

# **AQUECIMENTO SOLAR: Proteção mecânica e otimização do uso pela exposição controlada dos tubos coletores solares**

Marcelo Ricardo Loschi

Alberane Lucio Thiago da Cunha

## **RESUMO**

O presente trabalho foi motivado pela percepção que em dias de grande insolação o sistema de aquecimento solar despeja água pelo suspiro na forma de vapor, causando desperdício de água e levando o sistema a uma temperatura acima do recomendado pelo fabricante da tubulação do tipo aquatherm e PPR. O sistema analisado nesta pesquisa apresentava coletores a vácuo acoplados e não permitia a solução normalmente adotada para esses casos que é a mistura de água quente e fria de forma seletiva em dois reservatórios. Para resolver o problema foi pensado em uma solução que cobrisse os coletores quando a água do reservatório chegasse acima de determinada temperatura e descobrisse quando a temperatura chegasse abaixo de determinado valor, além disso, deveria cobrir os coletores no período noturno aumentando a proteção mecânica evitando sua exposição desnecessária. Para tal fim inicialmente foi considerado o uso do arduino, sensores de temperatura do tipo DS18B20, relógio de tempo real e display do tipo LCD para apresentar as informações de temperatura, no entanto, seguindo a tendência atual foi verificado que poderia ser usado módulo do tipo ESP8266 que adicionaria capacidade de internet ao sistema. Foi descoberta a plataforma chamada BLYNK que permite o controle de dispositivos de Internet das Coisas na nuvem mesmo sem conhecimentos aprofundados de programação de dispositivos móveis ou funcionamento da internet.

Palavras-chave: Internet das coisas, IOT, sensor de temperatura, NodeMCU, ESP8266.

## **1 INTRODUÇÃO**

Atualmente os moradores e as empresas têm procurado diminuir os custos com energia elétrica além de aumentar o conforto e praticidade com a disponibilidade de água

quente. Uma forma sustentável e típica de atingir este objetivo é com o uso do aquecimento solar.

De acordo com TIBA et al (2000, p. 19), os melhores locais do mundo para a captação da energia solar são os desertos e são exemplificadas as cidades de Dongola, localizada no deserto arábico do Sudão e a região de Daggett no deserto de Mojave, Califórnia, Estados Unidos.

O sistema de aquecimento solar é composto pelo elemento coletor que transfere a energia térmica solar para o líquido, que no caso é a água, pelo reservatório que normalmente possui isolamento térmica para minimizar as perdas de calor e pelos canos que servem como meio de condução para a água fria e para a água quente (ROSA, 2012)

Segundo Neves (2013), o funcionamento de qualquer modelo é baseado na absorção de energia solar que provê um aumento da temperatura da água.

Para o caso da presente pesquisa, foi instalado um sistema conforme vasta literatura disponível e apresentou bons resultados, no entanto, é possível sua otimização com o uso de recursos de tecnologia da informação no âmbito da internet das coisas (IOT).

Após a instalação do sistema, foi observado que em dias com maior grau de insolação a água era enviada para fora do reservatório sob a forma de vapor em alta pressão, causando desperdício de água e risco de danos ao equipamento. Foi observado que:

- A quantidade de água desperdiçada tinha relação direta com o grau de insolação do dia;
- Os tubos de vidro são expostos fisicamente durante as 24 horas do dia, o que é desnecessário e aumenta a chance de dano mecânico causado por objetos contundentes.
- A tubulação usada foi do tipo CPVC que segundo o manual do fabricante deve trabalhar em uma temperatura máxima de 80° C.

Em sistemas de aquecimento solar é habitual o controle de temperatura da água com o uso da mistura da água quente com a água fria.

Tal procedimento pode ser verificado em Pontes et al (2019, p. 37). No entanto, não pode ser aplicado ao sistema em questão por se tratar de um sistema com reservatório acoplado.

Diante desta limitação, uma possibilidade seria esgotar toda a água quente ao final do dia de forma a prevenir o alcance de temperatura superior à máxima permitida pela tubulação, no entanto, tal possibilidade causaria grande desperdício de água.

Outra possibilidade seria trocar o encanamento em CPVC por tubos de cobre que permitem temperaturas maiores, no entanto, tal solução criaria problemas adicionais de custo e retrabalho para a troca do encanamento já instalado.

Não foi encontrado na literatura sistema de proteção mecânica. O sistema mais óbvio seria uma chapa de vidro sobre os tubos, no entanto, este sistema diminuiria um pouco a eficiência energética por adicionar uma camada entre o sol e o coletor e não resolveria o problema da limitação de exposição solar dos tubos em função da temperatura máxima da água.

Sendo assim, o presente estudo pretendeu investigar a viabilidade da proteção mecânica dos tubos coletores a vácuo e otimização do uso da energia solar em um sistema de aquecimento a vácuo acoplado.

O problema de pesquisa consistia basicamente em verificar se era possível automatizar um sistema baseado em medidas de temperatura e de horário.

Com o uso da tecnologia da informação, conceitos de internet das coisas e automação residencial foi verificado que é possível automatizar um sistema que poderá ser usado para diversos fins, inclusive o de expor os tubos coletores apenas quando houver ganho de temperatura desejado e quando o ambiente permitir esse ganho. Essa solução irá minimizar o desperdício de água na forma de vapor, a exposição mecânica dos tubos e aumentará a vida útil dos canos plásticos ao limitar a temperatura máxima alcançada.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Radiação solar no Brasil**

De acordo com Tiba et al (2000, p. 19), os melhores locais do mundo para a captação da energia solar são os desertos e são exemplificadas as cidades de Dongola, localizada no deserto arábico do Sudão e a região de Daggett no deserto de Mojave, Califórnia, Estados Unidos. Na tabela 1 é realizada uma comparação entre estes locais e algumas localidades brasileiras:

Tabela 01 - Dados de radiação solar diária, médias mensais para diversas localidades do Mundo

Localidade	Latitude	$H_{h(\text{mínimo})}$ (MJ/m <sup>2</sup> )	$H_{h(\text{máximo})}$ (MJ/m <sup>2</sup> )	$H_{h(\text{anual})}$ (MJ/m <sup>2</sup> )	$H_{h(\text{max.})}/H_{h(\text{min.})}$
Dongola-Sudão	19°10'	19,1(Dez)	27,7(Mai)	23,8	1,4
Dagget - USA	34°52'	7,8(Dez)	31,3(Jun)	20,9	4,0
Belém-PA-Brasil	1°27'	14,2(Fev)	19,9(Ago)	17,5	1,4
Florianópolis-PI-Brasil	6°46'	17,0(Fev)	22,5(Set)	19,7	1,3
Petrolina-PE-Brasil	9°23'	16,2(Jun)	22,7(Out)	19,7	1,4
B. J. da Lapa -BA-	13°15'	15,9(Jun)	21,1(Out)	19,7	1,3
Cuiabá-MT-Brasil	15°33'	14,7(Jun)	20,2(Out)	18,0	1,4
B. Horizonte-MG-Brasil	19°56'	13,8(Jun)	18,6(Out)	16,4	1,3
Curitiba-PR-Brasil	25°26'	9,7(Jun)	19,4(Jan)	14,2	2,0
P. Alegre-RS-Brasil	30°1'	8,3(Jun)	22,1(Dez)	15,0	2,7

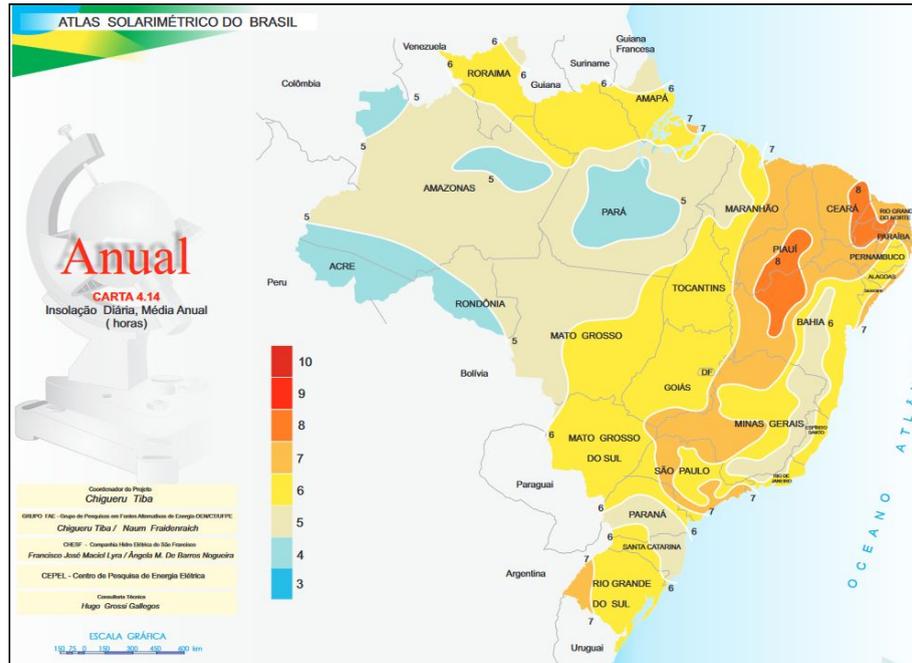
Fonte: Atlas solarimétrico do Brasil, 2000, p. 20.

Na tabela 01, as colunas representam, respectivamente:

- nome da cidade;
- latitude que representa a distância ao equador terrestre;
- mês com a menor média diária de insolação;
- mês com a maior média diária de insolação;
- média anual de insolação diária;
- relação entre a maior média e a menor média que demonstra a previsibilidade do recurso durante o ano.
- 

A tabela demonstra o bom potencial dos recursos solares no Brasil. Já em Minas Gerais, de acordo com Tiba et al(2000), a média anual de insolação diária é de 5 a 7 horas dependendo da região do estado.

Figura 01 - Insolação diária, média anual.



Fonte: TIBA et al, 2000, p. 89

De acordo com o que foi verificado constatou-se que a energia solar no Brasil é uma importante fonte de calor para o aquecimento de água mesmo na zona da mata de Minas Gerais.

## 2.2 Funcionamento de um sistema de aquecimento solar

De acordo com Rosa (2012), o sistema de aquecimento solar é composto pelo elemento coletor, que transfere a energia térmica solar para o líquido que no caso é a água. Esse reservatório normalmente possui isolamento térmico para minimizar as perdas de calor. Além desses componentes, há os canos que servem como meio de condução para a água fria e para a água quente.

Segundo Neves (2013), o funcionamento de qualquer modelo é baseado na absorção de energia solar que provê um aumento da temperatura da água.

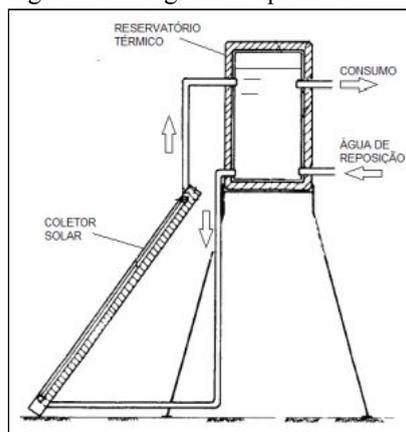
Nos modelos pressurizados, a circulação da água é feita por meio de bombas, já no sistema despressurizado a circulação é feita pela diferença de densidade da água quente e da água fria.

Por razões de custo e simplicidade, a maioria dos sistemas residenciais é do tipo despressurizado com painel coletor separado do reservatório. Nos últimos anos estão ampliando os sistemas despressurizados a tubo de vácuo com reservatório acoplado cuja

principal vantagem é a simplicidade da instalação em relação ao sistema com painéis e o maior rendimento.

Na figura seguinte, é mostrado o diagrama esquemático simplificado de um aquecedor despressurizado a painel.

Figura 02 - diagrama esquemático de um aquecedor solar despressurizado



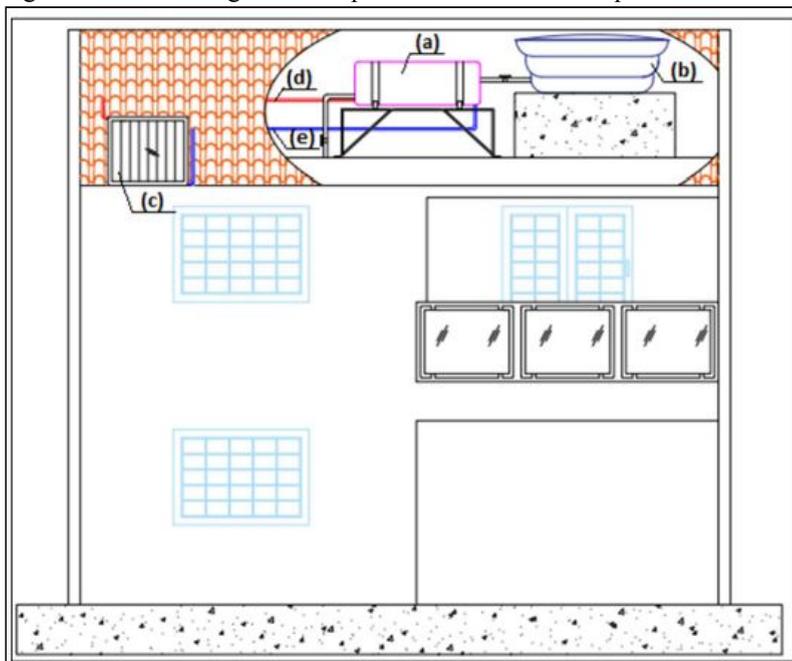
Fonte: NEVES, 2013, p. 6

No momento inicial, o reservatório está apenas com água fria, ela vai absorvendo calor do sol no coletor e começa a aquecer. Essa água torna-se menos densa, pois aumenta de volume com a temperatura e sobe no coletor até chegar ao alto do reservatório. Enquanto isso mais água da parte inferior do depósito toma o lugar antes ocupado pela água que se tornou menos densa, reiniciando o ciclo até que toda a água esteja na mesma temperatura que será tanto maior quanto maior for a insolação.

A água quente consumida é recolhida na parte superior do reservatório e ao mesmo tempo esse espaço é usado pela água fria que entra na parte inferior do reservatório. A caixa de água fria que alimenta o sistema deve estar acima do reservatório de água quente.

Na figura a seguir, pode ser vista em corte a estrutura mais realista de um aquecedor solar despressurizado.

Figura 03 - Diagrama esquemático de um aquecedor solar despressurizado



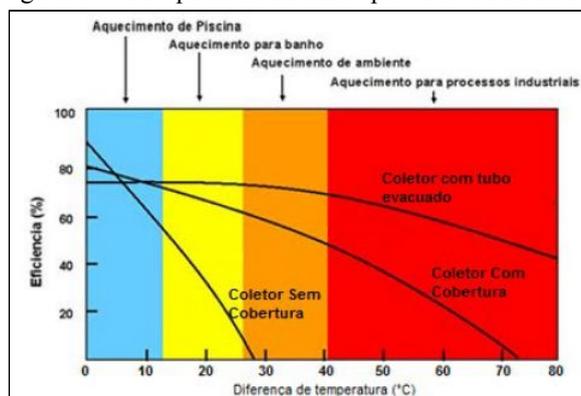
Fonte: PONTES, 2019, p.30

Na figura acima temos:

- a - reservatório com isolante térmico (*Boiler*)
- b - caixa de água fria
- c - painel solar
- d - saída de água quente da parte superior do painel para a parte superior do *boiler*
- e - saída de água fria da parte inferior do boiler para a parte inferior do coletor

De acordo com Rosa (2012), para uso residencial há os coletores planos cobertos, descobertos e os coletores tubulares. Para o presente trabalho foi utilizado o coletor solar tubular a vácuo. Na figura a seguir pode ser comparado o rendimento médio de alguns tipos de aquecedores solares:

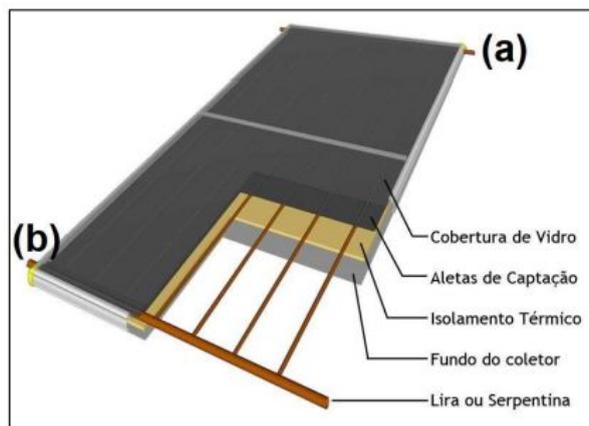
Figura 04 - Comparativo de desempenho entre os coletores analisados



Fonte: ROSA, 2012, p.9

Na figura a seguir pode ser observado um painel solar em corte esquemático.

Figura 05 - corte esquemático de um painel coletor solar

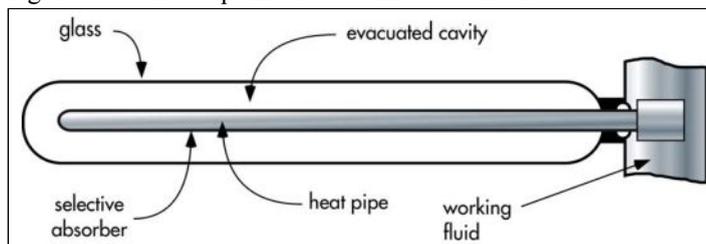


Fonte: PONTES, 2019, p.23

Na figura acima temos:  
a - saída de água quente  
b - entrada de água fria

Na figura abaixo pode ser observado o diagrama em corte de um tubo coletor a vácuo:

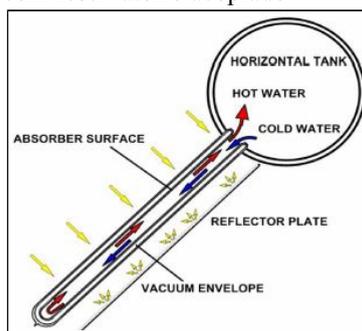
Figura 06 - corte esquemático de um tubo coletor a vácuo



Fonte: NEVES, 2013, p.8

Abaixo é mostrado princípio de funcionamento do tubo a vácuo em um sistema com reservatório acoplado e as correntes de convecção internas:

Figura 07 - Princípio de funcionamento do aquecedor a tubo de vácuo com reservatório acoplado



Fonte: NEVES, 2013, p. 9

Na ilustração adiante, é mostrado um aquecedor de painel comercial utilizado em residências.

Figura 08 - Aquecedor solar despressurizado a painel



Fonte: SOLETROL, 2020

Conforme verificado a seguir, é mostrado um aquecedor solar do tipo de tubos a vácuo acoplados.

Figura 09 - Aquecedor solar despressurizado a tubos a vácuo com reservatório acoplado



Fonte: Patrosol, 2020

Como visto, o sistema é formado por tubos que precisam suportar a água quente. No passado esses tubos eram de cobre, no entanto, com a evolução dos materiais é possível encontrar no mercado tubos plásticos próprios para trabalhar com água quente.

Um dos tubos plásticos para água quente são os tubos do tipo aquatherm da Tigre que são fabricados em CPVC, um material plástico apropriado para água quente e que substituiu com grande praticidade os tubos de cobre que eram usados nessas instalações.

No Catálogo técnico para Aquatherm predial do fabricante, (2011, p. 4) é informado que os tubos foram construídos para operar na temperatura de até 80 °C podendo suportar temperaturas ocasionais de 95 °C.

Já os tubos do tipo PPR da Tigre são tubos especialmente fabricados para a condução de água quente fabricados em polipropileno e são conhecidos pela sigla PPR. No catálogo

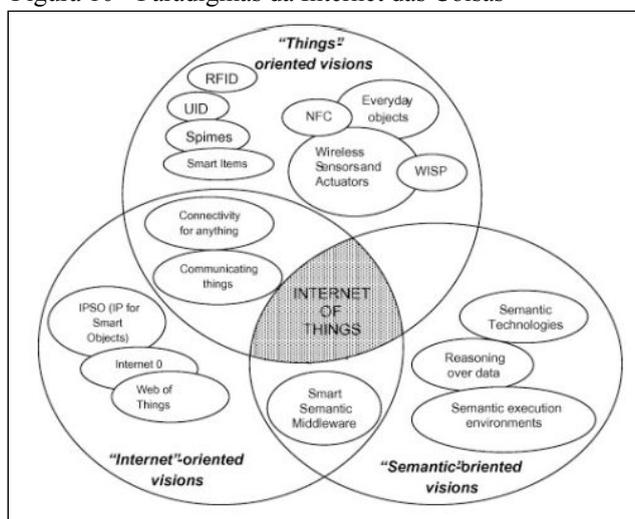
técnico do fabricante (sem data, p.8) é informado que os tubos são construídos para trabalhar na temperatura de até 80°C.

## 2.3 Internet das coisas

Uma das alternativas para se conseguir a automatização é com o uso das tecnologias de informação e de acordo com Singer (2012), a própria definição do que é Internet das coisas (IoT) é tema de muitos artigos. Na visão americana, há tendência a enfatizar a tecnologia e na visão europeia há a tendência de enfatizar os serviços.

Na tentativa de sistematizar as várias questões suscitadas, Atzori (2010) criou um diagrama no qual podemos entender melhor as várias questões levantadas na Internet das Coisas, como é possível observar na figura 10 abaixo:

Figura 10 - Paradigmas da Internet das Coisas



Fonte: ATZORI, 2010, p. 2

Para Singer (2012), a definição operacional da Internet das Coisas considera-a como um paradigma computacional com implicações profundas entre homens e objetos e no que tange a tecnologia define a IoT pelo que ela faz que é conectar objetos dotados de capacidade para agirem por conta própria com ou sem supervisão humana.

Segundo Singer, a ideia de Internet das coisas não é nova e a criação do termo é outra discussão. O artigo *The computer of 21st Century* de Mark Weiser, publicado em setembro de 1991 na *Scientific American* é considerado como o primeiro texto sobre a computação ubíqua, ou seja, a computação que é de tal forma entranhada em nosso cotidiano que não damos conta da sua presença

Segundo Singer, em junho de 2000 aparece o primeiro eletrodoméstico “inteligente”, era uma geladeira da LG apresentada na Coreia do Sul e o produto deveria trabalhar em conjunto com outros produtos da LG e acessar a internet. Até o presente momento houve um aumento significativo de dispositivos que implementam alguma funcionalidade relacionada à internet das coisas.

Um caso particular de Internet das coisas é a automação residencial e segundo Teza (2002, p. 23), essa automação é conhecida como domótica e embora seja considerada futurista e símbolo de status, a curto prazo talvez seja o maior e melhor dos sonhos de consumo almejados.

Segundo o mesmo autor (2002, p. 26), a associação criada para padronizar dispositivos para domótica no Brasil é denominada AURESIDE (Associação Brasileira de Automação residencial) e concentra esforços para padronizar tecnologias e dispositivos para automação residencial.

Para que a IOT seja implementada nas residências é necessário que estejam presentes alguns elementos como os descritos a seguir e cujos sensores irão variar de acordo com a função que se pretende automatizar. Entre estes elementos, pode-se destacar:

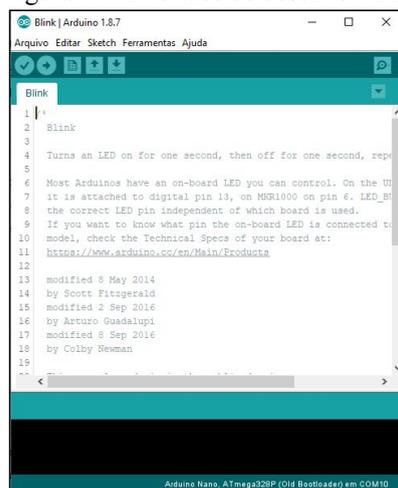
- arduino ou outro microcontrolador;
- sensor de temperatura
- acionamento de motor
- sensor de fim de curso
- módulo ethernet
- relógio de tempo real
- interface de saída de dados como display

O Arduino, segundo Oliveira (2017, p. 48), não é um microcontrolador e sim uma plataforma de desenvolvimento de sistemas embarcados de baixo custo aberta e livre. Embora não seja vinculada a nenhum fabricante específico, a maioria das implementações são feitas com o microcontroladores da Atmel.

O grande mérito do arduino foi trazer para o mundo dos sistemas embarcados uma grande quantidade de não especialistas pois tornou o desenvolvimento fácil por não necessitar de gravadores, placas e outros acessórios como acontecia com os outros microcontroladores até então.

A linguagem de programação é o C e utiliza-se o ambiente de desenvolvimento que conta com inúmeros exemplos que facilitam o entendimento. Há múltiplas versões e módulos de hardware prontos para a criação de protótipos além da ampla comunidade de desenvolvedores.

Figura 11 - Interface de desenvolvimento para Arduino



Fonte: o autor.

Para os sensores de temperatura há diversas opções, mas a vantagem do modelo DS18B20 é a ampla disponibilidade no comércio e a característica de trabalhar em barramento, o que permite mais de um sensor ocupando a mesma quantidade de pinos do arduino e liberando portas para outros dispositivos.

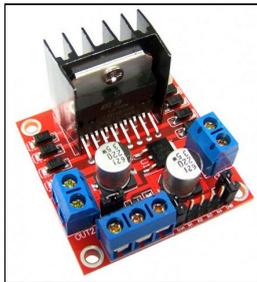
De acordo com Pontes (2019, p. 35), o dispositivo DS18B20 permite a leitura de temperatura em graus celsius.

Para o acionamento de motores é necessário um dispositivo chamado *driver*. Tal dispositivo permitirá que o arduino consiga controlar o motor.

Em Pontes (2019, p. 36) foi utilizado um driver do tipo ULN2003 que naquele projeto servia para controlar um motor cujo objetivo era misturar a água quente com a água fria.

No entanto, caso seja necessário o controle de motor de maior porte, pode ser usado o driver L298 conforme descrito em Santos (2019, p.30).

Figura 12 - Driver para motor do tipo L298



Fonte: ELETRODEX, sem data

Os sensores de fim de curso permitem que o sistema conheça a posição de algum dispositivo mecânico. Segundo Oliveira (2017, p.137), sensores magnéticos são acionados pela presença do ímã e podem ser utilizados para detectar a proximidade de determinado dispositivo, sendo dessa forma, uma das opções para sensores de fim de curso.

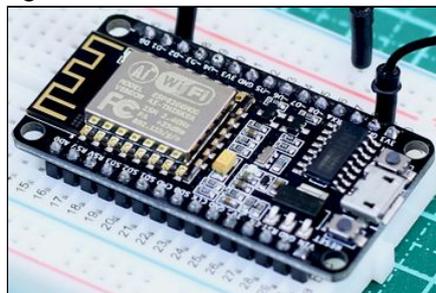
Figura 13 - Sensores magnéticos que podem ser utilizados como sensores de fim de curso



Fonte: OLIVEIRA, 2017, p. 137

O módulo ethernet é que permite a comunicação do dispositivo com a internet pelo uso dos protocolos da pilha TCP-IP. Conforme Oliveira (2017), pode ser utilizado um módulo sem fio como os do tipo ESP8266, ou módulos ethernet com fio.

Figura 14 - Módulo ESP8266



Fonte: FILIPEFLOP1, 2016

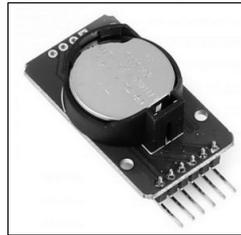
Figura 15 - Módulo ethernet ENC28J60



Fonte: FILIPEFLOP2, 2014

O relógio de tempo real (RTC) permite que o sistema saiba o horário. Conforme Oliveira (2017, p. 159), tais dispositivos são alimentados pela bateria e quando consultados pelo microcontrolador informam a data e o horário atuais. Quando aferidos com a data e horário do momento, permanecem por longos períodos fornecendo a informação precisa mesmo em caso de falta de energia graças à bateria do dispositivo.

Figura 16 - Relógio de tempo real(RTC)



Fonte: OLIVEIRA, 2017, p. 159

O resistor dependente de luz (LDR) possui a propriedade de ter a sua resistência elétrica alterada de acordo com a luminosidade incidente em sua superfície. É um componente utilizado em sensores de luminosidade como células fotoelétricas que ligam lâmpadas quando anoitece e as apaga ao amanhecer. Segundo Júnior (2013), seu funcionamento é explicado pelo efeito fotoelétrico e são componentes não polarizados.

Figura 17 - Resistor dependente de luz (LDR)



Fonte: FILIPEFLOP3, sem data

Estes seriam os dispositivos usados em um projeto de automação residencial que investigaria a resolução do problema de sobreaquecimento da água em um sistema de aquecimento solar pela exposição controlada dos coletores solares.

### 3 METODOLOGIA

Após a instalação do sistema de aquecimento, foi observado que em dias de alta insolação havia desperdício de água na forma de vapor e a única forma de evitar tal desperdício era abrir o registro de água quente e desperdiçando-a ainda mais, uma solução que intensificava o problema.

Consultando a literatura de universidades e centros técnicos observou-se que a forma habitual de corrigir este problema de temperatura acima do desejado da água era com o uso de sistema misturador de água quente e água fria. No entanto, como o sistema em questão é composto por tubos acoplados a um único reservatório, não é possível a criação de um sistema de mistura de água pois só há um reservatório.

Além da temperatura, foi observado que quanto menor o consumo de água quente maior seria a chance de sobreaquecimento, pois, quando é usada a água quente, o seu lugar é ocupado por água fria que diminui a temperatura global da água no reservatório térmico.

Diante da observação empírica que o desperdício ocorria na razão direta à insolação e ao menor consumo, que jogar a água quente fora não seria uma solução e que a mistura de água também não seria possível por incapacidade estrutural, cogitou-se se a exposição controlada ao sol não poderia resolver o problema de sobreaquecimento da água.

Considerando-se que o consumo é variável e não se tem controle sobre a insolação diária, não seria possível prever em que horários a temperatura da água estaria acima do recomendado para cobrir os coletores de forma manual. Diante disso considerou-se que o ideal seria um sistema que medisse a temperatura da água e atuasse na cobertura dos coletores sempre que necessário.

A criação de um anteparo móvel que seja operado de forma automática teria ainda uma função adicional de proteger os tubos a vácuo que ficam expostos durante todo o tempo, mesmo em momentos que não há luz solar.

Considerando-se o método de proposição de planos citado por Mascarenhas, que “serve para solucionar os problemas de uma organização e planejar o que vai ser feito

daquele momento em diante” (1998, p. 49), a experiência profissional anterior e os conhecimentos adquiridos em programação durante o curso de Sistemas de Informação, cogitou-se a criação de um sistema automatizado que irá cobrir os coletores sempre que a água ultrapassar uma determinada temperatura, no período noturno e nos momentos de ausência de sol.

Foi desenvolvido o aplicativo em linguagem C, sendo executado no arduino a apresentando as informações em um display de 2 linhas por 16 colunas. No display é apresentada a temperatura máxima e mínima da água dentro do reservatório, a temperatura da água e do ar além de um símbolo indicando o status da cobertura física dos coletores.

Para o fim de desenvolvimento foram utilizados os seguintes componentes:

- 1 ESP12-F-C;
- 4 termômetros modelo DS18B20;
- 1 relógio de tempo real;
- 1 placa de relé para acionar o motor;
- 2 sensores de fim de curso para detectar a posição do painel;
- 1 display do tipo cristal líquido de quatro linhas por 20 colunas.

#### **4 RESULTADOS**

No início, o trabalho foi iniciado com o Arduino nano, os sensores de temperatura, o relógio de tempo real, o display e a saída para o relé. Com o decorrer do projeto verificou-se que seria interessante adicionar capacidade de gerenciamento e monitoramento pela internet e para tal foi considerado o uso do módulo ESP8266.

Ao pesquisar as características do ESP8266 verificou-se que ele teria capacidade para executar todas as funções e por isso o arduino nano passou a não ser necessário.

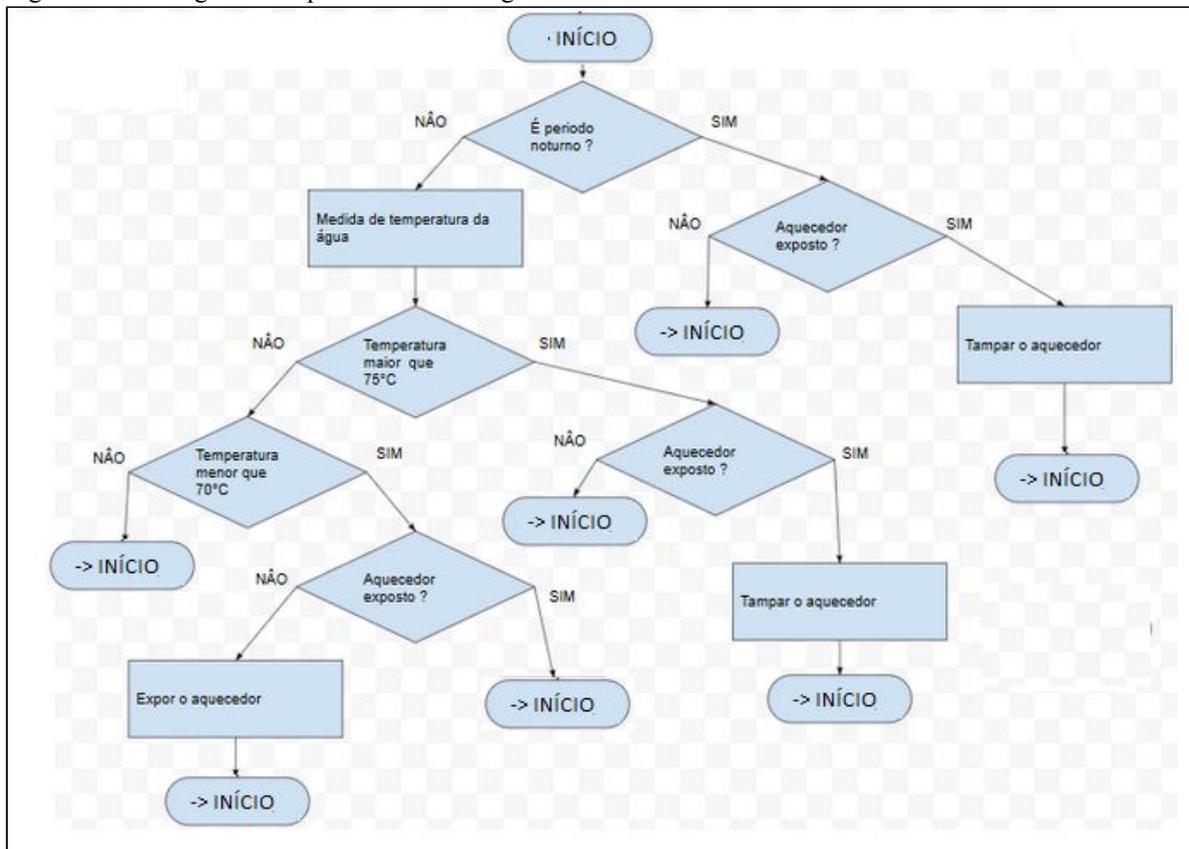
A dificuldade seguinte foi encontrar uma versão deste módulo homologado pela Anatel para venda em pequenas quantidades. Depois de exaustiva pesquisa foi possível adquirir o ESP-12F-C que é uma versão do ESP8266 vendido pela empresa Cerebra.

Pretendia-se equipar o protótipo com uma interface gráfica, no entanto, o display adquirido no formato de 128 colunas por 64 linhas estava queimado e para a versão atual será usado um display LCD de modo texto que possui quatro linhas por 20 colunas.

Foram usados sensores de temperatura do tipo DS18B20 e um relógio em tempo real para manter sempre a data e hora atualizados.

Na figura a seguir pode ser observado o fluxograma mostrando a lógica de funcionamento pretendida. Foram omitidos detalhes como tempos de espera, rotinas para apresentação dos dados no display, atualização da página web e outros detalhes de implementação.

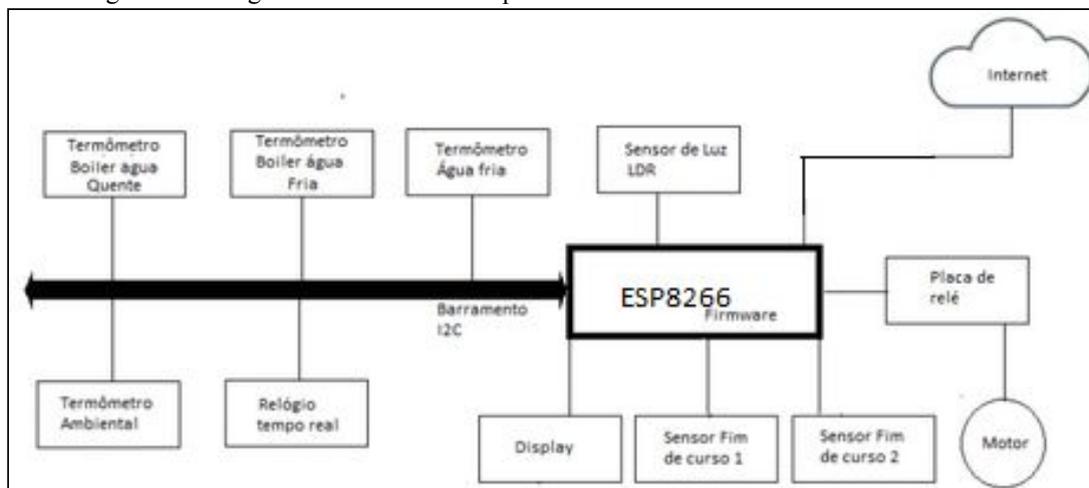
Figura 18 - Fluxograma simplificado com a lógica de funcionamento



Fonte: o autor.

Na figura a seguir pode ser visualizado o diagrama em blocos dos elementos do dispositivo realizado para a automatização da exposição do coletor solar.

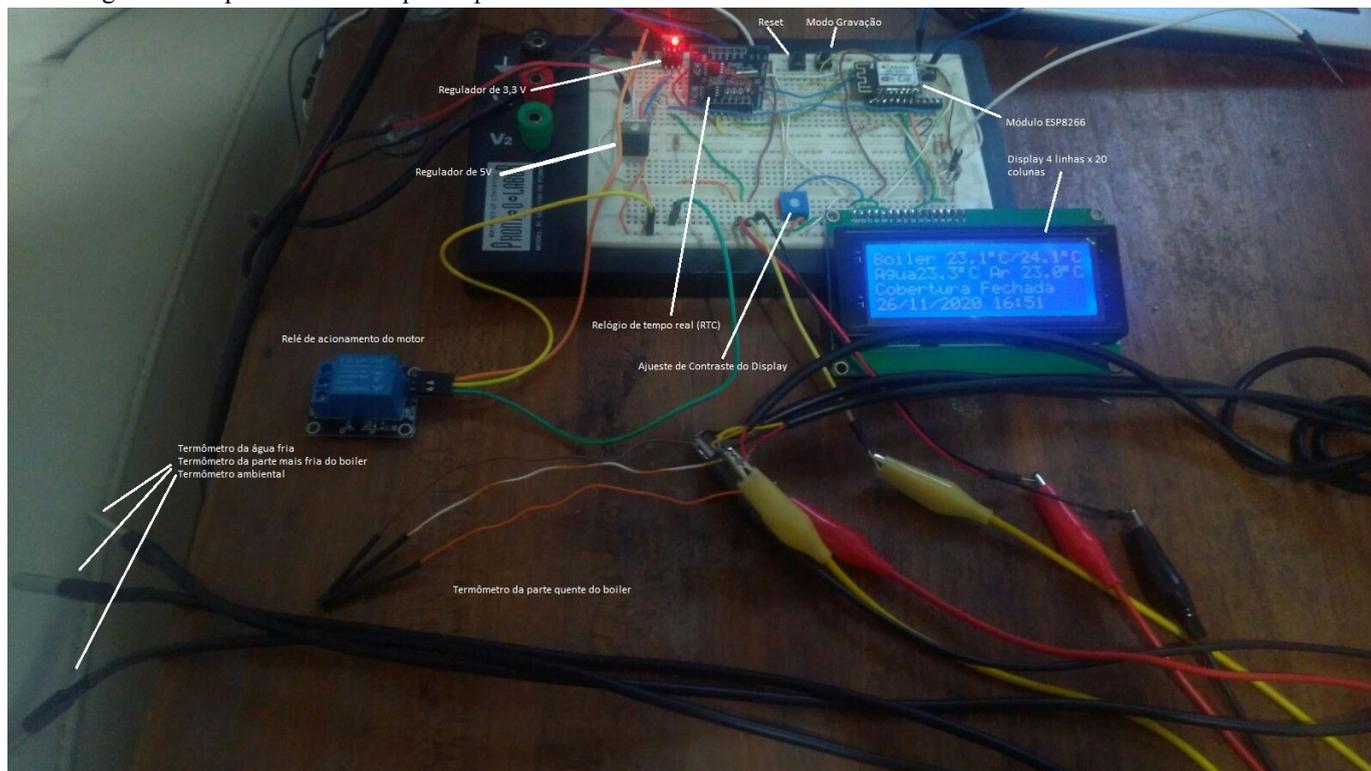
Figura 19 - Diagrama em blocos do dispositivo



Fonte: o autor.

A parte lógica da programação e da eletrônica do projeto estão prontas e ao longo do tempo, se instalado como automatizador da cobertura do aquecedor solar, será possível medir a eficácia do dispositivo, sobretudo em um período de forte insolação no qual seria comparado os valores máximos alcançados com e sem a atuação do sistema. Na figura abaixo é apresentado o protótipo real do circuito.

Figura 20 - Aparência real do protótipo



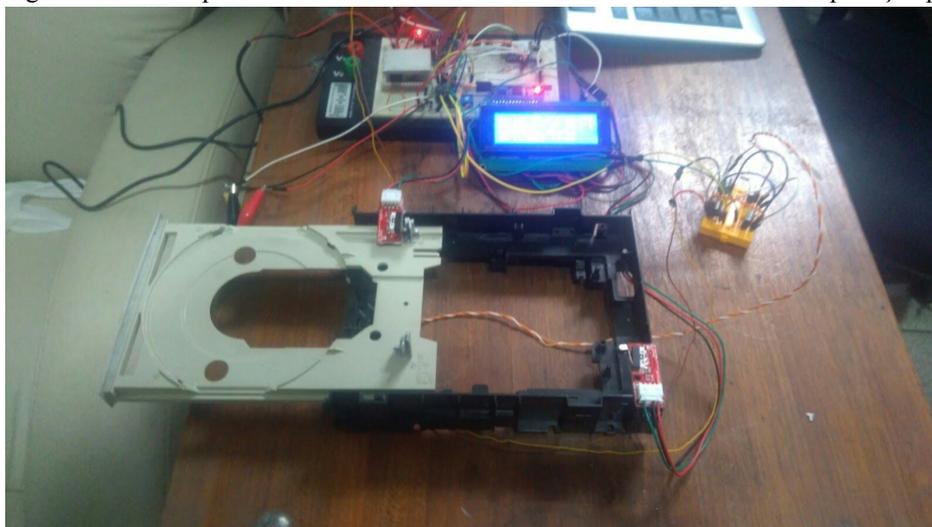
Fonte: o autor.

Na foto anterior podem ser observados os seguintes elementos:

- controlador ESP8266 responsável pelo funcionamento do circuito;
- Regulador de 5V que transforma a tensão de entrada de 12V em 5V para alimentar o display;
- Regulador de 3,3V responsável por converter a tensão de entrada de 5V em 3,3 V necessários para alimentar o ESP8266, o relógio de tempo real e os termômetros;
- Relógio de tempo real que mantém a data e hora atualizados mesmo quando o equipamento é desligado graças à bateria própria;
- Termômetros que são configurados no software por associação do seu endereço único a uma das quatro temperaturas medidas;
- Trimpot para ajustar o contraste das informações apresentadas no display;
- Display de cristal líquido com 4 linhas por 20 colunas para apresentar as informações ao usuário;
- botão de Reset para reinicializar o projeto
- botão para ativar o modo de gravação utilizado para atualizar o firmware que vai gravado no controlador.

Na figura abaixo é possível verificar que foi criado um sistema mecânico em miniatura para ilustrar o funcionamento real do mecanismo. O sistema obtém a situação da cobertura pelo estado dos interruptores de fim de curso, no caso, ela estaria no estado aberto.

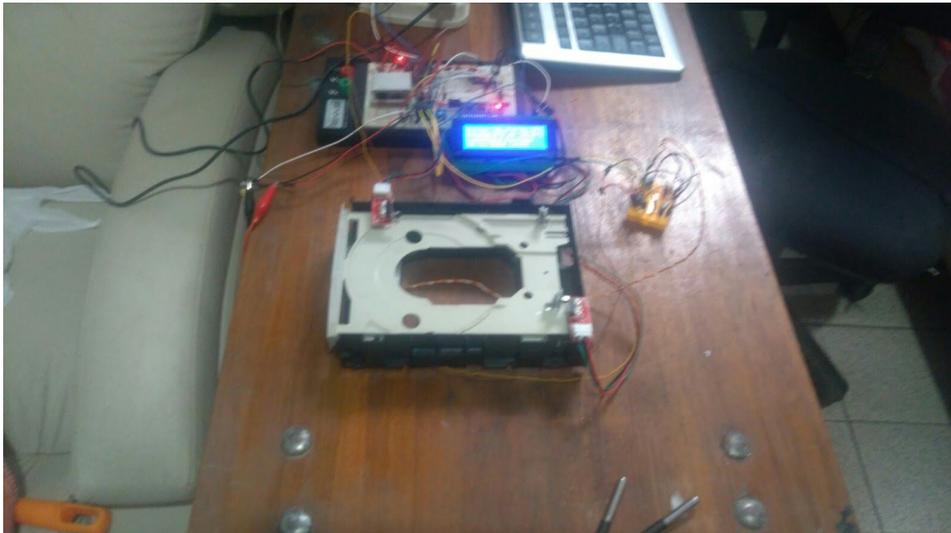
Figura 21 - Protótipo com sistema mecânico ilustrando o funcionamento na aplicação pretendida



Fonte: o autor

Na figura a seguir pode ser observado o sistema mecânico no estado fechado.

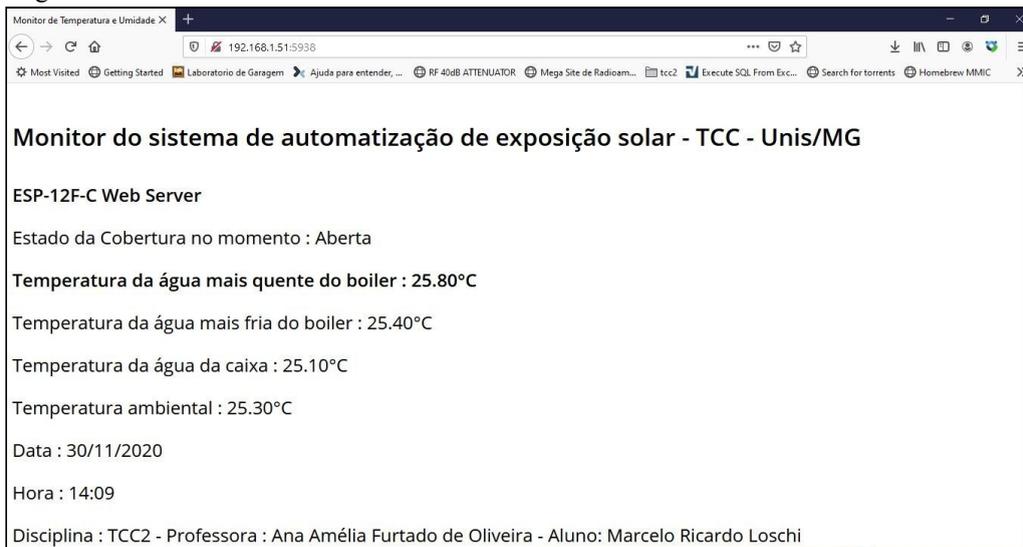
Figura 22 - Protótipo com sistema mecânico ilustrando o funcionamento na aplicação pretendida



Fonte: o autor

Na figura abaixo pode ser observado o servidor web em funcionamento no esp12-F-C estando conectado à rede wifi. Não foi possível liberar porta para acesso via internet.

Figura 23 - Servidor web rodando na rede local



Fonte: o autor

Como evolução do projeto pretende-se criar uma placa de circuito impresso, acondicionar tudo em uma caixa, criar uma página na web na qual seja possível visualizar as

informações e pelo uso de uma senha será possível configurar os parâmetros como horários de acionamento, temperatura máxima e mínima, associação de cada termômetro a cada medida de temperatura. Hoje todas essas operações precisam ser feitas diretamente no código fonte, ser recompilado e enviado para o microcontrolador.

Depois de montado na estrutura mecânica definitiva, a gravação de um log horário de data, hora e temperatura permitirá ao longo do tempo criar gráficos que demonstram a evolução da temperatura dentro do boiler com e sem a operação do sistema.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O presente trabalho demonstrou que é possível unir eletrônica e programação para fornecer uma solução tecnológica para automatização de dispositivos baseado na variação de uma grandeza física que é a temperatura e a disponibilidade desses dados com o uso de uma plataforma amplamente difundida na internet das coisas atual que é o ESP8266 aliada a sensores para as mais diversas grandezas como temperatura, pressão, luminosidade, gases tornando possível criar estações complexas de monitoramento..

Diante do exposto, é possível crer que haverá incremento no conhecimento profissional para trabalhos futuros e já há planejamento de melhorias como a aquisição de um novo display gráfico e posteriormente de um módulo do tipo touch screen que permitiria a operação do dispositivo pelo toque, semelhante a módulos profissionais vendidos no mercado.

Outras implementações interessantes seriam na área de meteorologia com medida de pressão atmosférica, direção e velocidade do vento que serviriam para proteger os tubos coletores em caso de chuva.

O projeto permitiu a união dos conhecimentos de eletrônica adquiridos ao longo da trajetória profissional e dos conhecimentos em programação e internet adquiridos no curso de graduação do Unis.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATZORI, Luigi; IERA, Antonio; MORABITO, Giacomo. **The Internet of Things: a survey**. Computer Networks, 2010.

Catálogo técnico Tigre PPR Termofusão. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-ppr-termofusao.pdf>. Acesso em 14/09/2020

Catálogo técnico Tigre Predial Aquatherm. Disponível em: <https://www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ct-aquaterm.pdf>. Acesso em 14/09/2020

ELETRODEX. Disponível em: <https://www.eletrodex.com.br/modulo-driver-p-motores-ponte-h-dupla-l298.html>, sem data, acesso em 14/09/2020

EMBARCADOS. Disponível em: <https://www.embarcados.com.br/introducao-ao-blynk-app/> Acesso em 19/11/2020

FILIFELOP1. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/esp8266-nodemcu-como-programar/>, 2016, acesso em 14/09/2020

FILIFELOP2. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/blog/modulo-ethernet-enc28j60-arduino/>, 2014, acesso em 15/09/2020

FILIFELOP3. Disponível em: <https://www.filipeflop.com/produto/sensor-de-luminosidade-ldr-5mm/>, sem data, acesso em 15/09/2020

JUNIOR, José Jair Alves Mendes et al. **LDR E SENSORES DE LUZ AMBIENTE: FUNCIONAMENTO E APLICAÇÕES**. Semana de eletrônica e automação SEA 2013. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

MASCARENHAS, Sidnei A. **Metodologia científica**. 2 ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2018.

NEVES, João Carlos Munhoz das Neves, **AVALIAÇÃO TÉCNICO-ECONÔMICA DE UM AQUECEDOR SOLAR DE ÁGUA COM COLETOR DE TUBOS A VÁCUO NA CIDADE DE CASCAVEL – PR**. Paraná, 2013.

OLIVEIRA, Sérgio de, **INTERNET DAS COISAS COM ESP8266, ARDUINO E RASPBERRY PI**. Novatec Editora, Junho de 2017

PATROSOL. Disponível em:

<https://www.patrosol.com.br/vacuo/coletor-aquecedor-solar-modular-a-vacuo-20-tubos/>, 2020, acesso em 14/09/2020

PONTES, Aline dos Santos; MENECH, Everton Luiz de. **CRIAÇÃO DE PROTÓTIPO COM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA CONTROLE DE TEMPERATURA DA ÁGUA EM CANOS DE PVC**. Curitiba, 2019

RAPHAEL, Gabriel de Oliveira Ranulpho. **ECONOMIZADOR A BASE DE ENERGIA SOLAR PARA OTIMIZAR A EFICIÊNCIA EM CALDEIRAS**. Varginha, 2018

ROSA, Fábio Niemezewski da. **APLICABILIDADE DE COLETORES SOLARES COM TUBO EVACUADO NO BRASIL**, Porto Alegre, 2012

SANTOS, Diego Soares. **PROTÓTIPO DE SISTEMA DE CONTROLE E MONITORAMENTO PARA CHUVEIRO COM AQUECIMENTO SOLAR**. Goiânia, 2019

SINGER, Talyta. **TUDO CONECTADO: CONCEITOS E REPRESENTAÇÕES DA INTERNET DAS COISAS**. Simpósio em tecnologias digitais e sociabilidade, Salvador, 2012

SMARTI. Disponível em: <https://www.smarti.blog.br/o-incrivel-mundo-de-arduino/>, sem data, acesso em 21/09/2020

SOLETROL. Disponível em: <https://www.soletrol.com.br/produtos/residencias-prontas/>, 2020, acesso em 16/09/2020

TEZA, Vanderlei Rabelo. **ALGUNS ASPECTOS SOBRE A AUTOMAÇÃO RESIDENCIAL - DOMÓTICA**. Florianópolis, 2002

TIBA, Chigueru et al. **Atlas Solarimétrico do Brasil: banco de dados solarimétricos**. Recife, 2000.

VIDA DE SILÍCIO. Disponível

em: <https://portal.vidadesilicio.com.br/sensor-de-temperatura-ds18b20/>, 2018, acesso em 14/09/2020