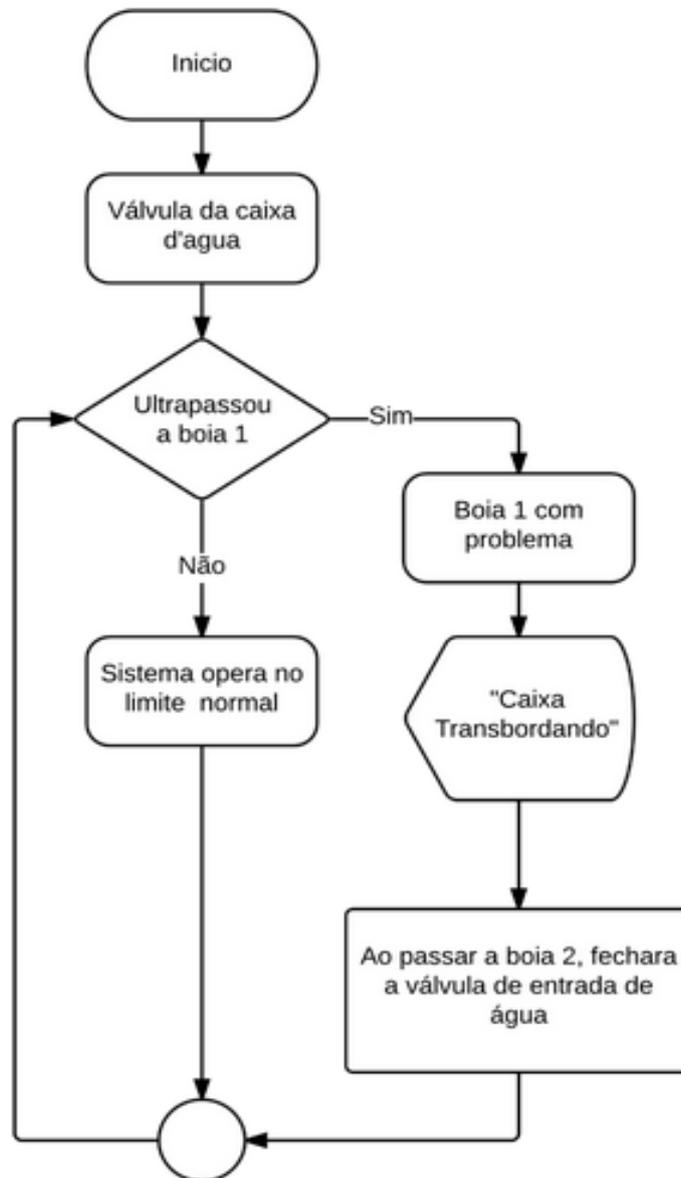


Figura 1: Fluxograma de circulação da água

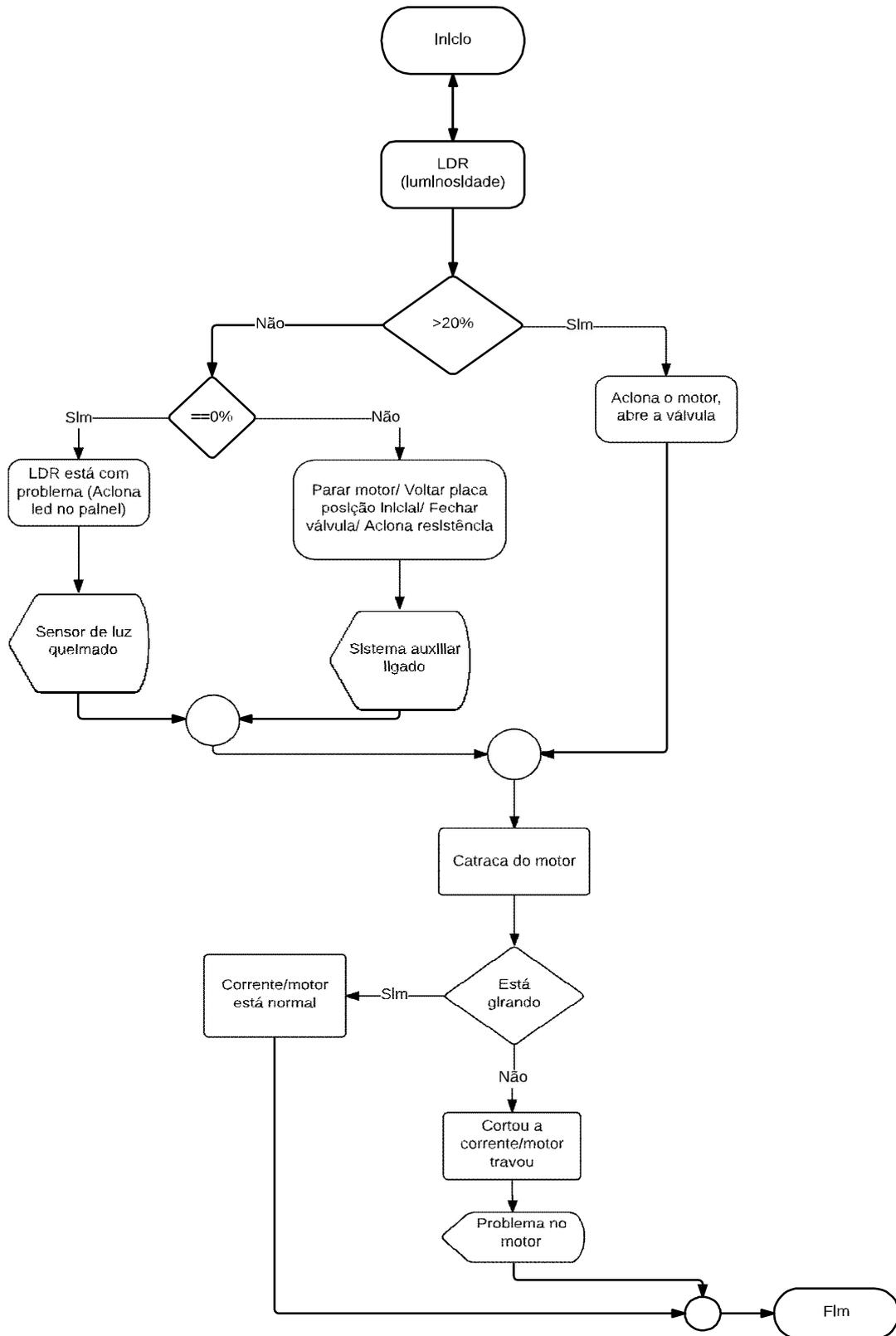


Figura 2: Fluxograma de aquecimento solar



28 - 29 - 30
de OUTUBRO

XII SEGeT
SIMPOSIUM DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA
— 18ª 2015 —
Otimização de Recursos e Desenvolvimento



9. CONCLUSÃO

O estudo engloba estratégias e métodos para produção de energia com ênfase na ecoeficiência de processos e produtos inovadores, que se ajustem às propostas projeto "Aquecimento de água por irradiação solar - utilização em habitações populares"; subdividido em quatro fases de um semestre cada e os resultados apresentados são referentes as duas primeiras fases e compõem a análise, desenvolvimento e construção da placa coletora solar para aquecimento de água.

O sistema será aprimorado para adequação ao modelo comercial exigido pelo mercado; os testes realizados até esta etapa do projeto apresentaram resultados satisfatórios no que se refere a eficiência térmica e economia no consumo de energia elétrica. As aferições para mensuração da quantidade de energia elétrica economizada pelo uso da água aquecida pela placa coletora, por banho de 10 minutos (considerando 4 banhos diários) serão realizados na terceira etapa.

Foi possível observar que o objetivo de aquecimento da água, circulação por convecção, conservação da temperatura da água no reservatório térmico, baixo custo de produção e instalação, acessível às habitações populares e facilidade de manutenção foi atingido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15569 - Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalação: Esta norma estabelece os requisitos para o Sistema de Aquecimento Solar (SAS). Agosto, 2013.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12269 – Aquecimento Solar. Abril, 1992.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15884 - Policloreto de Vinila Clorado. Maio, 2010.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7198 - Projeto e execução de instalações prediais de água quente. Setembro, 1993.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 13206 - Tubo de cobre leve, médio e pesado, sem costura, para condução de fluidos - Requisitos. Dezembro, 2014.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15345 - Instalações em cobre. Novembro, 2013.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7198 - projeto e execução de instalações prediais de água quente. Setembro, 1993.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 5626 - Instalação de água quente e fria. Setembro, 1998.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 6355 - Perfis Estruturais. Novembro, 2012.
- ABRAVA. Introdução à aquecedores solares- O aquecedor solar de água para o setor elétrico e para o usuário final. São Paulo: ABRAVA. Disponível em: <<http://www.portalabrava.com.br>> Acessado em: 13/06/2015.
- AQUATHERM. Catálogo técnico - Tubos e Conexões. Joinville: TIGRE. Disponível em: <http://www.tigre.com.br/_upload/catalogo_tecnico/20111007153224.pdf> Acessado em: 13/06/2015.
- RISPOLI, G. A. I. Estudo do aproveitamento da energia solar para aquecimento de água em edificações unifamiliares de baixa renda. Campinas: UNICAMP, 2001.
- SPRENGER, L. R. Aplicação do sistema fechado no aquecedor solar de água de baixo custo para reservatórios residenciais isolados. Curitiba: UFPR, 2007. Disponível em: <<http://www.ppgcc.ufpr.br/dissertacoes/d0087.pdf>> Acesso em: 16/06/2015.