



CONTROLE DE TEMPERATURA DE ÁGUA PARA EDIFÍCIOS ATRAVÉS DE SISTEMAS ALTERNATIVOS DE AQUECIMENTO

Marcel Rodrigues Moreira Barbosa¹, Oberdan Pinheiro Rocha²

¹ SENAI CIMATEC, E-mail: marcel_cel17@hotmail.com;

² SENAI CIMATEC, E-mail: oberdan.pinheiro@fieb.org.br;

CONTROL OF WATER TEMPERATURE FOR BUILDINGS THROUGH ALTERNATIVE HEATING SYSTEMS

Resumo: Com a demanda crescente de energia elétrica houve a necessidade de busca por alternativas para atender a demanda de consumo, sendo assim, este trabalho tem como objetivo projetar um sistema de controle de temperatura para chuveiro com aquecimento solar e a gás para residências com distribuição de água encanada. Nesse projeto os usuários selecionarão a temperatura desejada e o sistema fornecerá a água com a temperatura precisa almejada. O controle será feito através da variação do fornecimento de água fria e quente sendo misturadas antes do destino final. O sistema inteligente só acionará o aquecedor a gás caso o Set Point seja maior que a temperatura do tanque acumulativo. Desta forma essa pesquisa tem por objetivo propor um sistema sustentável e viável de controle de temperatura de água.

Palavras-Chaves: *aquecimento a gás; coletor solar; controle; eficiência energética.*

Abstract: With the increasing demand for electrical energy, there was a need to search for alternatives to meet consumer demand, and this work aims to design a temperature control system for shower with solar and gas heating for residences with water distribution Piped In this project users will select the desired temperature and the system will provide the water with the desired temperature accuracy. Control will be done by varying the supply of hot and cold water being mixed before the final destination. The intelligent system will only power the gas heater if Set Point is greater than the cumulative tank temperature. In this way, this research aims to propose a sustainable and feasible water temperature control system.

Keywords: *gas heating; solar collector; control; energy efficiency.*



1. INTRODUÇÃO

A matriz energética brasileira tem em sua maior proporção dependência da energia hidráulica, que é um dos tipos de energia renovável. Mas com as mudanças climáticas houve reduções significativas nos níveis de água dos reservatórios o que afetou a produção de energia elétrica através das hidrelétricas. O uso de energias alternativas é uma das opções para atenuar o uso de fontes poluentes como as termoelétricas.

Por ser abundante em todo território nacional, sua fonte ser inesgotável e limpa, ter um baixo impacto ambiental e sua versatilidade nas transformações, a energia solar vem sendo considerada cada vez mais promissora, e seus principais usos no Brasil são a fotovoltaica e para aquecimento de água. O aquecimento de água nas residências é utilizado principalmente nos banhos e na sua grande maioria é feito através dos chuveiros elétricos o que aumenta a demanda de energia elétrica.

Desta forma, o trabalho focará no sistema automatizado com fonte de energia solar e a gás, para aquecimento de água em edifícios. Este processo representa uma grande economia de energia elétrica, que reflete diretamente no uso das fontes de energia mais difundida no País atualmente, redução da utilização de energia não renovável, menor investimento em linhas de transmissão e distribuição, redução econômica e ganho ambiental.

O projeto foca na redução da demanda de energia elétrica residencial e no controle de temperatura. A economia se dará pela não utilização dos chuveiros elétricos e manutenção do conforto térmico, além de ser um sistema automático confiável e preciso na temperatura selecionada.

A função do sistema de controle do projeto será monitorar a temperatura da água, seleção dos sistemas de aquecimento e os controles de acionamento de bombas e válvulas. A programação do sistema permitirá o ajuste fino do projeto sem desperdício de energia e água e mantendo conforto térmico dos usuários. A confiabilidade é outro ponto positivo de um sistema automatizado. Nesse sentido, este trabalho tem por objetivo propor um modelo de controle de temperatura residencial viável, além de poder ser utilizado como fonte de pesquisas para futuros estudos nesta área.

1.1. Energia Elétrica

Energia elétrica é a capacidade de uma corrente elétrica realizar trabalho que é gerada a partir da diferença de potencial elétrico entre dois pontos.

1.2. Energia Solar



Quase todas as fontes de energia hidráulica, biomassa, eólica, combustível fóssil e dos oceanos são formas indiretas de energia solar. Além disso, a radiação solar pode ser utilizada diretamente como fonte de energia térmica, para aquecimento de fluidos e ambientes e para geração de potência mecânica ou elétrica. Pode ainda ser convertida diretamente em energia elétrica, através de efeitos sobre determinados materiais, entre os quais se destacam o termoelétrico e o fotovoltaico (ANEEL, 2013a).

1.3. Energia Fotovoltaica

A energia solar fotovoltaica é uma tecnologia que converte diretamente a energia solar em eletricidade. Com a crescente preocupação com as questões relacionadas ao meio ambiente, a população vem crescentemente optando por processos e metodologias cada vez mais limpas. A expansão do uso da energia Solar Fotovoltaica confirma a mudança de comportamento da sociedade com o passar do tempo.

Diferentemente dos sistemas solares térmicos, que são empregados para realizar aquecimento ou para produzir eletricidade a partir da energia térmica do sol, os sistemas fotovoltaicos têm a capacidade de captar diretamente a luz solar e produzir corrente elétrica (VILLALVA; GAZOLI, 2012, p. 21). Com isso, fica nítido que o sistema fotovoltaico é um processo simples e ecologicamente correto de transformação de energia.

Este tipo de obtenção de energia elétrica utiliza-se do princípio do efeito fotovoltaico que através da radiação solar (calor e luz) que incide nas células de matérias semicondutoras com características peculiares gera-se uma diferença de potencial. Até o momento a matéria prima mais adequada e utilizada é o silício, pois ao ser comparado com alguns elementos da natureza se destaca por ser abundante e ter características superiores.

1.4. Energia Solar Térmica

Nestes sistemas, a energia é captada através de painéis solares térmicos, também chamados de coletores solares. São os sistemas mais simples, econômicos e conhecidos de aproveitamento do sol, sendo utilizados em casas, hotéis e empresas para o aquecimento de água para chuveiros ou piscinas, aquecimentos de ambientes ou até em processos industriais. Os painéis são simples e têm a função de transferir o calor da radiação solar para a água ou óleo que passa por dentro deles para então ser utilizado como fonte de calor (NEOSOLAR, 2014).

O conceito de energia solar térmica ou termo solar consiste na transformação da radiação solar em calor ou energia térmica, através de painéis coletores.



Essa fonte energética é capaz de aquecer a água de forma direta, com temperaturas que variam entre 40 a 50 graus celsius. A produção de energia reduz os impactos ambientais por ser uma fonte de energia limpa ou renovável.

A água aquecida é armazenada e destinada ao uso residencial, industrial, calefação de espaços, dentre outras possibilidades.

O Brasil tem grande potencial para a produção desse tipo de energia devido a sua localização geográfica. A energia termo solar é classificada como a mais econômica e rentável das energias renováveis.

Diante da realidade e necessidade de utilização de uma energia limpa em todos os setores da sociedade, os profissionais preparados para a elaboração e construção desses sistemas certamente terão mais e melhores chances no mercado de trabalho (MEIOAMBIENTENEWS, 2013).

1.5. Aquecedor Acumulativo

O aquecedor de água do tipo acumulação é um aparelho constituído basicamente por um reservatório de água e uma unidade de aquecimento, que mantém o volume de água armazenado aquecido e disponível para consumo. Este aquecimento é controlado através de termostato, podendo ser ajustado conforme as necessidades do usuário, ligando ou desligando a unidade de aquecimento. Os reservatórios são protegidos com isolante térmico, reduzindo assim a transmissão do calor da água quente armazenada para o ambiente (COMGAS; ABRISTAL, 2011).

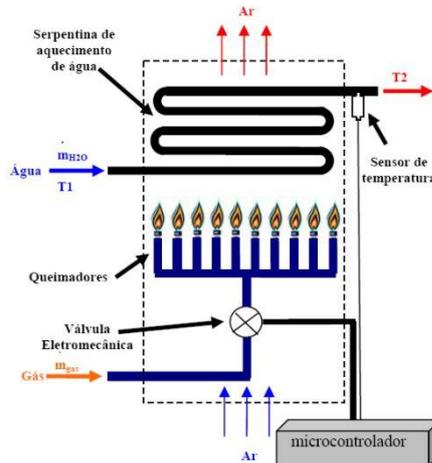
1.6. Aquecedor de Passagem

A água fria passa por um sistema de serpentina distribuída ao redor da câmara de combustão (local onde a chama fica acesa). Desta forma a água é aquecida gradualmente, à medida que passa pelo aparelho. Neste sistema não há necessidade do aparelho ter um reservatório por acumulação, por tanto, o consumo da água é imediato (BRASILTEC,2011).

No aquecedor de passagem o líquido passa pela serpentina localizada no interior do aquecedor e simultaneamente a chama do queimador é acesa o que eleva a temperatura do líquido como descrita na Figura 01.



Figura 01: Funcionamento do aquecedor a gás



Fonte: (BRASILTEC,2011)

1.7. Atuadores

Este é o músculo da válvula e sua função é converter o sinal de comando enviado pelo controlador em um ajuste físico na variável de processo. Ele converte um sinal industrial padrão para acionar a válvula, movimentando seu obturador. O atuador pneumático fornece um sinal de 3 a 15psig para movimentar o obturador. Um transmissor I/P converte um sinal de 4 a 20 mA (miliamper) em sinal pneumático de 3 a 15 psig, através de um fornecimento de ar de 20 psig (MATHIAS, 2015).

1.8. Controlador Lógico Programável

Um CLP (Controlador Lógico Programável) é um computador especializado, baseado em um microprocessador que desempenha funções de controle através de softwares desenvolvidos pelo usuário (cada CLP tem seu próprio software). Em outras palavras, Os CLP's tem a capacidade de executar tarefas previamente programadas, e controlar sequências de operações sem a intervenção humana.

2. METODOLOGIA

O sistema de aquecimento de água para uso residencial terá sua temperatura controlada pela vazão das válvulas do tanque de água fria e do tanque acumulativo de água quente, essa mistura irá para o tanque de mistura e posteriormente para o destino final. O tanque acumulativo de temperatura será revestido por um material que impeça a troca de calor com o meio e seu



interior preenchido por serpentinas que fará a troca de calor com a água aquecida nos coletores solares. O tanque de mistura terá sensores de nível e temperatura, além de uma bomba para esvaziar o recipiente caso os parâmetros não sejam atendidos. O aquecedor a gás, só será ativado caso o sistema de aquecimento solar não supra a necessidade da planta, e estará localizado imediatamente antes ao tanque de mistura.

O sistema de controle irá fazer as leituras das temperaturas instantâneas do tanque acumulativo, do tanque de água fria, do misturador, do set point e dos desvios do sistema, controlará a aberturas das válvulas e o acionamento do aquecedor a gás. Outra função é o controle dos níveis dos reservatórios e acionamento das bombas de realimentação do tanque acumulativo de temperatura, que só será ligada caso o nível esteja no máximo e a temperatura desejada não seja alcançada.

Desta forma, descrevendo o funcionamento do sistema tem as situações abaixo:

- Aquecimento de água nos coletores solares;
- Troca de calor no tanque acumulativo;
- Acionamento das válvulas permitindo a liberação de água quente e fria para o tanque de mistura;
- Leitura da temperatura através de sensor;
- Caso a temperatura não seja atendida é acionada uma bomba no tanque de mistura para o tanque acumulativo reiniciando o processo. Caso a temperatura seja atendida haverá a liberação da água para o chuveiro.

Caso a temperatura do Set Point seja maior que a do tanque acumulativo o acionamento do aquecedor a gás e travamento da válvula do tanque de água fria para o tanque de mistura serão automático.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para obtenção da simulação do controle de temperatura de água do sistema proposto foi realizado cálculos utilizando formulas da Termodinâmica, sendo considerado um sistema de troca de calor ideal, ou seja, sem perda de temperatura para o meio externo.

Considerando o sistema ideal citado onde a soma das quantidades de calor do processo é igual a zero, as deduções simplificaram as fórmulas para alcance das equações necessárias, e posterior lançamento no sistema.

$$\Sigma Q = 0 \quad \Leftrightarrow \quad Q_{aq} + Q_{af} = 0 \quad (1)$$



$$Q = mc\Delta t \quad (2)$$

Sendo, Q = Quantidade de Energia

Q_{aq} = Quantidade de Energia de Água Quente

Q_{af} = Quantidade de Energia de Água Fria

m = Massa

c = Capacidade Térmica

Δt = Diferença de Temperatura

Como é o mesmo líquido, o calor específico é igual, sendo assim a fórmula se reduz a:

$$Q = m\Delta t \quad \Leftrightarrow \quad Q = m (T_{final} - T_{inicial}) \quad (3)$$

$$| m_{af} (T_{set\ point} - T_{af}) | = | m_{aq} (T_{set\ point} - T_{aq}) | \quad (4)$$

Onde, m_{af} = Massa de Água Fria

m_{aq} = Massa de Água Quente

T_{set point} = Temperatura do Set Point

T_{af} = Temperatura da Água Fria

T_{aq} = Temperatura de Água Quente

Dividindo pelo tempo, encontrou – se a vazão mássica (V),

$$| V_{af} (T_{set\ point} - T_{af}) | = | V_{aq} (T_{set\ point} - T_{aq}) | \quad (5)$$

Em que, V_{af} = Vazão mássica de água fria

V_{aq} = Vazão mássica de água quente

A nível de programação, foi considerado que:

$$V_{af} = (T_{set\ point} - T_{aq}) \quad (6)$$



e

$$V_{aq} = (T_{set\ point} - T_{af}) \quad (7)$$

Através da utilização das equações encontradas acima, foi elaborada a Tabela 01 abaixo.

Tabela 01: ΔT da Água x Sinais

Temp. Água Fria (°C)	Temp. Água Quente (°C)	Set Point (°C)	ΔT (Temp. Água Fria - Set Point) (°C)	ΔT (Temp. Água Quente - Set Point) (°C)	Sinal Válvula Água Fria (mA)	Sinal Válvula Água Quente (mA)
20	50	20	0	30	20	4
20	50	21	1	29	19	5
20	50	22	2	28	19	5
20	50	23	3	27	18	6
20	50	24	4	26	18	6
20	50	25	5	25	17	7
20	50	26	6	24	17	7
20	50	27	7	23	16	8
20	50	28	8	22	16	8
20	50	29	9	21	15	9
20	50	30	10	20	15	9
20	50	31	11	19	14	10
20	50	32	12	18	14	10
20	50	33	13	17	13	11
20	50	34	14	16	13	11
20	50	35	15	15	12	12
20	50	36	16	14	11	13
20	50	37	17	13	11	13
20	50	38	18	12	10	14
20	50	39	19	11	10	14
20	50	40	20	10	9	15
20	50	41	21	9	9	15
20	50	42	22	8	8	16
20	50	43	23	7	8	16
20	50	44	24	6	7	17
20	50	45	25	5	7	17
20	50	46	26	4	6	18
20	50	47	27	3	6	18



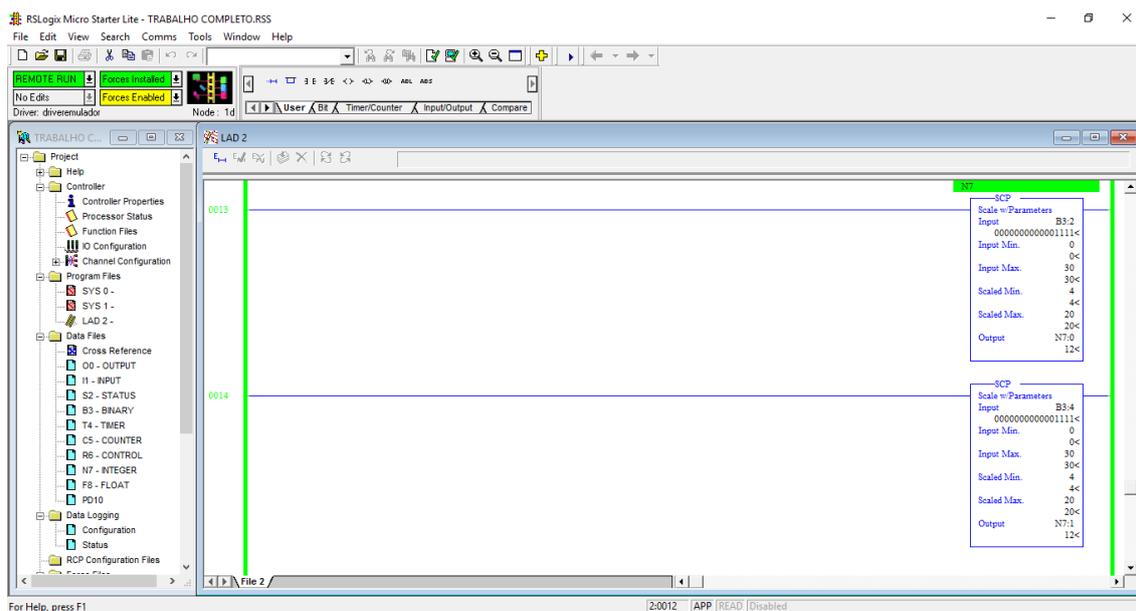
20	50	48	28	2	5	19
20	50	49	29	1	5	19
20	50	50	30	0	4	20

Fonte: do Autor

Nesta tabela, foi considerado a temperatura da água fria em 20° C e a temperatura da água quente 50° C, e todos os possíveis Set Points do sistema. Sendo assim, foi possível obter a intensidade dos sinais a serem enviadas as válvulas, o que ratifica a assertividade das equações citadas acima. Desta forma a abertura da válvula é diretamente relacionada à diferença de temperatura das águas e aos seus respectivos Set Points.

Com o objetivo de validar os cálculos e simular um programa de controle de temperatura foi utilizado o sistema RsLogix Micro Starter Lite, conforme Figura 02, que consiste na leitura dos parâmetros de entrada, processamento de dados, ação de controle e verificação das saídas.

Figura 02: Tela de simulação do programa



Fonte: do Autor

4. CONCLUSÃO

O crescimento da utilização de energias renováveis a exemplo da energia solar foi em decorrência da possível redução e/ou esgotamento das fontes não renováveis existentes. As pesquisas desenvolvidas neste artigo exemplifica o assunto discutido, através dos resultados obtidos neste trabalho. Desta forma o objetivo principal desta pesquisa foi alcançado, sendo possível sugerir um modelo de controle de temperatura residencial viável.

O sistema de aquecimento utilizado neste estudo teve resultados satisfatórios, sendo simulados através de um sistema confiável que neste caso



foi utilizado o RsLogix Micro Starter Lite, o que garantiu a confiabilidade dos dados encontrados.

Vale ressaltar que o sistema supracitado utilizado, traz inúmeros benefícios para os consumidores, como temperatura constante, redução de energia elétrica, redução de custos, conforto térmico (não há necessidade de aguardar o chuveiro esquentar), entre outras.

Sendo assim, recomenda – se a utilização de aquecimento de águas através do sistema de energia solar para residências de qualquer porte podendo se beneficiar com as benfeitorias já mencionadas.

5. REFERÊNCIAS

¹ ANEEL, A. N. de E. E. **Energia Solar**. 2013. Disponível em: <[http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar\(3\).pdf](http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf)>. Acesso em: 22 jun. 2017.

² BRASILTEC. **Como funciona o aquecedor a gás**. 2011. Disponível em: <<http://www.brasiltec.com.br/blog.php?d=2>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

³ COMGAS; ABRISTAL. **Sistemas de Aquecimento de Água para Edifícios através da associação Energia Solar e Gás Natural**. 2011. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/manuais/Manual_Tecnico_para_Projeto_e_Construcao_de_Sistemas_de_Aquecimento_Solar_e_Gas_Natural.pdf>. Acesso em: 23 jun. 2017.

⁴ MATHIAS, Artur Cardozo. **Controle de Fluxo Através de Válvulas Manuais e Automáticas**. 2015. Disponível em: <<http://fluidcontrols.com.br:7080/site/upload/pdf/Controle-de-Fluxo-Atraves-de-Valvulas-Manuais-e-Automaticas.pdf>>. Acesso em: 21 jun. 2017.

⁵ MEIOAMBIENTENEWS. **O que é energia solar térmica?**. 2013. Disponível em: <[http://www.meioambientenews.com.br/conteudo.ler.php?q\[1%7Cconteudo.idcategoria\]=26&id=6560](http://www.meioambientenews.com.br/conteudo.ler.php?q[1%7Cconteudo.idcategoria]=26&id=6560)>. Acesso em: 20 jun. 2017.

⁶ NEOSOLAR. **Energia Solar Térmica**. 2014. Disponível em: <<https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-termica>>. Acesso em: 20 jun. 2017.

⁷ VILLALVA, M. G.; GAZOLI, J. R. **Fonte Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 1. ed. São Paulo: Editora Erica, 2012.