



PROPOSTA DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO HÍBRIDO AUTOMATIZADO

Jéssica Caroline Falcai

Graduanda em Engenharia da Computação. Universidade de Araraquara, Araraquara-SP.
jeehfalcai@hotmail.com

Fabiana Florian

Graduada em Ciências Econômicas, Mestre em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente e Doutora em Ciências dos Alimentos e Nutricionais. Professora da Universidade de Araraquara, Araraquara-SP.
fflorian_@uniara.com

Danilo Carlos Rossetto Minhoni

Graduado em Engenharia Elétrica – Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho”, Bauru-SP. Mestre em Engenharia Elétrica – Universidade de São Paulo, Campus São Carlos-SP.
danilo_minhoni@hotmail.com

Resumo: Atualmente, inúmeros pesquisadores e estudiosos vêm buscando uma forma de economizar energia ou encontrar fontes que sejam mais sustentáveis. A energia elétrica, gerada através da energia hidráulica, no Brasil, acarreta em um alto consumo no país, sendo o chuveiro elétrico o principal responsável pelo custo elevado de energia. Considerando uma temperatura ideal para um banho (entre 29°C e 44°C), propôs-se a criação de um protótipo que considerasse a instalação de um sistema de aquecimento solar, como fonte principal de energia, a um chuveiro elétrico, de modo que esse mantivesse seu funcionamento em *stand-by* enquanto se utilizava da energia térmica do sol para aquecer a água. A temperatura da água deverá ser feita através de um controlador, com tela LCD e com programação em Arduino Uno. Este projeto foi desenvolvido com o objetivo principal de reduzir consumo de energia e água. Espera-se, após a conclusão do protótipo, verificar a redução no consumo de água e realizar considerações pertinentes para que estudos futuros possam ser feitos, a fim de enriquecer o tema de pesquisa.

Palavras-chave: Energia Elétrica; Aquecimento Solar; Arduino Uno; Água; Chuveiro Elétrico.

PROPOSAL FOR AN AUTOMATED HYBRID HEATING SYSTEM

Abstract: Numerous researchers and scholars are now seeking a way to save energy or find sources that are more sustainable. Electricity generated through hydropower in Brazil leads to high consumption in the country, with electric shower being the main factor responsible for the high energy cost. Considering an ideal temperature for a bath (between 29°C and 44°C), it was proposed the creation of a prototype that considered the installation of a solar heating system, as main source of energy, to an electric shower, so that it maintained its standby mode while using the sun's thermal energy to heat the water. The temperature of the water should be done through a controller, LCD screen and programming in Arduino Uno. This project was developed with the main

objective of reducing energy and water consumption. After the completion of the prototype, it is expected to verify the reduction in water consumption and make pertinent considerations so that future studies can be done in order to enrich the research topic.

Keywords: Electricity; Solar heating; Arduino Uno; Water; Electric shower.

1 INTRODUÇÃO

Estudiosos da área de energia têm debatido o tema em muitos países, já que se buscam, cada vez mais, ampliar e criar novas fontes de matriz energética sustentáveis. Segundo Pacheco (2006), essa questão está muito relacionada à procura por fontes diferentes de energia que sejam suficientes para a demanda interna de cada país. No entanto, para isso, nações precisam ter controle sobre suas fontes primárias de energia elétrica, térmica e veicular.

Segundo dados do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2017), nos últimos 43 anos, houve um forte aumento da energia hidráulica, bioenergia líquida e do gás natural, no Brasil, e um crescimento significativo de energia nuclear e gás natural em outros blocos de países do mundo. Isso mostra que as nações estão, realmente, em busca de outras fontes de energia, adaptando fatores que corroboram para uma escolha que atenda a demandas internas e a custos.

Outra fonte de energia que vem se destacando e alcançando um crescimento considerável no Brasil é a energia solar, que, em 2016, teve uma oferta de 44,7%, atrás, apenas, da energia eólica, que apresentou uma oferta de 54,9%. Embora os resultados apontem para o aproveitamento de novas fontes energéticas, a supremacia da matriz elétrica brasileira ainda fica por conta da geração hidráulica, com uma estrutura de 67,1% (BRASIL, 2017).

Para Pacheco (2006), a energia solar é a energia proveniente do sol, podendo ser utilizada tanto para aquecimento de ambientes, da água, quanto para a produção de energia elétrica. Além disso, esse tipo de fonte é capaz de reduzir em 70% o consumo da energia convencional, que, no caso do Brasil, é a elétrica, proveniente de fonte hidráulica.

O Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2007) afirma que o consumo de energia elétrica, por habitante, em 2020, será de 3,09 MWh e, em 2030, será de 4,15 MWh. A título de comparação, o mesmo estudo mostra que, em 2005, o consumo foi de 1,96 MWh, por habitante e, em 2010, de 2,36 MWh. Por conta desses dados, é

possível que a instalação das potências hidrelétricas receba uma expansão expressiva nos próximos anos (BRASIL, 2007).

Considerando que o aquecimento de água é essencial para a vida doméstica, especialmente para o banho, tem-se o chuveiro elétrico como um dos equipamentos que mais são capazes de consumir energia. De acordo com Tomé (2014), o chuveiro elétrico tem potências comerciais que variam de 2500W a 5600W, normalmente, causa um impacto de 20% de todo o consumo de energia em uma residência no país.

Entretanto, o aquecimento de água é possível não só através da energia elétrica, mas, também, da energia solar. De acordo com os estudos de Tomé (2014), em caráter mundial, entre os anos de 2009 e 2011, considerando países como Estados Unidos, Austrália e Canadá, a Austrália era o único que utilizava a energia solar como fonte de aquecimento para a água (PACHECO, 2006). No Brasil, segundo dados apontados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e mostrados por Tomé (2014), a energia solar é a terceira mais utilizada para aquecimento de água, atrás apenas da energia elétrica e do gás.

Além disso, outros dois fatores são importantes no aquecimento de água para o banho: a quantidade de água desperdiçada pelo chuveiro elétrico e sua temperatura. Segundo a SABESP (sd), uma ducha de 15 minutos, com o registro meio aberto, é capaz de consumir 135 litros de água; já uma ducha de 5 minutos, com o registro fechado para se ensaboar, consome 45 litros, o que corresponde a uma redução de 90 litros de água, que é o equivalente a 360 copos de 250 mL. A temperatura ideal da água que um banho deve ter oscila entre 24°C e 29°C (TV CÂMARA CAMPINAS, 2017), entretanto, a temperatura que é capaz de eliminar as impurezas do corpo é a de 44°C (NOTÍCIAS AOS MINUTOS, 2016).

Nesse contexto, entendeu-se que havia campo científico para criar um protótipo que unisse o sistema de aquecimento solar ao chuveiro elétrico, regulando a temperatura do banho e, ainda, reduzindo consumo de energia elétrica e de água. Buscou-se desenvolver um novo conceito em aquecimento de água visando a sustentabilidade do meio ambiente, a redução do desperdício de água e energia e o maior controle de temperatura da água durante o banho.

Será desenvolvido um projeto que utilizará um conjunto de materiais composto por: sistema hidráulico com caixa d'água e chuveiro elétrico, com ajuste de temperatura contínuo; um reservatório térmico de água de baixa pressão (500 L); quatro placas de aquecedor solar (1300 mm x 900 mm); dois sensores de nível para

alta e baixa pressão; dois sensores de temperatura (PT-100); um painel para seleção de temperatura do banho (entre 29 e 44°C); tubulação; válvulas hidráulicas; acionadores e controles; e silicone e veda-rosca, a fim de criar o protótipo.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema de aquecimento solar

O sistema de aquecimento solar é utilizado na maior parte das residências para o aquecimento de água, que é um dos principais usos desse tipo de energia. Ele é composto por coletores solares, reservatórios de água quente, fonte auxiliar de energia e tubulação. Segundo Lafay (2005), o coletor solar trata-se de um equipamento que tem a função de captar a energia solar e convertê-la em calor útil. Para o autor, há dois tipos de coletores: o de concentração e o plano. O coletor de concentração é usado quando o objetivo é alcançar temperaturas mais altas, já que esse consegue concentrar a energia do Sol no absorvedor de área reduzida, o que diminui as perdas de calor; o coletor plano, em contrapartida, é utilizado para atingir temperaturas abaixo de 100°C e é constituído por uma placa absorvedora, tubulação, cobertura transparente e isolamento térmico (LAFAY, 2005).

Neste trabalho, o coletor é do tipo plano, pois, de acordo com Borges (2000), os coletores desse tipo são os mais indicados para obtenção de água residencial. Além disso, ele é constituído por uma superfície negra que absorve calor, por uma malha em condução térmica e por uma caixa de isolamento térmico, o qual possui cobertura transparente, geralmente em vidro.

O reservatório de água térmico tem por função armazenar o calor que recebe do coletor solar e cedê-lo ao longo do tempo, de forma variável, de acordo com as perdas para o ambiente, o consumo de água quente e a circulação de água nos coletores (ARRUDA, 2004). Segundo Lafay (2005), o uso do reservatório é necessário devido à defasagem existente entre a quantidade de energia disponível e seu horário de consumo. Para Borges (2000), os reservatórios podem ser divididos em atmosféricos, que são semelhantes a caixas d'água comuns, e pressurizados, que são, geralmente, cilíndricos e, totalmente, preenchidos por água. Neste trabalho, o reservatório é do tipo cilíndrico.

A respeito da fonte de energia auxiliar, tem-se que ela é necessária pelo mesmo fator que o reservatório é: demanda de energia em períodos de baixa ou nenhuma radiação solar. Nessa hipótese, de não existir energia solar suficiente para o funcionamento do sistema de aquecimento, deve-se optar por uma fonte de energia auxiliar, que pode ser elétrica, a gás ou gerada por uma bomba térmica (LAFAY, 2005). Neste trabalho, optou-se pela energia elétrica.

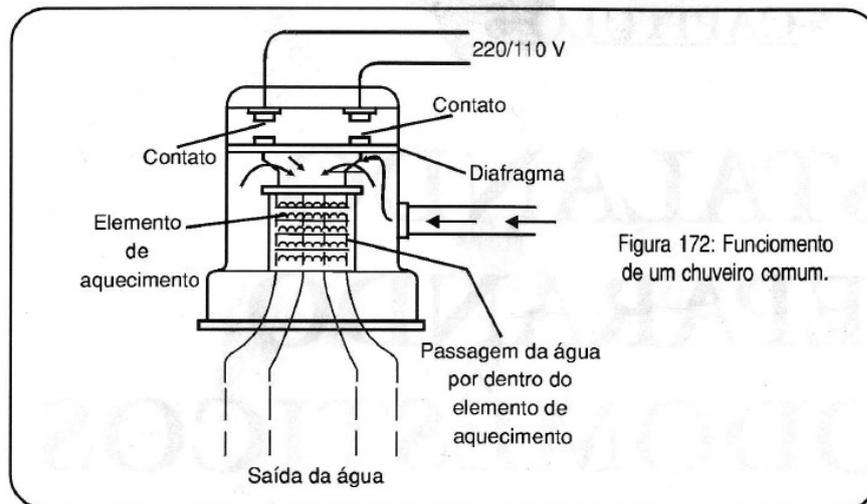
No geral, o sistema de aquecimento de água é unido por tubulações e pode ser de dois tipos: com circulação feita por termossifão (sistema passivo), caso deste trabalho, ou com circulação feita por bombeamento (sistema ativo) (LAFAY, 2005). Ainda, considerando o sistema passivo de circulação, há dois outros subtipos: direto, que utiliza energia elétrica como fonte auxiliar, e indireto, que utiliza energia a gás como fonte auxiliar (LAFAY, 2005). Neste trabalho, o sistema de circulação é do tipo passivo direto.

2.2 O chuveiro elétrico

Considerando que o objetivo principal deste projeto é criar um protótipo que consiga regular a temperatura do banho com chuveiro elétrico, através de aquecimento solar, além de reduzir o consumo de água, faz-se relevante apresentar as principais partes de um chuveiro elétrico, assim como o seu funcionamento.

Segundo Braga (1999), um chuveiro elétrico comum possui uma câmara por onde a água penetra e entra em contato com a resistência, peça que permite o aquecimento da água do chuveiro, o que só ocorre na ligação à rede de energia (Figura 1). Para o autor, quando se trata de um chuveiro elétrico, a temperatura é determinada das seguintes formas: pela potência elétrica aplicada à resistência, pelo fluxo de água e pela temperatura inicial da água.

Figura 1: Composição de um Chuveiro Elétrico

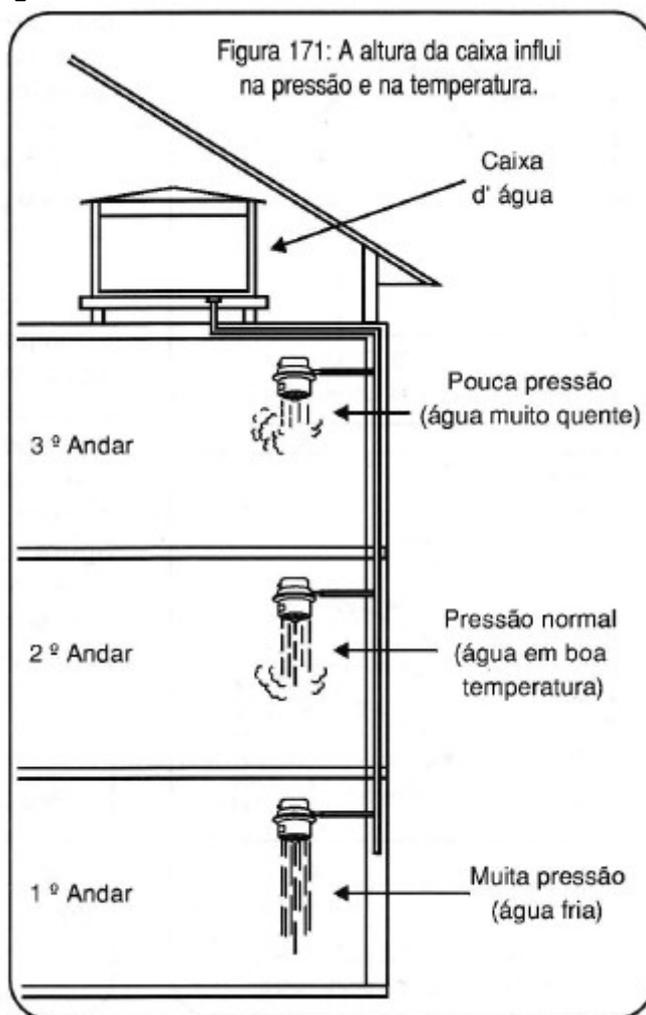


Fonte: Braga (1999, p. 64)

Quanto à potência elétrica, Braga (1999) explica que quanto menor for o tamanho da resistência, mais corrente de energia circulará por ela, aumentando, assim, a quantidade de calor gerado. O autor, neste ponto, relata que a chave “inverno” e “verão” seleciona o elemento de aquecimento, aumentando ou diminuindo a quantidade de corrente em circulação, ou seja, aumentando ou diminuindo a quantidade de calor gerado.

No que diz respeito à quantidade de água que passa pelo chuveiro, quanto maior for o volume de água, mais calor será gerado, logo, a temperatura será maior. Com relação a este fator, é necessário considerar, ainda, a pressão exercida pela água até chegar ao chuveiro: quanto maior a pressão, mais quente a água (BRAGA, 1999). A Figura 2 mostra um esquema da pressão da água até o chuveiro elétrico.

Figura 2: Pressão da água até o chuveiro elétrico



Fonte: Braga (1999, p. 63)

Por fim, o último fator que interfere, segundo Braga (1999), na temperatura da água é sua temperatura inicial. De acordo com o autor, se a água estiver muito fria, inicialmente, será necessária uma maior quantidade de energia ou potência para aquecê-la, acontecendo o contrário caso a temperatura da água não esteja tão fria no início.

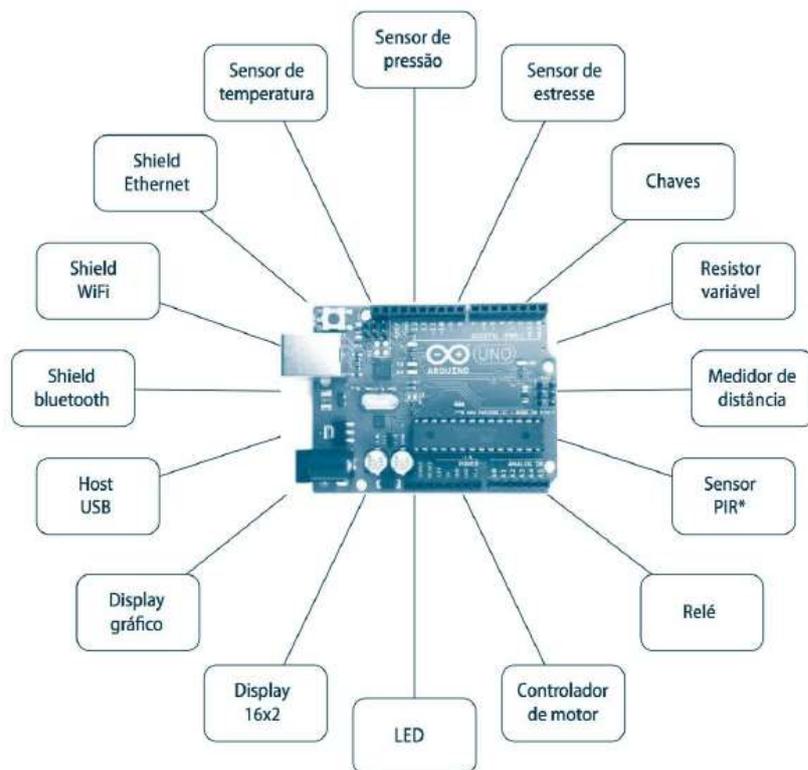
2.3 Controlador Arduino

Segundo Oliveira *et al.* (2018), o arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica que leva em consideração três conceitos: o de *hardware* (placa que possui como componente central um microcontrolador), o de *software* (linguagem de programação e ambiente de desenvolvimento) e de comunidade (grupo de pessoas que compartilham conhecimentos).

Conforme McRoberts (2011), o arduino é considerado um pequeno “computador” que processa entradas e saídas entre dispositivos e componentes externos. É possível conectar o arduino a LEDs, *displays*, botões, interruptores, motores, sensores de temperatura, entre outros (Figura 3). No caso deste trabalho, o arduino estará conectado a um sensor de temperatura.

É preciso, no entanto, diferenciar um arduino de um computador convencional, pois aquele possui pouca memória e não possui um sistema operacional e entradas e saídas, como teclado, mouse e monitor. O propósito do arduino como um “computador” está, apenas, no fato de que é possível, através dele, controlar interfaces com sensores e atuadores (MONK, 2015).

Figura 3: Interfaces do Arduino

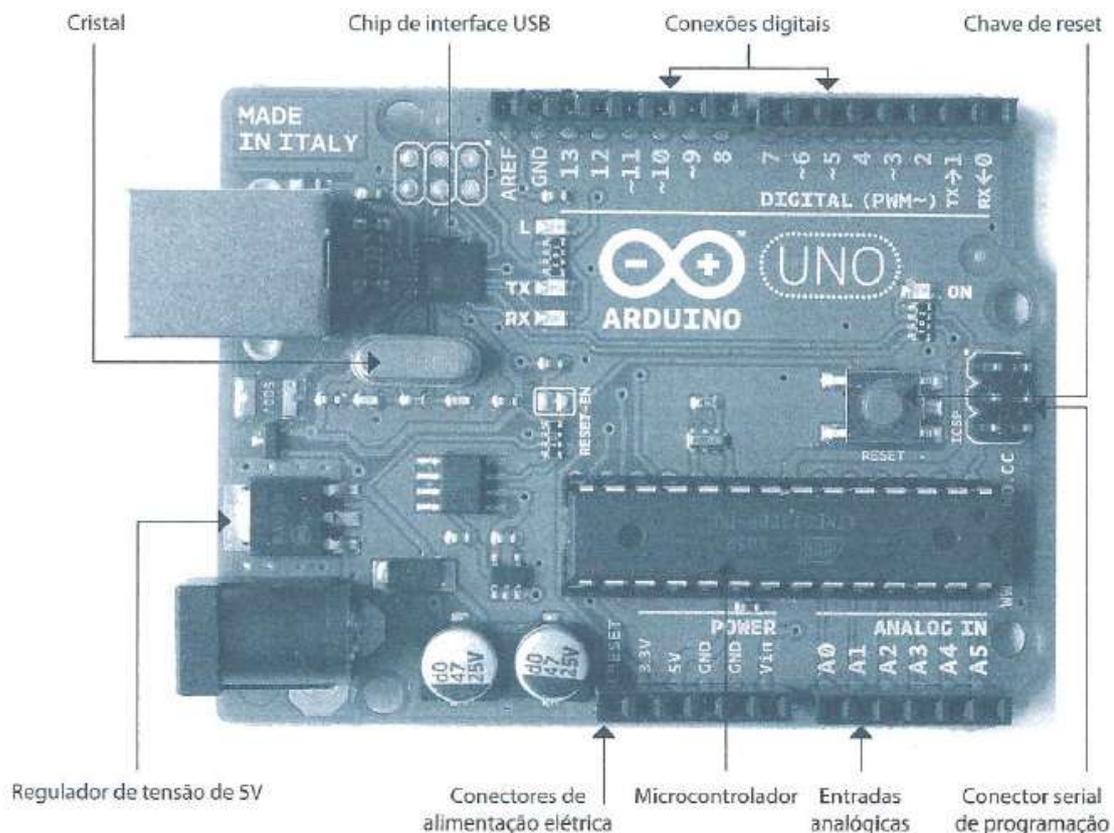


Fonte: Monk (2015, p. 7)

Para o desenvolvimento do protótipo em questão, optou-se pelo uso do Arduino Uno, que, segundo Monk (2017), utiliza um *chip* USB diferente de outras placas de arduino, tornando mais fácil a instalação do *software* e a velocidade de troca de informações com o computador. Esse arduino será responsável por controlar a temperatura da água e ligar ou desligar o chuveiro elétrico. Para este estudo, o Arduino Uno foi escolhido por ser mais fácil de encontrar no mercado, ser mais barato e ser usado em prototipagem.

De acordo com Monk (2017), uma placa de arduino (Figura 4) é composta por: fonte de alimentação, conexões de alimentação elétrica, entradas analógicas, conexões digitais, microcontrolador, oscilador a cristal, chave de *reset*, conector serial de programação e *chip* de interface USB. Com relação à fonte de alimentação, essa é de 5V e pode receber uma tensão entre 7V e 12V; as conexões de alimentação elétrica são compostas pelo botão de *reset* e outros pinos de diversas tensões; as entradas analógicas referem-se a seis pinos indicados como *Analog in*, de A0 a A5, os quais são usados para medir a tensão de cada um desses pinos; as conexões digitais condizem com os pinos digitais, de 0 a 13, os quais podem ser usados como entradas ou saídas; o microcontrolador é um dispositivo retangular preto com 28 pinos e é responsável por buscar instruções da programação e executá-las; o oscilador a cristal realiza ciclos de oscilações por segundo; a chave *reset* envia um pulso lógico, quando ativada, para o pino *reset* do microcontrolador; o conector serial de programação é um meio para programar o arduino sem a porta USB; e, por fim, o *chip* de interface USB converte níveis em padrão USB para níveis usados diretamente pela placa do arduino.

Figura 4: Placa de Arduino



Fonte: Monk (2017, p. 8)

A fim de realizar a programação do Arduino Uno, é necessário um programa, denominado *sketch* (programa vazio), que apresenta duas funções: o *setup* e o *loop*. A primeira função deve conter o código que será executado e a segunda é responsável por dar continuidade à execução, até que outro *sketch* seja carregado na memória do arduino (OLIVEIRA *et al.*, 2018). Tendo os dois, é preciso, segundo Monk (2017), transferir o *sketch* para a placa de arduino; para isso, basta conectar, através do cabo USB, a placa com o computador.

2.4 Sistema de controle

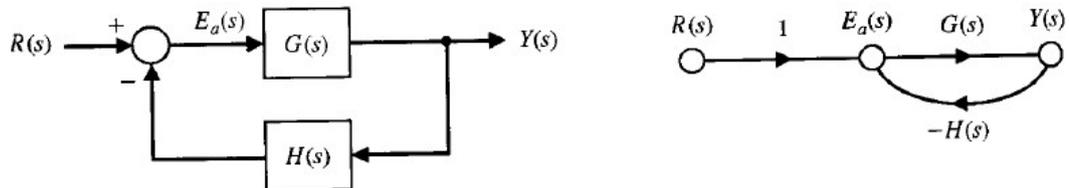
Para que seja possível controlar a temperatura através do arduino, é necessário, ainda, considerar a teoria a respeito dos sistemas de controle, que podem ser de malha aberta ou fechada. Para Ogata (2010), esses sistemas, por levarem em consideração a entrada e a saída de referência, são denominados sistemas de controle com realimentação. De acordo com o autor, esses sistemas não estão limitados, apenas, à engenharia, sendo possível encontra-lo em outras áreas, como, por exemplo, no próprio corpo humano, no qual a temperatura corporal e a pressão sanguínea são mantidas constantes e estáveis graças a um processo de realimentação de ordem fisiológica.

Segundo Senai (1999), o sistema de controle de malha aberta não depende da saída, ou seja, o controle independe dela, como é o caso da máquina de lavar roupa, que executa as entradas de molhar, lavar e enxaguar, mas não verifica se as etapas foram cumpridas. Para Bayer e Araújo (2011), a principal vantagem do sistema de malha aberta é sua simplicidade de aplicação e baixo custo; conforme o autor, são elementos básicos da malha aberta o controlador (envia sinais ao processo, conforme ajustes) e processo (sistema no qual se controla a variável).

Já o sistema de controle de malha fechada (Figura 5) é dependente da saída, o que corresponde ao tipo de sistema de controle adotado para o projeto aqui descrito (SENAI, 1999). De acordo com Bayer e Araújo (2011), os componentes básicos de um sistema de controle em malha fechada são: comparador (responsável por comparar os valores de medição e saída e indicar o quanto o sinal de saída está longe do sinal de entrada), controlador (determina a ação com base na resposta do comparador), atuador (ajusta e altera a variável controlada), processo (sistema no

qual se controla a variável) e sensor (componente que lê a variável na saída e envia um sinal para o comparador).

Figura 5: Sistema de controle em malha fechada

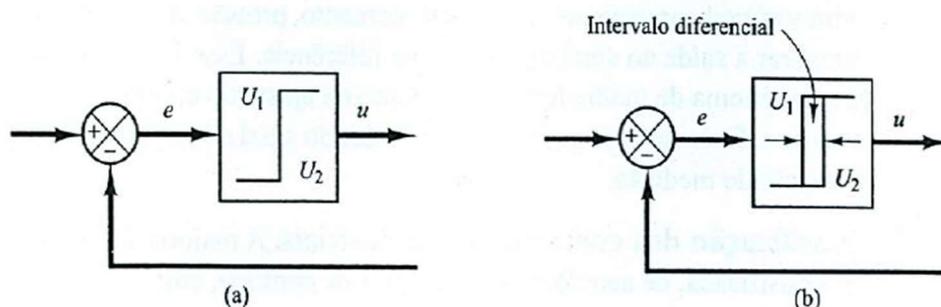


Fonte: Dorf e Bishop (2001, p. 140)

Segundo Ogata (2010, p. 7), existem uma vantagem do sistema de malha fechada sobre o de malha aberta, que é o fato da realimentação tornar a resposta do sistema insensível a “distúrbios externos e a variações internas nos parâmetros do sistema”. Por conta disso, é possível obter um sistema de controle de malha fechada com o uso de componentes imprecisos e baratos, o que não é possível no sistema de controle de malha aberta. Outra vantagem apontada por Bayer e Araújo (2011) é que os sistemas de malha fechada são mais estáveis que os de malha aberta, pois apresentam menor sensibilidade a mudanças.

No protótipo deste projeto, a ação do controle será do tipo *on-off* (liga e desliga), o que, de acordo com o Senai (1999), é a ação mais simples e mais barata de implementar, tanto para controle industrial quanto para controle doméstico. Ainda, todo controlador que é do tipo *on-off* (Figura 6) tem como características: a correção independente da intensidade do desvio, ganho infinito, oscilações durante o processo e erro de *off-set* (SENAI, 1999).

Figura 6: Controlador on-off



Fonte: Ogata (2010, p. 20)

Conforme Bayer e Araújo (2011), um controlador do tipo *on-off* é considerado básico e é usado em muitos sistemas de controle. O sistema de atuação, com esse controlador, começa com a comparação entre o sinal de entrada com realimentação; caso a saída supere a entrada, o atuador é desligado; caso a saída seja menor, o atuador é ligado. Para o autor, o controlador *on-off* possui, ainda, a vantagem de oferecer simplicidade e baixo custo; a desvantagem fica por conta da oscilação da saída entre os limites de atuação do controlador.

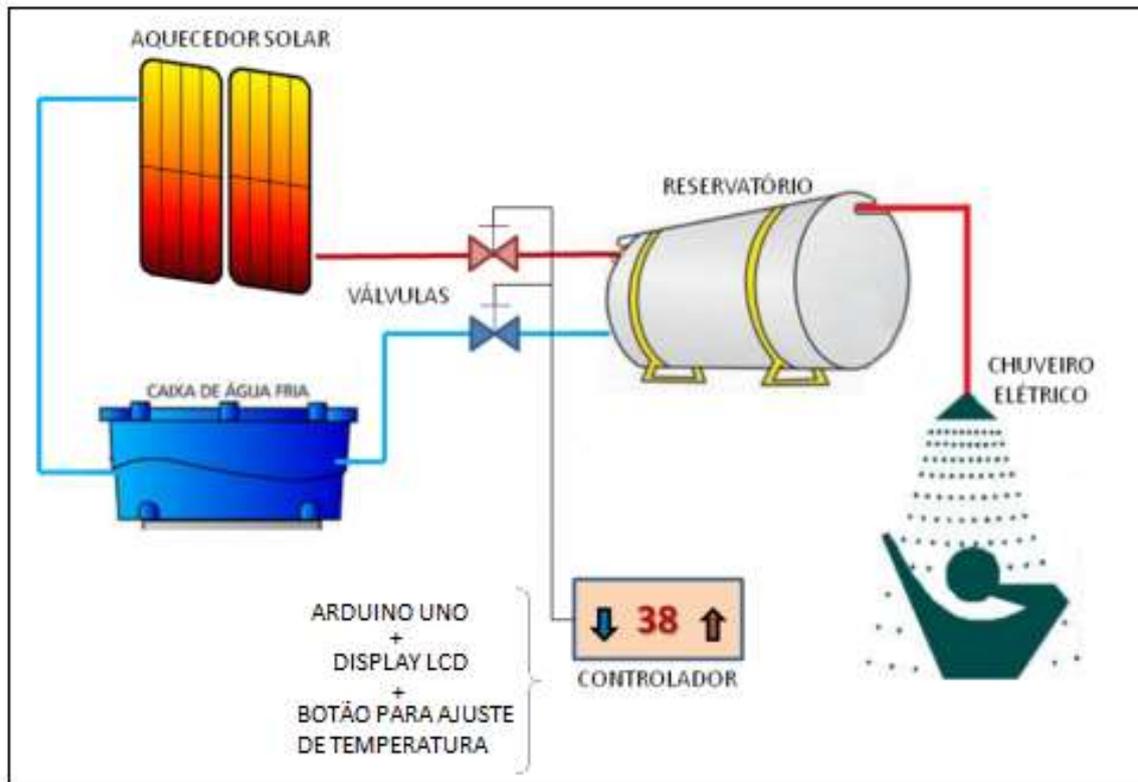
3 MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizada pesquisa bibliográfica composta por revisão de literatura do conteúdo necessário para compreender o desenvolvimento do protótipo para o sistema de aquecimento híbrido automatizado. Foi proposta a criação do protótipo e, a seguir, são apresentadas as etapas de desenvolvimento do projeto.

O projeto a ser desenvolvido contém, como materiais, os seguintes: sistema hidráulico com caixa d'água e chuveiro elétrico com ajuste de temperatura contínua; um reservatório térmico de água, com capacidade para 500 L; quatro placas de aquecedor solar de 1300 mm x 900 mm, da marca (a definir); dois sensores de nível para alta e baixa pressão, do tipo (a definir), da marca (a definir); dois sensores de temperatura PT-100; um painel para seleção de temperatura do banho (entre 29° C e 44° C), com *display* LCD; tubulação, válvulas hidráulicas e acionadores e controles de Arduino Uno.

Após a seleção de materiais, o método a ser aplicado é o de combinar o chuveiro elétrico com o sistema de aquecimento solar para banho, no qual o chuveiro deverá ficar em funcionamento como *back-up* até que o nível de temperatura do painel esteja nivelado. Para isso, o sistema de aquecimento solar continua em funcionamento e desliga o chuveiro elétrico, evitando o desperdício de água que é consumida por banho. Na Figura 7, é possível ver um esboço do projeto.

Figura 7: Esboço da proposta de sistema de aquecimento híbrido automatizado



Fonte: Autoria Própria (2018)

Como visto na Figura 6, o controlador é responsável por determinar a temperatura do banho; esse é composto pelo Arduino Uno, por um *display* LCD e um botão para o ajuste. Para que o usuário consiga executar o sistema, deve seguir as seguintes etapas: ajustar a temperatura do banho no painel, ligar o chuveiro, aguardar o funcionamento do chuveiro através da energia elétrica, aguardar o chuveiro ficar em *stand-by* e em funcionamento apenas com o sistema de aquecimento solar.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir de uma fundamentação teórica baseada em uma revisão de literatura, foi possível identificar que há, no Brasil, um grande consumo proveniente da energia elétrica. Um dos grandes responsáveis por esse alto consumo é o chuveiro elétrico, que não só se utiliza de muita energia como também propicia o desperdício de água. Neste contexto, encontrou-se uma oportunidade para desenvolver um protótipo envolvendo programação em Arduino Uno, para o controle de temperatura de banho e conseqüente redução do consumo de energia elétrica e desperdício de água.

Este artigo trouxe, em meio ao seu conteúdo, as justificativas para realização do estudo e projeto, angariando um valor ao tema de pesquisa. Apesar de o protótipo

ainda se basear apenas em um esboço e não ter sido, de fato, aplicado, entende-se que ele poderá ser de uso compensatório, já que, na prática, possui conceitos e aplicações que podem reduzir consumo de energia e água. Da conclusão do projeto, poder-se-á obter resultados mais precisos, o que pode ser objetivo de pesquisas futuras.

Referências

ARRUDA, Laerte Bernardes. **Operação de sistemas de aquecimento solar de água com controle de vazões em coletores planos**. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

BAYER, Fernando Mariano; ARAÚJO, Olinto César Bassi de. **Controle Automático de Processos**. Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria, 2011.

BORGES, T. P. F. **Síntese otimizada de sistemas de aquecimento solar de água**. Campinas, 2000. 128 p. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas.

BRAGA, Newton C. **Instalações elétricas sem mistérios**. Tatuapé-SP: Editora Saber Ltda, 1999.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Matriz Energética Nacional 2030**. 2007.

BRASIL, Ministério de Minas e Energia. Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. **Resenha Energética Brasileira**. 2017.

DORF, R. C.; BISHOP, Robert H. **Sistemas de controle modernos**. Livros Técnicos e Científicos, 2001.

LAFAY, Jean-marc Stephane. **Análise energética de sistemas de aquecimento de água com energia solar e gás**. 2005. 173 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

MCRBERTS, Michael. **Arduino básico**. São Paulo: Novatec, 2011.

MONK, Simon. **Programação com Arduino: começando com Sketches**. Bookman Editora, 2017.

MONK, Simon. **Programação com Arduino II: passos avançados com sketches** [recurso eletrônico]. Porto Alegre: Bookman, 2015.

NOTÍCIAS AOS MINUTOS. **Eis a temperatura ideal para tomar banho ou duche**. Disponível em: <<https://www.noticiasominuto.com/lifestyle/514459/eis-a-temperatura-ideal-para-tomar-banho-ou-duche>> Acesso em: 17 de maio de 2018.

OGATA, Katsuhiko. **Engenharia de controle moderno**. São Paulo: Pearson Prentice Hall do Brasil, 2010.

OLIVEIRA, Cláudio Luís Vieira *et al.* **Aprenda Arduino: uma abordagem prática**. Duque de Caxias: Katzen Editora, 2018.

PACHECO, Fabiana. Energias Renováveis: breves conceitos. **Conjuntura e Planejamento**, v. 149, p. 4-11, 2006.

SABESP-Serviço de abastecimento do Estado de São Paulo. **Dicas e Testes**. Disponível em: <<http://site.sabesp.com.br/site/interna/Default.aspx?secaold=184>> Acesso em: 17 de maio de 2018.

SENAI. **Fundamentos de controle de processo**. Vitória-ES: SENAI, 1999.

TOMÉ, M. C., **Análise do Impacto do Chuveiro Elétrico em Redes de Distribuição no Contexto da Tarifa Horossazonal**. Dissertação de mestrado, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação, 81 f., UNICAMP, Campinas, 2014.

TV CÂMARA CAMPINAS. **Fica a dica: banho – Qual a temperatura ideal da água?** 2017. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=rwi6OGpzW3s>> Acesso: em 17 de maio de 2018.