



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

TALISON ROBERTO RODRIGUES SALES

**O USO DA ENERGIA SOLAR NAS OBRAS CIVIS:
UM ESTUDO SOBRE O AQUECIMENTO DE ÁGUA POR SISTEMA DE
COLETORES SOLARES EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

Palhoça

2017

TALISON ROBERTO RODRIGUES SALES

**O USO DA ENERGIA SOLAR NAS OBRAS CIVIS:
UM ESTUDO SOBRE O AQUECIMENTO DE ÁGUA POR SISTEMA DE
COLETORES SOLARES EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientador: Prof. Norma Beatriz Camisão Schwinden, Esp.

Palhoça

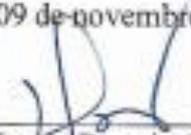
2017

TALISON ROBERTO RODRIGUES SALES

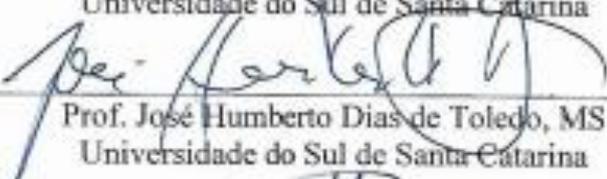
**O USO DA ENERGIA SOLAR NAS OBRAS CIVIS:
UM ESTUDO SOBRE O AQUECIMENTO DE ÁGUA POR SISTEMA DE
COLETORES SOLARES EM EDIFÍCIOS RESIDENCIAIS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Engenheiro Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

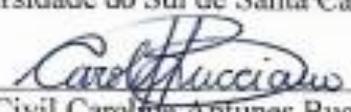
Palhoça, 09 de novembro de 2017



Professor e orientador: Nerina Beatriz Camisão Schwinden, Esp
Universidade do Sul de Santa Catarina



Prof. José Humberto Dias de Toledo, MS
Universidade do Sul de Santa Catarina



Eng. Civil Caroline Antunes Bucciano
EB Engenharia Ltda.

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por ser sempre a minha força e meu caminho, pois sem Ele não seria possível esta vitória.

Aos meus pais Arinete e Adeilson por serem a minha base, e a minha motivação para chegar até aqui.

AGRADECIMENTOS

Aos meus familiares que sempre me apoiaram e me dão forças para continuar sempre em busca dos meus objetivos.

Aos professores que contribuíram cada um em sua área com os seus conhecimentos compartilhados ao longo da minha trajetória acadêmica, em especial a minha orientadora, Prof. Norma Beatriz Camisão Schwindern pela contribuição e dedicação, dentro da sua área de conhecimento, para o desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso.

A Universidade do Sul de Santa Catarina, todo seu corpo docente, administrativo e colaboradores sempre prestativos, que contribuíram na minha formação motivando e apoiando quando procurados.

Aos amigos que conquistei e a todos que de alguma forma contribuíram para que eu chegasse até aqui.

Aos meus pais e as minhas irmãs, pela compreensão, amor e paciência.

A Deus pelo dom da vida, pela luz no meu caminho e por me manter firme na certeza da minha vitória

“Sonhos determinam o que você quer. Ação determina o que você conquista”
(NOVAK, 2012).

RESUMO

O presente trabalho visa propor a implantação do sistema de aquecimento solar de água em um empreendimento residencial composto por seis edifícios multifamiliares, localizado no estado de Santa Catarina. A proposta de inserção da tecnologia tem o objetivo de tentar diminuir ao máximo o uso da energia elétrica para aquecimento de água para banho nas residências, mitigando os efeitos provocados pelo uso de energias não renováveis. Embora o projeto inicial para aquecimento de água seja a não utilização da energia elétrica para tal fim, o qual já aponta um sentido econômico e socioambiental para o empreendimento, a escolha da tecnologia esbarra nos padrões mais utilizados pelo objeto de estudo, que é o uso de chuveiros elétricos para aquecimento de água para banho. Busca evitar o uso da energia elétrica, passando a utilizar a energia solar para aquecer a demanda de água necessária para os usuários do edifício. Em casos onde não for possível a substituição total, sugere a implantação de sistemas híbridos, os quais são utilizados duas fontes de energia. Neste estudo atentou-se para o uso da energia solar para o aquecimento de água, propondo um sistema devidamente dimensionado, tendo como fonte as normas brasileiras, dados do Governo Brasileiro, disponibilizados pela CAIXA, assim como informações do PROCEL, disponíveis pela ELETROBRAS e pela ABRAVA. Para a não alteração estrutural e nem operacional, o sistema projetado trabalhará em conjunto com o atualmente implantado pela empresa. A expectativa é que a tecnologia proposta venha trazer não só economia no uso da energia elétrica, mas também no que se diz respeito ao conforto térmico dos usuários, preocupação com meio ambiente, tendo uma resposta positiva em eficiência energética. O presente trabalho demonstra como a engenharia tem se mostrado comprometida em buscar novas soluções que não vise somente a economia, mas a satisfação das pessoas que ocupam as edificações, sem esquecer o ambiente que está sendo construído para as futuras gerações, o compromisso com o planeta, e possíveis impactos que o meio ambiente possa sofrer, com a decisão tomada pelo uso de uma dada alternativa de aquecimento de água.

Palavras-chave: Aquecimento. Energia. Solar.

ABSTRACT

The present work aims to propose the system implantation of the solar water heating in a residential projects composed of six multifamily buildings, located in Santa Catarina state. The technology insertion proposal has the objective of trying to reduce the maximum of electric energy using bath water heating in residences, mitigating the caused effects by using nonrenewable energies. Although the initial project for water heating is the non-use of electric energy for this purpose, which already indicates an economic and socio-environmental sense for the development, the technology choice comes up against the standards most used in this object of study, which are the electric showers used for bath water heating. This work seeks to avoid the use of electric power, starting to use solar energy to heat the water demand required of the building users. In cases where full substitution is not possible, it suggests the implementation of hybrid systems, which use two sources of energy. In this study, we considered the use of solar energy for water heating, proposing a properly sized system, based on the Brazilian standards, data from the Brazilian Government, made available by CAIXA, as well as PROCEL information available by ELETROBRAS and ABRAVA. For the structural and operational non-alteration, the project system will work in conjunction with the one currently implemented by the company. The technology expectation proposed will bring not only savings in the use of electric energy, but also in terms of the thermal comfort of users, concern for the environment, and a positive response in energy efficiency. The present work demonstrates how engineering has been committed to seek new solutions that not only aim at the economy, but the satisfaction of people who occupy the buildings, not forgetting the environment that is being built for future generations, but the planet commitment, and possible impacts of the environment may suffer, with the decision taken by use of a given alternative of water heating.

Keywords: Heating. Energy. Solar.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Gráfico 1 – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial.....	20
Figura 1 – Diagrama típico de um sistema de aquecimento solar direto, com circulação por termossifão.	22
Figura 3 – Coletor solar plano modelo aberto	32
Figura 4 – Coletor solar modelo fechado	32
Figura 5 – Coletor com tubo a vácuo.	33
Figura 6 – Ângulo de inclinação das placas	41
Figura 7 – Associação de coletores em paralelo de canais.....	42
Quadro 1 – Cotação de valores de coletores de 2m ²	42
Quadro 2 – Cotação de valores de reservatório térmicos de 2000 litros	42
Quadro 3 – Estimativa de preços para implantação do SAS	43
Figura 8 – Planta de implantação do empreendimento utilizado para o estudo de caso	54
Figura 9 – Tabela INMETRO de classificação do consumo e eficiência energética dos coletores solares.....	55

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
1.1	JUSTIFICATIVA	12
1.2	OBJETIVOS	13
1.2.1	Objetivo Geral	13
1.2.2	Objetivos específicos	13
1.3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	14
1.4	ESTRUTURA DO TRABALHO	14
2	ENERGIA SOLAR E O AQUECIMENTO DA ÁGUA	15
2.1	ENERGIA SOLAR.....	15
2.1.1	Radiação.....	15
2.1.2	Energia Solar Térmica.....	15
2.2	ENERGIA SOLAR NO BRASIL: HISTORIA E EVOLUÇÃO DO MERCADO	16
2.3	EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AQUECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL.....	18
2.4	ENERGIA ELÉTRICA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA.....	19
2.5	SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR RESIDENCIAL	20
2.5.1	Coletores solares.....	21
2.5.2	Reservatório térmico.....	22
2.5.2.1	Cálculo do reservatório térmico	23
2.5.3	Tubulação.....	24
2.5.4	Sistema de aquecimento auxiliar	25
2.6	LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE AQUECIMENTO SOLAR	26
2.6.1	NORMAS TÉCNICAS PUBLICADAS	27
2.6.2	Regulamento técnico da qualidade do INMETRO para os SAS	28
2.6.3	Aplicação de SAS em edificação no Brasil.....	29
2.6.4	O que o mercado oferece de tecnologia em aquecimento solar térmico.....	31
2.6.4.1	Coletores solares planos abertos e fechados.....	31
2.6.4.2	Coletores solares a vácuo	32
3	ESTUDO DE CASO	34
3.1	METODOLOGIA	34
3.2	ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO	35
3.3	VISITA AO CANTEIRO DE OBRA	35
3.4	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA	36

3.4.1	Dimensionamento do reservatório do sistema central coletivo.....	36
3.4.1.1	Número total de pessoas residentes na edificação.....	37
3.4.1.2	Cálculo da demanda de água quente na edificação	37
3.4.1.3	Cálculo do tamanho do reservatório.....	38
3.4.1.4	Cálculo da área coletora	38
3.4.1.5	Tubulação utilizada e tipo de instalação.....	40
3.4.1.6	Posicionamento do conjunto de coletores	41
3.4.1.7	Associação dos coletores	41
3.5	COTAÇÃO DE VALORES DE COLETORES E RESERVATÓRIOS TÉRMICOS....	42
3.5.1	Custo estimado para implantação do sistema de aquecimento solar	43
3.6	ESTIMATIVA DE ENERGIA ECONOMIZADA COM A IMPLANTAÇÃO DO SAS	
	44	
3.7	TEMPO DE RETORNO.....	45
4	ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS.....	47
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
	REFERÊNCIAS	50
	ANEXOS	53
	ANEXO A – PLANTA DE IMPLANTAÇÃO DO EMPREENDIMENTO DO ESTUDO	
	DE CASO	54
	ANEXO B –TABELA INMETRO DE CLASSIFICAÇÃO DOS COLETORES	
	SOLARES	55

1 INTRODUÇÃO

Este estudo tem como tema principal o uso da energia solar nas obras civis residenciais. E teve como foco a tecnologia oferecida no mercado para aquecimento de água, tecnologia oferecida no mercado, eficiência energética, uso do sistema, por que o uso de energia renovável é importante para o desenvolvimento de um país, comparativo econômico entre o uso de energia convencional para aquecimento de água e o uso da energia solar, e o uso da tecnologia no Brasil.

Desta forma, este trabalho buscou responder ao seguinte problema: Quais os benefícios e barreiras econômicas para implantação do sistema de coletores solares em edifícios residenciais?

1.1 JUSTIFICATIVA

Desde os tempos pré-históricos o homem manipula as fontes de energia para tornar sua vida mais longa, confortável e garantir a sua sobrevivência.

Após a descoberta do fogo como fonte natural de calor, que a princípio servia para iluminar e aquecer as moradias em cavernas, o homem pôde mudar a sua alimentação de forma que poderia começar a processar seus alimentos, processo esse que o ajudaria na fixação de território, contribuindo assim para mais um passo na evolução da espécie humana.

Assim é que, com o auxílio de modernas técnicas de arquitetura e engenharia a radiação solar passa ser mais bem aproveitada como fonte de calor e luz.

Sabe-se que a penetração da iluminação natural do sol e do calor nas edificações reduz de forma significativa o uso de energia elétrica tradicional gerada, dessa forma, traz uma economia significativa para os diversos setores que consomem, além de contribuir com a questão socioambiental.

De acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2010), no sul e sudeste do Brasil a tecnologia de aquecimento solar de água é a mais usual atualmente, já nas regiões norte e nordeste por terem áreas onde a energia elétrica não chega, a técnica de utilização da energia fotovoltaica é mais empregada.

O estudo de outras formas de geração de energia limpa e natural, como por exemplo, energia eólica e energia fotovoltaica, juntamente com o emprego dessas técnicas na engenharia, vêm contribuindo de forma significativa para o crescimento do Brasil, que apesar

da grande abundância da fonte de radiação solar, ainda está muito atrasado em relação a países que não provém de grandes períodos ensolarados.

O tema aborda questões principais do emprego da tecnologia nas obras civis de edificações residências, até a utilização da tecnologia nos programas habitacionais do Governo Federal, por exemplo, o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV) bem como a instalação, ou seja, posições e melhores lugares para instalar nas residências e a manutenção dos equipamentos para aquecimento de água, como a limpeza e o cuidado com a corrosão. Tornando este estudo como uma fonte de pesquisa para aprofundamento do tema, contribuindo com outras referências que tratam do assunto.

1.2 OBJETIVOS

A seguir são destacados o objetivo geral e os objetivos específicos que norteiam a presente pesquisa.

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar a viabilidade econômica do uso da radiação solar como fonte principal para aquecimento de água em edificações residenciais multifamiliares, assim como o retorno do investimento para a implantação. E apresentar as tecnologias existentes no mercado.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral mencionado, foram designados como objetivos específicos:

- Pesquisar em bibliografias assuntos que abordam o uso da energia solar para o aquecimento de água, com vista em eficiência energética;
- Analisar o que o mercado oferece de tecnologia para o segmento;
- Buscar o que a engenharia civil tem aplicado e contribuído com o tema em questão;
- Comparar o uso da energia convencional fornecida usada para aquecimento com o aquecimento feito pela irradiação solar, a partir de estudo de caso em conjunto habitacional residencial;

1.3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto aos seus objetivos, esta é uma pesquisa do tipo exploratória, pois segundo Heerdt e Leonel (2007), tem como principal objetivo proporcionar maior familiaridade com o objeto em estudo.

Quanto ao método, trata-se de uma pesquisa bibliográfica e estudo de caso. Para Marconi e Lakatos (1992), esse tipo de pesquisa leva em consideração o levantamento de toda bibliografia já publicada, em forma de livros, revistas, publicações avulsas e imprensa escrita. Conforme Yin (2005) a investigação no estudo de caso deve ser gerida por um projeto de pesquisa vinculado a dados empíricos às questões iniciais do estudo de forma lógica, o que permitirá chegar em última análise, às suas conclusões. Além disso, visa o estudo de uma particularidade e da importância de um assunto atual e inovador, que leva a entender o quanto é importante pensar em aperfeiçoar uma tecnologia para novas gerações.

Assim, será utilizado este método para buscar o que já se tem e o que se pode agregar para o crescimento do uso dos coletores solares nas edificações. As fontes de pesquisa utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa bibliográfica foram livros, artigos periódicos e materiais disponíveis na rede mundial de computadores.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O presente trabalho será estruturado em capítulos para facilitar a sua compreensão, que serão apresentados da seguinte forma.

No capítulo um é apresentado a introdução, que compreenderá a apresentação do tema da pesquisa, a justificativa, os objetivos de trabalho, os procedimentos metodológicos e a estrutura do trabalho.

O capítulo dois traz a revisão bibliográfica sobre o conceito da energia solar, o uso da energia solar para aquecimento de água, história e evolução do mercado, energia elétrica para aquecimento de água, o sistema de aquecimento solar, economia do uso do sistema.

No capítulo três é apresentado o estudo de caso com o uso de sistema de aquecimento de água por energia solar em edifícios residenciais e as aplicações.

O capítulo quatro expõe a análise e discussão dos resultados obtidos.

O capítulo cinco elucidada quais as considerações finais foram deixadas com desenvolvimento do presente trabalho, seguido pelas devidas referências bibliográficas.

2 ENERGIA SOLAR E O AQUECIMENTO DA ÁGUA

Neste capítulo, discorre-se sobre as bases teóricas que nortearão este trabalho, isso se justifica a partir da premissa de que é indispensável ao desencadeamento do processo de investigação científica.

2.1 ENERGIA SOLAR

A energia solar é a principal fonte de energia para o planeta, tanto como fonte de calor, como fonte de luz; sendo indispensável para a existência da vida na Terra, bem como o ponto de partida para os processos químicos e biológicos (SAMPAIO, 2009).

A energia do sol pode ser aproveitada por meio de diferentes tecnologias, como para aquecimento térmico, energia solar fotovoltaica, energia solar heliotérmica e estratégias de arquitetura solar.

2.1.1 Radiação

É o mecanismo de transmissão de calor entre dois corpos a temperaturas diferentes, e não necessita de um suporte físico. É a forma de transferência de calor entre o sol e a Terra. Para a física, radiação trata-se da energia ondulatória ou das partículas materiais que se propagam através do espaço (MARTINS et al., 2014).

2.1.2 Energia Solar Térmica

É uma forma de energia alternativa, e uma tecnologia, aproveitada para gerar energia térmica ou energia elétrica, para uso em residências ou indústrias. Tecnologias essas que nos permitem a conversão de energia solar em térmica com desenvolvimentos distintos em função da gama de temperaturas necessárias. Como exemplo há o aquecimento de piscinas, água para banho, aquecimento de ambientes e aquecimento para processos industriais (AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA, 2008).

2.2 ENERGIA SOLAR NO BRASIL: HISTORIA E EVOLUÇÃO DO MERCADO

De acordo com a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecedores (ABRAVA, 2012), o Brasil tem um grande potencial de aproveitamento da energia solar. A Alemanha, um dos líderes em aproveitamento da energia solar para geração de energia fotovoltaica, tem na sua região mais ensolarada 40% menos insolação do que a região menos ensolarada do Brasil. Segundo o Atlas Brasileiro de energia solar, diariamente incide entre 4.500 Wh/m² a 6.300 Wh/m² no país.

Foi somente nos anos de 1970, que o mercado brasileiro de aquecimento solar teve início, seguindo exemplos de outros países, devido à crise do petróleo e consequentemente com o seu aumento. Mostrando assim, o quanto a sociedade é dependente de combustíveis fósseis e quanto se deve investir em tecnologia (ABRAVA, 2012).

Assim é que muitas empresas especializadas no setor de equipamentos para aquecimento solar de água surgiram nos anos setenta, três delas ainda em atividade em 2017, que é o caso da Tuma Industrial (1971), a Patho (1976) e a Colsol (1976), sendo as duas primeiras localizadas em Belo Horizonte (MG) e a terceira, em Indaiatuba (SP) (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECEDORES, 2017).

Mesmo com as taxas baixas de crescimento do segmento, a partir da década de 1980, constatou-se uma maior especialização do setor com o surgimento de novas empresas especializadas no sistema de aquecimento solar de água. Na década seguinte foi criado na ABRAVA, o Departamento Nacional de Aquecedores Solar (Dasol), que passou a acompanhar o desenvolvimento técnico, comercial e profissionalização do setor de aquecedores.

Com o aumento de empresas especializadas no setor, foi necessária a implantação de controle de qualidade para a produção de coletores no país. Assim em 1997, foi criado o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) de Coletores Solares Planos, resultado do esforço conjunto do governo brasileiro, representado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (Inmetro), da Eletrobrás Procel, da Universidade Católica de Minas Gerais (PUC Minas) e da Abrava. Nos anos 2000, a Eletrobrás Procel passou a conceder aos coletores o Selo Procel Eletrobrás de Economia de Energia a categoria.

O Brasil, de acordo com o Sindicato das Indústrias de Aparelhos Elétricos, Eletrônicos e Similares do Estado de Minas Gerais (2017) em 2017 se tem aproximadamente 150 empresas atuando no segmento, 25 só no estado de Minas Gerais empregando algo em

torno de 30 mil pessoas, e das suas linhas de montagem hoje saem 500 mil coletores por ano, na qual parte de sua produção é exportada para 10 países.

Segundo a Agência Internacional de Energia (2015) o Brasil ocupa o 5º lugar no ranking geral no aquecido mercado de coletores solares, posição com 6,726 GWth e 9,6 milhões de m², atrás da China com 374 milhões de m², EUA com 24 milhões de m², Alemanha com 17 milhões de m² e Turquia com 15 milhões de m². Os Equipamentos instalados já ocupam uma área de 900 campos de futebol. São ao todo 2,5 milhões de coletores divididos em quatro classes, que são as de aquecimento de água residencial perfazendo 72%, piscinas 17%, abastecimento do comércio 9% e indústria que corresponde a 2%.

No Brasil, de acordo com a ONG brasileira *World Wide Fund for Nature* (2014), a cidade referência em coletores solares é Belo Horizonte (MG), devido ao grande número dessas instalações de uso coletivo, ao número de fabricantes locais, prestação de serviço e conhecimento na área. Em 2014 a cidade possuía aproximadamente três mil edifícios com equipamentos instalados. O governo estadual de Minas Gerais participa ativamente, incentivando a tecnologia no estado. Em todas as casas populares construídas através da Companhia de Habitação do Estado de Minas Gerais (Cohab-MG), é obrigatória a adoção do aquecedor solar. As empresas fabricantes contam com o apoio da Companhia Energética de Minas Gerais (Cemig) e apoio técnico do setor acadêmico, com ações de capacitação dos recursos humanos, pesquisa, ensaios e simulação dos equipamentos de sistema solares térmicos (VASCONCELOS; LIMBERGER, 2012).

No ano de 2011, foi publicada a Portaria nº 325 do Ministério das Cidades do Governo Federal, que tornou obrigatório a instalação de coletores solares em habitações populares unifamiliares, casas em que mora apenas uma família. Em 2015 cerca de 224 mil famílias do programa Minha Casa Minha Vida (MCMV) foram beneficiadas com moradias contendo aquecimento solar, o qual a tecnologia reduz em até 30% o valor da conta de luz (CAIXA, 2016).

O crescimento do uso da energia inesgotável que é o sol e principalmente o incentivo ao uso da tecnologia de aquecimento, fez com que a experiência da Eletrobrás e seus parceiros pensassem na criação de modelos de sustentabilidade para atendimento das habitações de interesse social, formação descentralizada de recursos humanos, linhas de financiamento e adoção de rotinas sustentáveis adequadas às necessidades de cada região, por exemplo, a região sul e sudeste.

2.3 EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E AQUECIMENTO DE ÁGUA NO BRASIL

A Eletrobrás/Procel apresentou no ano de 2007 um relatório de “Avaliação do Mercado de Eficiência Energética no Brasil” que traz uma pesquisa de posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, onde foi possível observar que 80,9% dos domicílios brasileiros aqueciam água para banho, 73,5% dos sistemas de aquecimento utilizavam energia elétrica, 5,9% utilizavam gás e 0,4% utilizavam aquecimento solar. (PROGRAMA NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA, 2007). Com esse relatório foi possível fazer uma projeção do uso de chuveiros elétricos nas residências brasileiras de 39,7 milhões em 2001 para cerca de 69,7 milhões de unidades em 2030 (BRASIL, 2011).

Segundo dados da Empresa de Pesquisa Energética (2011b), o Brasil tem uma estimada evolução do consumo de energia elétrica nas residências, tendo uma expansão média de 4,5% anual no período de 2010 a 2020. Essa expansão é devido a combinação do crescimento médio do número de consumidores que é de 2,3% ao ano, com o número de consumo por unidade habitacional na ordem de 2,2% ao ano.

Mesmo o chuveiro elétrico apresentar significativa demanda do consumo de energia elétrica em uma residência, ele continua participando representativamente do aquecimento de água no Brasil. Por isso é importante incentivar e desenvolver tecnologias para o aquecimento de água, para substituição do chuveiro.

Dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (2011) mostram que no período de 2008 a 2011 foram investidos aproximadamente R\$ 98 milhões em aquecimento solar, o que permitiu uma economia de 29 mil MWh/ano, em mais de 46 mil projetos.

O Brasil desde 2001 possui a Lei de indução da eficiência energética, Lei nº 10.295, conhecida como Lei de Eficiência Energética. A lei como expõe o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (2014) estimula o desenvolvimento tecnológico, a preservação ambiental e a introdução de produtos mais eficientes no mercado nacional. Trata-se de um instrumento que determina os níveis mínimos de eficiência energética dos equipamentos, como máquinas e aparelhos que consomem energia elétrica, bem como edificações construídas, com bases em indicadores técnicos.

Mesmo que haja um incentivo governamental, é preciso que a população tenha consciência que os benefícios das ações de eficiência energética sejam alcançadas.

Para o Greenpeace (2010) é importante uma mudança radical, uma verdadeira revolução na forma como a energia é produzida, distribuída e consumida, para impedir que as mudanças climáticas sejam ainda mais drásticas.

Até 2050 espera-se que 26% da demanda energética possa ser reduzida com a implantação de medidas que usem o lema “mais com menos”. É mais barato investir em eficiência energética que gerar mais energia, além de mais simples (GREENPEACE, 2010).

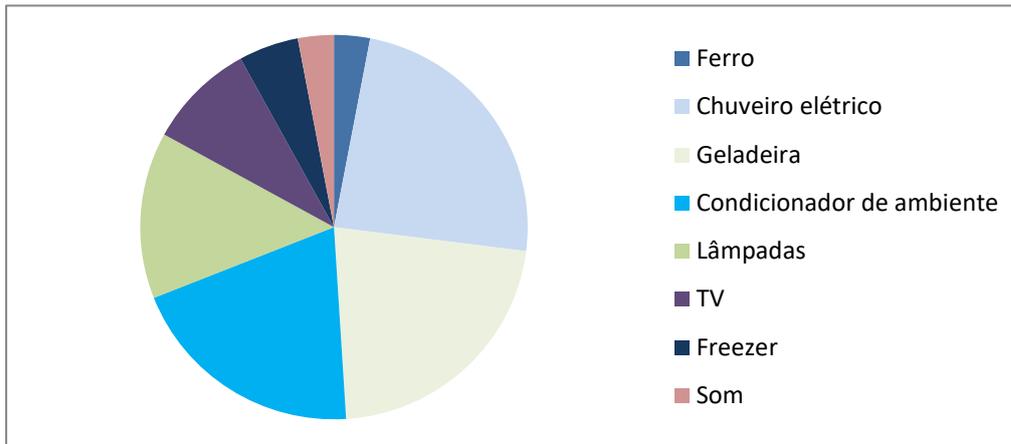
2.4 ENERGIA ELÉTRICA PARA AQUECIMENTO DE ÁGUA

O chuveiro é predominante no aquecimento de água no Brasil, devido ao seu baixo custo de implantação (ELETROBRAS, 2007). Para Woelz (2002), energia elétrica é identificada como sendo uma energia nobre com extensa gama de aplicações, que jamais deveria ser consumida para simples ações de aquecimento. Para esse fim dever ser utilizada a energia solar, sendo que o país tem uma insolação muito superior a países da Europa, onde a energia solar é muito mais aproveitada do que aqui (PEREIRA, 2006).

Importante frisar que para a Eletrobrás/Procel, juntamente com os fabricantes e laboratórios é importante visar à eficiência em relação ao uso da energia elétrica, ao consumo de água e segurança elétrica, pois existem regiões no país onde o aquecimento solar não é recomendável. Mas ainda há um longo caminho para percorrer para estimular a ampliação e adoção, no país, de aquecimento de água (ELETROBRAS, 2007).

Com base na última Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, realizada no ano de 2005 e publicada no ano de 2007, foi possível estimar que o chuveiro tem 24% de participação no consumo de energia elétrica residencial. Numa residência pequena com quatro moradores o chuveiro elétrico corresponde até 45% do consumo de energia elétrica nos meses mais frios e 30%, quando a potência do equipamento é reduzida, no período mais quente do ano. Em casas que possuem o equipamento para aquecimento solar essa participação pode ser menor. O gráfico 1 mostra a participação dos eletrodomésticos no consumo médio domiciliar no Brasil.

Gráfico 1 – Participação dos eletrodomésticos no consumo residencial



Fonte: SOUZA, 2007

Outro equipamento que não foi mencionado na Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso, mas que também é utilizado nas residências são os aquecedores elétricos de acumulação que segundo Ibrahim et al. (2013) consistem em reservatórios de água quente com uma resistência interna. São mais seguros que os aquecedores a gás, pois podem ser instalados em qualquer lugar, não emitem gases poluentes. Porém utiliza a energia elétrica para funcionar, o que não deixa de ser uma poluição indireta.

2.5 SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR RESIDENCIAL

Neste sistema a energia térmica do sol é utilizada para aquecer a água. O sistema possui coletores solares que absorve a radiação, transferindo para a água, a qual fica armazenada em um reservatório para posterior uso. Essa tecnologia vem se desenvolvendo, tornando-se mais eficiente e economicamente sustentável (SHUKLA et al., 2013).

Segundo Ibrahim et al. (2013), a energia solar tem a vantagem de ser uma energia renovável e limpa, sem emissão de gases poluentes. Porém o alto custo de implantação inicial, comparando com as outras fontes, é uma barreira para disseminar a tecnologia. E por ser uma fonte intermitente depende das condições climáticas (WANG et al., 2015). Os sistemas solares geralmente são dimensionados para atender uma demanda anual no inverno. Por isso, precisa de outro sistema para dar apoio na garantia de água quente quando as condições climáticas não sejam favoráveis, tornando o sistema solar uma forma de pré-aquecimento da água, complementada por outros tipos de aquecimento (COLNEMAR-SANTOS et al., 2014).

Segundo Kulb et al. (2013), em residências multifamiliares o sistema de aquecimento solar pode ter diferentes tipos de configuração de acordo com a centralização do

sistema e aquecimento auxiliar. No Brasil o de maior interesse social para auxílio do aquecimento é o chuveiro elétrico. Para residências fora da faixa de interesse social, o mais comum é o sistema solar de aquecimento de apoio centralizados, que utilizam distribuição direta.

Diversos fatores influenciam no desempenho do sistema de aquecimento solar. O local onde está a edificação determina a orientação e a inclinação dos coletores. As condições climáticas, tais como a temperatura e a insolação do local, devem ser consideradas no dimensionamento do sistema. No projeto também se deve levar em conta o tamanho da área coletora, o tamanho do reservatório, comprimento das tubulações, o local onde será instalado, a inclinação do telhado, espaço, e sombreamento em volta. Assim como o monitoramento e a manutenção periódica do sistema para garantir melhor eficiência energética (WANG et al., 2015).

2.5.1 Coletores solares

Segundo Siqueira (2009), coletor solar é o principal componente de um sistema de aquecimento solar. Ele promove a conversão da radiação solar, transferindo o fluxo energético proveniente da radiação incidente para o fluido que circula no interior do mesmo.

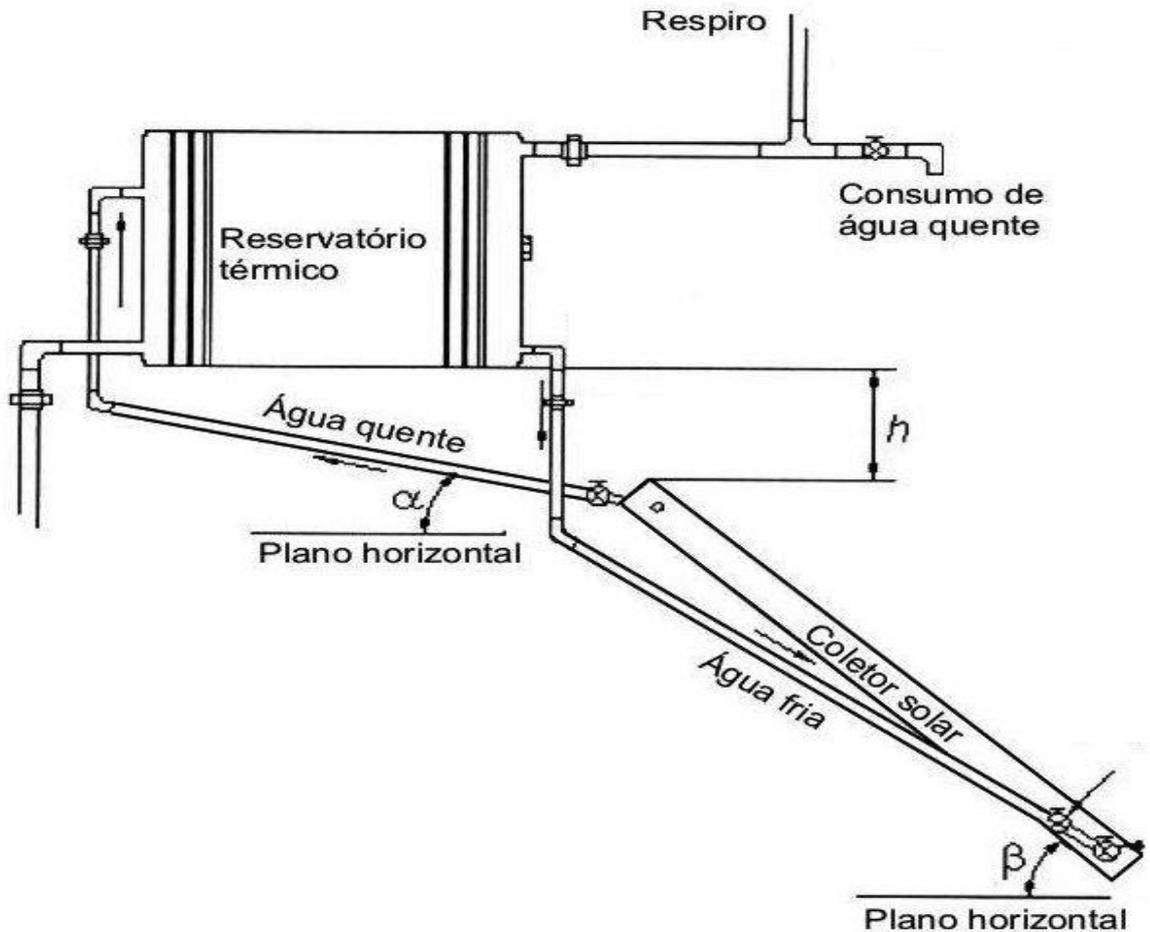
Os coletores planos são utilizados para temperatura abaixo de 93° C. Recebe e utiliza a radiação solar na mesma superfície. É composto por placa absorvedora de calor na cor preta, tubulação por onde escorre o fluido a ser aquecido, isolamento térmico, e geralmente com cobertura transparente (HUDSON et al., 1985).

No sistema de aquecimento de água através da energia solar existem dois sistemas: o ativo e o passivo. O sistema ativo necessita de uma bomba como apoio para a circulação da água, necessitando de sensores e um sistema que controle o funcionamento. No sistema passivo ou circulação natural, não precisa do uso da bomba, sendo o coletor instalado num nível abaixo do reservatório térmico (figura 1). A água circula naturalmente por dentro do coletor e sobe até o reservatório. Esse efeito é chamado de termossifão (ISLAM et al., 2013). De acordo com Kologirou (2009), os sistemas com circulação passiva, por termossifão, são mais simples e os mais utilizados.

Existem vários tipos de coletores solares para uso em residências, sendo os mais comuns os de placas e os de tubos a vácuo (IBRAHIM et al., 2013). Segundo Shi et al. (2013), na China a maioria dos edifícios residenciais com aquecimento solar utiliza os de tubo

a vácuo, e em outros países como Estados Unidos, Brasil e Europa os mais comuns são os de placas planas (MAGUIRE et al., 2013). Na figura 1 tem-se um exemplo de diagrama de um sistema solar direto, onde se pode observar os seus equipamentos.

Figura 1 – Diagrama típico de um sistema de aquecimento solar direto, com circulação por termosifão.



Fonte 1: Associação Brasileira de Normas Técnicas – NBT15569: 2008, 2008.

Segundo a ABRAVA (2013), o sistema passivo é o mais usual para fins domésticos, por ser mais simples a instalação e o custo mais baixo.

2.5.2 Reservatório térmico

O reservatório térmico tem por objetivo armazenar a água que foi aquecida pelo coletor. Ele se comporta como uma garrafa térmica: que com o seu isolamento térmico, ela mantém a sua bebida quente por mais tempo do que se a mesma bebida estivesse exposta ao

ambiente. Para atender a demanda de água aquecida quando não há insolação disponível ou esta não seja suficiente, o sistema implica em acumulação. Podem ser instalados na posição vertical ou horizontal.

No mercado há disponível diferentes reservatórios térmicos pressurizados a baixa pressão com diferentes volumes de armazenamento: 100, 200, 250, 300, 400, 500, 600, 800 e 1000 litros, e de grande porte com 2000 a 5000 litros. O programa do governo federal Minha Casa Minha Vida utiliza nas habitações populares o reservatório com capacidade de acumulação de 200 litros (CAIXA, 2016).

2.5.2.1 Cálculo do reservatório térmico

O cálculo do volume do sistema de armazenamento de acordo com o método *F-chart* da NBR 15569 é definido pela seguinte Equação 1:

$$V_{armaz} = \frac{V_{volume} \times (T_{consumo} - T_{ambiente})}{(T_{armaz} - T_{ambiente})} \quad (1)$$

V armaz: é o volume do sistema de armazenamento do sistema de aquecimento solar (m³), Sugere-se que o volume de armazenamento seja maior ou igual a 75% do volume de consumo.

V volume: é o volume de consumo de água quente na edificação.

T de consumo: é a temperatura de consumo de utilização (°C). Sugere-se a utilização de 40°C.

T armaz: corresponde a temperatura de armazenamento da água (°C). Sugere-se que a temperatura de armazenamento seja igual ou maior do que a temperatura de consumo.

T ambiente: é a temperatura média anual do local de instalação.

Após o cálculo do volume de armazenamento do reservatório térmico, busca-se no mercado o fabricante que faz parte do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que se aproxima do consumo.

Caso o volume de armazenamento seja maior que o volume máximo dos reservatórios etiquetados existente no mercado, faz-se necessário calcular a quantidade de reservatórios, de acordo com a Equação 2.

$$N_{\text{reservatório}} = \frac{V_{\text{dia}}}{V_{\text{res}}} \quad (2)$$

Onde:

N reservatório: número de reservatórios

V dia: volume do consumo diário

V res: volume do reservatório

O tanque interno do reservatório comumente é feito de material inoxidável. Pode ser utilizado também o cobre, materiais plásticos como polipropileno. O aço carbono revestido é utilizado em grandes reservatórios e o custo se torna mais interessante. Os isolamentos mais comuns utilizados são a manta de lã de vidro ou de rocha e o poliuretano expandido (SOLARES, 2017).

De acordo com a empresa Solares (2017), o poliuretano tem uma característica muito interessante que é sua rigidez estrutural após a secagem, entretanto só pode ser utilizado na faixa de temperatura de 90°C. Para maiores temperaturas de operação deve-se procurar outro tipo de isolante. Quanto maior a espessura do isolante melhor será o grau de isolamento do reservatório térmico.

O revestimento externo pode ser feito de aço galvanizado, inox, alumínio, material plástico, etc. (SOLARES, 2017)

2.5.3 Tubulação

A tubulação faz a conexão entre os componentes, como a ligação do reservatório ao coletor, entre o fornecimento de água fria e o sistema, e ainda entre a conexão da água quente até o local de utilização, sendo que as tubulações têm diferentes propósitos entre si. A tubulação de saída da água quente do coletor precisa aguentar altas temperatura e alta pressão.

A tubulação de aquecimento solar deve ser projetada e instalada com os mesmos padrões de aquecimento por gás ou eletricidade, de acordo com a norma ABNT NBR 7198 –

Projeto de instalações prediais de água quente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (1993) o cobre tem uma durabilidade de cerca de 50 anos, suporta temperatura de até 1.100°C sem deformação, sem trinca e sem desgaste. Por isso era o material mais tradicionalmente utilizado na tubulação de água quente. Porém, necessita de isolamento térmico, pois transmite o calor da água para as paredes.

No mercado brasileiro já existem novos materiais plásticos para condução de água quente que não precisam de isolante térmico, por exemplo, o policloreto de vinila clorado (CPVC), que dispensa soldas e tem juntas feitas a frio com adesivos apropriados, tendo uma maior velocidade na execução.

Há também o Polietileno Reticulado (PEX) e o Polipropileno Copolímero Random (PPR), sendo este último com juntas feitas por termofusão.

Destaca-se nos programas de habitações populares do governo federal do Brasil, por exemplo, o Minha Casa Minha Vida (MCMV), que o material cobre é opcional para o uso nas tubulações das residências (CAIXA, 2014).

2.5.4 Sistema de aquecimento auxiliar

Sabe-se que nos dias de pouca insolação ou de chuva, poderá acontecer do sistema de coletor solar não conseguir aquecer água suficiente para uso diário. Para isso é necessário agregar um aquecimento auxiliar, o qual pode ser feito por chuveiro elétrico ou aquecimento a gás. Enquanto a temperatura da água estiver em uma temperatura agradável, o sistema auxiliar poderá permanecer desligado.

Segundo o Ministério de Minas e Energia, no Brasil a maioria dos sistemas auxiliares das instalações são elétricos. Sendo assim pode-se dividir o sistema elétrico em duas categorias: os aquecedores de passagem, o exemplo mais conhecido é o chuveiro, e os aquecedores de acumulação, que são as resistências elétricas embutidas no reservatório térmico (BRASIL, 2013).

De acordo como o Ministério de Minas e Energia o aquecimento a gás também é utilizado no país, porém mais em residências de luxo ou sistemas de grande porte. É importante observar se o sistema de aquecimento por gás está preparado para receber água quente, uma vez que o mesmo recebe água aquecida que vem do reservatório térmico (BRASIL, 2013).

2.6 LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE AQUECIMENTO SOLAR

Nesta seção será apresentado sobre a legislação brasileira que obriga ou incentiva o uso de aquecimento solar de água no Brasil e as normas técnicas que tratam do assunto. Serão abordados projetos de leis municipais, estaduais, federais.

Sabe-se que no Brasil existem cidades onde há leis solares aprovadas que obrigam o uso do sistema de aquecimento solar, como Vitória (ES), Juiz de Fora (MG), Varginha (MG), Porto Alegre (RS), Americana (SP), Assis (SP), Diadema (SP), Franca (SP), Peruíbe (SP), São Paulo (SP). Por exemplo, em São José do Rio Preto no Estado de São Paulo, existe a Lei de nº 10.182, de 01 de agosto de 2008 criada pela prefeitura, que obriga a todos os prédios públicos e as novas construções destinadas a hotéis e similares que adotem o uso de sistema de aquecimento solar de água. O Rio de Janeiro é o único estado brasileiro que possui a lei de obrigatoriedade do uso de aquecimento de água por sistema solar, Lei nº 7122 de 3 de dezembro de 2015 (DEPARTAMENTO NACIONAL DE ENERGIA SOLAR TERMICA, 2016).

De acordo com a ABRAVA (2016), essas leis visam a obrigatoriedade do uso da energia solar para aquecimento de água em construções específicas. Comumente essas leis tratam sobre construções particulares domiciliares com uma área de 120 ou 150 m² ou construções de uso comercial como hotéis, asilos e academias que utilizam água quente, ou ainda, edifícios públicos que serão construídos ou reformados.

Em Santa Catarina alguns projetos de lei foram feitos na Assembleia Legislativa, os quais incentivam o uso de aquecimento solar em hospitais, habitações, quartéis e escolas, como exemplos, PL 0086.1/2009, Lei nº 371.3/11 e Lei de nº 148.9/12 (SANTA CATARINA, 2012).

Tem-se que no Brasil são 37 leis aprovadas, sendo 25 municipais e 12 estaduais segundo o Departamento Nacional de Energia Solar Térmica (2016).

No ano 2010 foi feita uma análise por Soares; Rodrigues, onde foi levantada uma questão que envolvia o executivo e o legislativo. Isso devido a várias destas leis que não são sujeitas a punições, devendo assim ter um envolvimento maior da população pressionando o cumprimento das mesmas. Muitos vereadores e deputados aprovam as leis para fins de publicidade política e logo depois são deixadas de lado (SOARES; RODRIGUES, 2010).

Para Soares; Rodrigues (2010), o legislativo deixaria apenas um órgão responsável por regulamentar os projetos apresentados, e não somente deixar para o executivo responsável como um todo, como regulamentar, fiscalizar e outras atribuições.

2.6.1 NORMAS TÉCNICAS PUBLICADAS

No Brasil há normas técnicas que especificam os produtos e equipamentos utilizados em sistemas para aproveitamento térmico da energia solar, onde tratam as especificações, matérias, requisitos técnicos, desempenho térmico e outros temas associados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECIMENTO, 2017).

A seguir são elencadas as Normas técnicas e suas especificações:

- ABNT NBR 15747 – 1: 2009 Sistemas solares térmicos e seus componentes – Coletores solares – Parte 1: Requisitos gerais.

Esta norma especifica os requisitos de durabilidade (incluindo resistência mecânica), confiabilidade, segurança e desempenho térmico dos coletores solares de aquecimento de líquidos. Também inclui as disposições para a avaliação das conformidades com esses requisitos (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

- ABNT NBR 15747 – 2: 2009 Sistemas solares térmicos e seus componentes – Coletores solares. Parte 2: Método de ensaio.

Esta parte da ABNT NBR 15747 especifica os métodos de ensaio para validação dos requisitos de durabilidade, confiabilidade e segurança e desempenho térmico dos coletores solares de aquecimento de líquidos, que são especificados na ABNT NBR 15747-1. Esta parte da Norma inclui também três métodos de ensaio para a caracterização do desempenho térmico dos coletores de aquecimento solar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

- ABNT NBR 15569: 2008 - Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalação.

Esta Norma estabelece os requisitos para sistema de aquecimento solar (SAS), considerando aspectos de concepção, dimensionamento, arranjo, instalação e manutenção, onde o fluido de transporte é a água (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009)

A Norma se aplica aos sistemas onde a circulação de água nos coletores solares se faz por termossifão ou por circulação forçada (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Esta Norma não se aplica ao aquecimento de água de piscinas nem de sistemas de aquecimento solar em circuito indireto (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

Para elaboração de um projeto de Sistema de aquecimento solar, o mesmo deverá seguir algumas especificações que estão na Norma 15569, por exemplo, premissas de cálculo, dimensionamento, volume de armazenamento, fontes de abastecimento de água, estudo de sombreamento, área dos coletores, entre outras, num total de vinte passos a serem seguidos.

- ABNT 10185: 2013 – Reservatórios térmicos para líquidos destinados a sistemas de energia solar – Determinação de desempenho térmico – Método de ensaio.

Esta Norma prescreve os métodos de ensaios que permitam avaliar o coeficiente global de fluxo de calor para ambientes, as capacidades de carga e descarga de reservatórios térmicos empregados em sistemas de utilização de energia solar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

2.6.2 Regulamento técnico da qualidade do INMETRO para os SAS

Em 2011 o Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comercio Exterior, através do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2011), criou a portaria de nº 477 que tem o Regulamento Técnico da Qualidade para Sistemas e Equipamentos de Aquecimento Solar de Água.

O objetivo do regulamento é estabelecer os requisitos essenciais que devem ser atendidos pelos Sistemas de Aquecimento Solar de Água (SAS), com o foco em segurança, desempenho, tendo como visão a prevenção de acidentes e eficiência energética (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2011).

O regulamento lista uma série de requisitos essenciais para coletores solares, reservatório térmico. Dentre os requisitos para coletores está que:

- O coletor solar deve suportar altos níveis de radiação sem falhas, como ruptura do vidro, colapso da cobertura de plástico, absorvedor de plástico fundido ou depósitos significativos na cobertura do coletor por emissão de gases do material do coletor.
- A caixa externa do coletor solar não pode permitir a penetração de água da chuva de forma a garantir sua capacidade funcional e durabilidade.

- O coletor solar projetado para ser resistente ao impacto provocado pelas intempéries de clima deve possuir materiais e componentes resistentes aos impactos provocados por fatores externos locais de clima, como neve, granizo e vento (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2011).

Para os reservatórios térmicos, alguns requisitos são essenciais, como por exemplo:

- O reservatório térmico não pode apresentar vazamento ou deformação permanente visível quando submetido à pressão hidrostática de trabalho em torno da especificada pelo fornecedor, mesmo após uso continuado;
- O reservatório térmico deve conter marcações duráveis, claramente discerníveis, aplicadas sobre parte não destacável e visíveis quando da instalação do reservatório;
- Mesmo após esfregar as marcações manualmente por 15 (quinze) segundos com um pedaço de tecido embebido em água e novamente por 15 (quinze) segundos com um pedaço de tecido embebido em um solvente de petróleo, não pode ser possível remover placas de marcação, que também não devem apresentar enrugamento (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2011).

Esses requisitos essenciais estabelecidos são usados pelas empresas para se adequarem, para poderem comercializar os seus produtos no mercado nacional, somente com os requisitos aprovados e devidamente registrado pelo Inmetro (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2011).

2.6.3 Aplicação de SAS em edificação no Brasil

O condomínio Augusto Cesar Cantinho localizado em Botafogo, Rio de Janeiro, é um modelo de edificação no Brasil que utiliza o sistema de aquecimento solar de água. O condomínio possui 98 apartamentos, divididos em 24 pavimentos, incluindo cobertura com piscinas, sauna e churrasqueiras, subsolos, garagens, playground, salão de festas, dentre outras áreas de lazer.

O condomínio é considerado de acordo com o Sindicato de Habitações do Rio de Janeiro (2014) como um dos maiores prédios do Brasil com água aquecida por energia solar, são cerca de 40 mil litros/dia aquecidos. Isso graças a uma iniciativa da síndica que resolveu tornar o condomínio mais sustentável.

Construído na década de 80 a edificação utilizava caldeiras movidas a gás para o aquecimento de água de prédio. No ano de 2007 o gasto com a conta de gás chegou ao valor de R\$ 15 mil/mês. Como as caldeiras eram muito velhas e o valor para a troca era muito alto, o condomínio procurou novas alternativas para aquecimento de água. Foi daí que a tecnologia de painéis solares surgiu e o condomínio resolveu investir em uma área de 40 placas que ficam instaladas no telhado do prédio. Para os dias de pouca incidência solar, foram instaladas bombas de calor auxiliar (O GLOBO, 2014).

Para aquisição dos equipamentos o condomínio fez um contrato em sistema Leasing, que é uma operação de longo prazo para pessoas físicas e jurídicas, em que a empresa adquire um bem determinado pelo cliente e para uso deste por arrendamento, que no final o cliente pode adquirir o bem por um valor residual preestabelecido em contrato.

Com a duração do Leasing em quatro anos num custo mensal de R\$ 7 mil, significou uma economia grande em comparação com o valor que era gasto com gás para alimentar as caldeiras.

Segundo a síndica do condomínio Augusto Cesar Cantinho (2014) a energia elétrica gasta pelas bombas de calor ficou em torno de R\$ 3.590,00/mês entre os anos de 2008 e 2014. Demonstrando que a substituição do sistema de caldeiras movida por gás pelas placas coletoras de aquecimento de água e bombas de calor resultou em uma economia de R\$ 12.000,00 mensal.

A seguir temos uma imagem da cobertura do condomínio Augusto Cesar Cantinho onde observa-se a instalação de coletores solares planos para aquecimento de água.

Figura 2 – Coletores solares instalados na cobertura do edifício Augusto Cesar Cantinho



Fonte: O GLOBO, 2014

2.6.4 O que o mercado oferece de tecnologia em aquecimento solar térmico

No mercado têm-se disponíveis vários modelos de aquecimento solar de água e diferentes aplicações, variações e eficiências. A seguir serão demonstrados alguns modelos utilizados e suas diferenças:

2.6.4.1 Coletores solares planos abertos e fechados

Os coletores planos abertos e fechados são compostos por uma caixa feita geralmente de alumínio que possui a função de suportar os demais componentes.

No isolamento térmico normalmente é utilizado lã de vidro, rocha ou espuma de poliuretano.

Para o escoamento da água no interior do coletor têm-se as flautas que podem ser feitas de cobre.

As aletas são as responsáveis pela transferência da energia solar para a água, e para aumentar a absorção da radiação são feitas de cobre ou alumínio e pintadas de preto fosco.

A cobertura geralmente feita de vidro, policarbonato ou acrílico permite a passagem da radiação solar e minimiza a perda de calor.

A diferença entre o coletor aberto e o fechado, é que o aberto não possui caixa fechada, nem cobertura com isolamento térmico, portanto apresenta uma baixa eficiência no aquecimento de água em temperatura elevadas. As figuras 3 e 4 demonstram os dois modelos:

Figura 3 – Coletor solar plano modelo aberto



Fonte: Solestrol, 2017.

Figura 4 – Coletor solar modelo fechado



Fonte: Komeco, 2017.

2.6.4.2 Coletores solares a vácuo

Esse tipo de tecnologia tem um alto rendimento, com capacidade de captar até 93% dos raios solares, produz até 3 vezes mais energia que os coletores planos, melhor custo benefício e aproveitamento de espaços (KOMEKO, 2015).

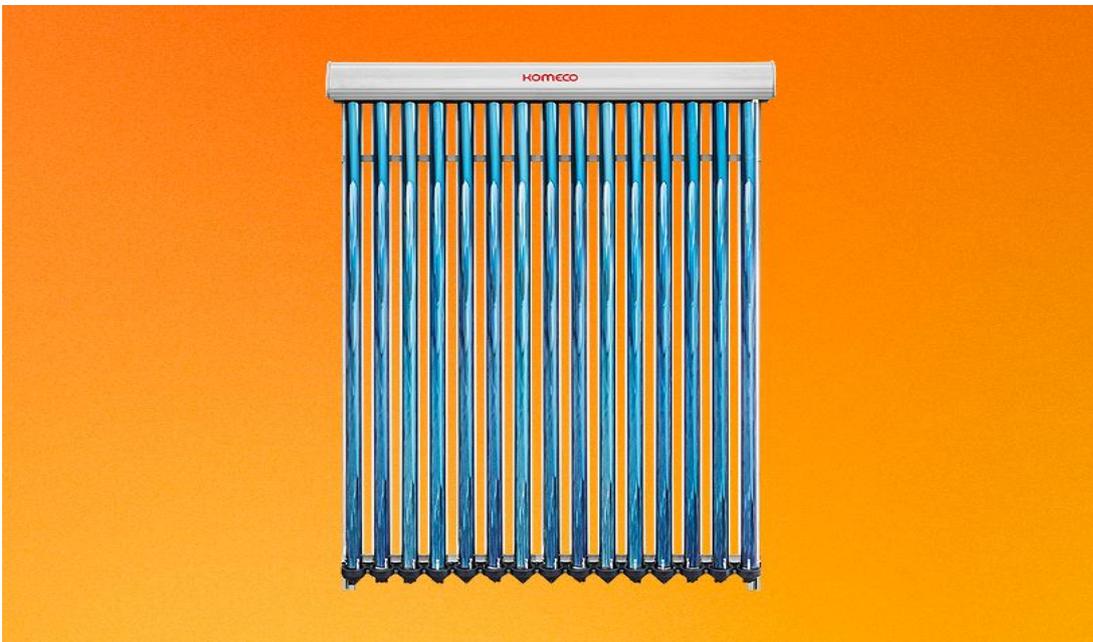
Por conta da alta eficiência dessa tecnologia, esses tipos de coletores são indicados para regiões onde a incidência de sol é mais baixa, ou ainda para grandes projetos industriais onde se necessita de água quente em alta temperatura.

De acordo com o fabricante Komeco (2015), uma vantagem do coletor solar a vácuo é que ele exige menor área de instalação, além da facilidade na implantação. O material também é mais resistente a impactos como granizo ou congelamento, ideal para locais onde há esse tipo de ocorrência.

O funcionamento é feito da seguinte forma: os tubos de vidro absorvem os raios ultravioletas e os transferem para a água que já está nos tubos, coberta por uma camada escura que ajuda ainda mais no aquecimento. O vácuo presente na camada do vidro do tubo impede que a água perca calor, funcionando como isolante térmico (KOMECCO, 2015).

Vale lembrar que este tipo de coletor só funciona em sistemas com baixa pressão de água de até 5 m.c.a, não podendo ser usado em redes pressurizadas. A seguir na figura 5 tem-se um modelo de coletor solar de tubo a vácuo:

Figura 5 – Coletor com tubo a vácuo.



Fonte: Komeco, 2015

Conhecido as normas técnicas, tipos de SAS, modelos de aplicações e regulamentos de qualidade dos sistemas de aquecimento solar de água, no próximo capítulo será demonstrado um estudo de caso para aplicação do sistema em um condomínio residencial, a metodologia aplicada e as considerações finais.

3 ESTUDO DE CASO

3.1 METODOLOGIA

Neste capítulo serão descritos os procedimentos metodológicos para levantamento de dados e análise da inserção do sistema de aquecimento solar de água em edifícios residências, e serão demonstradas as etapas do método utilizado neste trabalho de conclusão de curso.

Este estudo busca a viabilidade econômica financeira, o tempo de retorno para implantação da tecnologia de aquecimento solar de água para banho em um condomínio de edifícios residenciais multifamiliares localizado no estado de Santa Catarina. Considerou-se por unidade habitacional o atendimento por meio do aquecimento solar, para quatro moradores, uma média de dois banhos diários num tempo estimado de 10 minutos cada, utilizando o chuveiro elétrico como principal fonte de aquecimento de água para banho, principalmente sua utilização no horário de pico de uso da energia elétrica, a qual de acordo com estudos da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), tem uma maior frequência entre 17hs e 20hs.

Para compreensão de valores e comparação da troca do chuveiro elétrico por sistema de aquecimento solar de água em residências serão apresentados gráficos e equações de cálculo.

De acordo com GIL (1995), o estudo de caso é caracterizado pelo estudo de um ou mais objetos, de maneira que permita o amplo conhecimento e detalhes do objeto.

A pesquisa será de forma quantitativa, sendo que este tipo de pesquisa permite que os dados coletados sejam quantificáveis, a qual permite traduzir em números opiniões e informações para classificá-las e analisá-las (SOUZA, 2014).

O estudo foi dividido em quatro etapas, descritas da seguinte forma:

Etapa 1: Foi realizada uma busca para saber se para o tipo de processo construtivo do empreendimento pode ser instalado o sistema de aquecimento, se o mesmo terá suporte e área necessária para instalação de todos os equipamentos. Sendo assim foi escolhido um empreendimento construído em alvenaria estrutural, a qual terá a resistência a carga e área de cobertura suficiente para implantação do sistema.

Etapa 2: O empreendimento está no começo de sua construção, portanto as tubulações de água quente podem ser incorporadas ao projeto, sem sofrer alterações na estrutura e sem muitas modificações no projeto original de água fria.

Etapa 3: Nesta etapa foi elaborado como seriam feitas as visitas ao canteiro de obra, como seriam levantados os dados de localização dos prédios, posição dos mesmos, área de insolação, se há área de sombreamento. Foi estabelecido que as visitas de campo pudessem ser realizadas sempre que necessária para levantamento de dados.

Etapa 4: Com o levantamento feito, é apresentado os resultados para as discussões da pesquisa.

3.2 ESCOLHA DO EMPREENDIMENTO

Para estudo foi utilizado como objeto um empreendimento de seis blocos residenciais em fase de construção, construídos por uma única construtora, a qual será identificada como Empresa M. Esta já utiliza desde o início de suas atividades o processo construtivo de Alvenaria Estrutural em blocos de concreto. O empreendimento em questão tem interesse em financiamento pelo Programa Minha Casa Minha Vida do Governo Federal.

Os blocos residenciais selecionados estão localizados em Santa Catarina. Denominados assim, como bloco 1, bloco 2, bloco 3, bloco 4, bloco 5, bloco 6.

As edificações possuem quatro pavimentos, 31 unidades de apartamentos, sendo o térreo com 7 apartamentos e uma área de entretenimento de uso comum a todos os moradores do condomínio, e os demais andares com 8 apartamentos cada, num total de 186 unidades residenciais.

3.3 VISITA AO CANTEIRO DE OBRA

Para o autor, sua atuação como estagiário facilitou as visitas no canteiro de obras, pois estava todas as tardes em campo desde o dia 10/08/2017. Para ter mais conhecimento e acesso aos projetos arquitetônico, hidráulico, estrutural, entrou-se em contato com o setor de engenharia da construtora, o qual disponibilizou as plantas para levantamento de dados.

Com a ajuda do mestre de obras, foram elucidadas todas as dúvidas sobre as etapas construtivas do empreendimento. Equipamentos como câmera fotográfica, papéis para anotação ajudaram no registro de informações para tirar dúvidas posteriores.

Em campo verificou-se que os prédios em análise foram alocados no empreendimento em posições onde não há sombreamento, ou seja, sem obstáculos que impeçam a chegada da radiação solar até os coletores, mesmo tendo outra construção

próxima. O que se configura como uma posição favorável para a aplicação dos SAS, ajudando muito na captação e aproveitamento da radiação solar e posição dos coletores solares.

3.4 DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

O dimensionamento do sistema de aquecimento solar para o estudo foi baseado no método *F-chart*, na Norma ABNT NBR 15569 que trata do sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalações, e em adoções encontradas em manuais de fabricantes.

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (2008) o método *F-chart* permite calcular a cobertura de um sistema solar, ou seja, a sua contribuição para a entrada de calor total necessária para cobrir as cargas térmicas, e o desempenho térmico por um longo período.

Utilizando o método descrito chegou-se a conclusão que essa é a mais adequada metodologia para dimensionamento do tamanho de reservatórios e área dos coletores para o estudo de caso. Pois permite dimensionar todos os equipamentos utilizados no SAS.

Nos próximos itens são detalhados os procedimentos para cálculo do sistema de aquecimento baseando-se apenas no bloco 1, considerando-se que o mesmo estudo pode ser replicado para os demais cinco blocos do empreendimento estudado.

3.4.1 Dimensionamento do reservatório do sistema central coletivo

Conforme mencionado no item 2.5.2, o reservatório de um sistema tem por finalidade armazenar água quente gerada através das placas coletoras solares, a qual será consumida na edificação. O armazenamento correto de água quente permite a redução da temperatura da água na entrada dos coletores solares, mantendo uma melhor eficiência do sistema. Sendo que a eficiência alcançada pelas placas é maior quanto maior for a diferença da temperatura da entrada de água fria a saída de água quente.

Adotou-se uma temperatura média ambiente anual da cidade de 20,2°C baseadas nas informações disponibilizadas pelo site da Climatempo (2017). Temperatura de armazenamento do reservatório em 60°C, e a temperatura de consumo em 40°C.

Para determinar o volume de armazenamento de água quente do reservatório, foram adotados os seguintes parâmetros e cálculos:

3.4.1.1 Número total de pessoas residentes na edificação

O número de moradores da edificação é dado pela equação 3:

$$\begin{aligned} N_{total} &= N_{aptos} \times N_{pessoas} \\ N_{total} &= 31 \times 4 \\ N_{total} &= 124 \text{ pessoas} \end{aligned} \quad (3)$$

Onde:

N pessoas: número de pessoas por unidade habitacional

N aptos: número de apartamentos na edificação

N total: número total de pessoas na edificação

3.4.1.2 Cálculo da demanda de água quente na edificação

Para cálculo da demanda de água quente na edificação adotou-se o consumo diário por pessoa de 60 litros/dia conforme ABNT NBR 15569-2008 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS).

$$\begin{aligned} V_{consumo} &= V_{pessoa} \times N_{total} \\ V_{consumo} &= 60 \times 124 \\ V_{consumo} &= 7440 \text{ litros/dia} \end{aligned} \quad (4)$$

Onde:

V pessoa: volume do consumo diário de água quente por pessoa para banho

N total: número total de pessoas residentes na edificação

V consumo: Volume de água quente consumido diariamente na edificação

O volume consumido diariamente por unidade habitacional será de 240litros/dia, ou seja, divide-se o volume total consumido por dia na edificação pelo número de apartamentos.

3.4.1.3 Cálculo do tamanho do reservatório

O cálculo do volume armazenado e conseqüentemente determinação do tamanho do reservatório é dado pela equação 1, apresentada no item 2.5.2.1 desta pesquisa.

$$V_{armaz} = \frac{V_{consumo} \times (T_{consumo} - T_{ambiente})}{(T_{armaz} - T_{ambiente})}$$

Onde:

V armaz: volume de armazenamento do reservatório

V consumo: volume total de consumo de água quente na edificação

T ambiente: temperatura média ambiente na localidade

T consumo: temperatura de consumo da água quente

T armaz: temperatura de armazenamento

$$V_{armaz} = \frac{7440 \times (40 - 20,2)}{(60 - 20,2)}$$

$$V_{armaz} = 3701,30 \text{ litros}$$

Calculado o volume de consumo diário de água quente e o volume de armazenamento do reservatório de 3701,30 litros, chegou-se a conclusão que serão utilizados quatro reservatórios com armazenamento de 2000 litros cada, para suprir a necessidade de água quente diária da edificação que é de 7440 litros/dia, por questões de instalação e por ser um dos modelos mais utilizados para sistemas de grande porte com uma oferta maior no mercado.

3.4.1.4 Cálculo da área coletora

Contrariamente ao critério de dimensionamento para equipamentos convencionais, os sistemas de aquecimento solar não são dimensionados para as condições extremas (inverno, baixa radiação solar, máxima ocupação), de certos dias do ano, mas sim para as necessidades energéticas médias anuais. Para esse tipo de tecnologia não se considera

a ponta máxima previsível do consumo energético, mas o balanço médio anual (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILALÇÃO E AQUECIMENTO, 2012).

O cálculo da energia útil para aquecimento do total de água quente utilizada diariamente na edificação, será dado pela equação 5.

$$Dmês = Qdia \times N \times (Tacs - Taf) \times 1,16.10^{-3} \quad (5)$$

Onde:

Dmês: demanda energética (KWh/mês)

Qdia: consumo diário de água quente a referência Tacs (litros/dia)

N: número de dias do mês considerado, dias/mês

Tacs: temperatura utilizada para a quantificação do consumo de água quente (°C)

Taf: temperatura de água fria da rede (°C)

$$Dmês = 7440 \times 30 \times (40 - 20,2) \times 1,16.10^{-3}$$

$$Dmês = 5126,45KWh/mês$$

Dimensionado o valor de energia útil mensal, o próximo passo é verificar a tabela do Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (2016), a qual disponibiliza todos os fabricantes de sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água credenciado no Programa Brasileiro de Etiquetagem, constando a produção média mensal de energia dos equipamentos por metro quadrado e por tipo de coletor.

Para dimensionamento da área coletora utilizou-se, no estudo de caso, os coletores do fabricante Soletrol, marca Popsol, modelo Popsol 2m², pressão de funcionamento 400KPa e produção média mensal de energia por coletor de 161,2 KW e por metro quadrado de 80,6KW. Sendo assim para a demanda de água do estudo de caso, será preciso uma área de 67m², que será suprida por 34 placas de 2m² cada.

O bloco do empreendimento utilizado para o estudo de caso têm uma área de cobertura de 498,3 m². Área suficiente para a instalação do sistema e sem comprometer todo o telhado, ficando lugares para futuras manutenções.

3.4.1.5 Tubulação utilizada e tipo de instalação

De acordo com o setor de engenharia da construtora, a tubulação de água fria dos prédios será feita em um sistema flexível PEX de 25 mm de diâmetro, o qual é um material de alta resistência e durabilidade com fácil instalação em menor tempo, além de poder ser utilizado para água quente. Portanto para a tubulação de água quente do SAS será utilizado o mesmo material PEX.

Para conexão entre os coletores e reservatórios que ficarão na cobertura da edificação, a tubulação será feita de tubos PPR Termofusão de 25 mm de diâmetro, o qual é um material com alta exigência de desempenho e durabilidade. Tem o benefício de resistência a altas temperaturas e a menor perda de carga.

De acordo com o manual de instalação de SAS da Eletrobras Procel Solar (2012), recomenda-se que a tubulação primária por onde circulará a água quente, ou seja, circuito entre coletores e reservatórios, seja isolada termicamente, para que evite que a água dentro da tubulação resfrie. Os materiais mais utilizados para o isolamento térmico são o polietileno expandido, a lã de rocha e a lã de vidro, a qual protege dos raios UV (ultravioleta) do sol, da chuva e dos ventos em casos de tubulações expostas.

No cálculo do item 3.4.1.3 foi dimensionado a quantidade de reservatórios necessários para suprir a demanda de água na edificação, que serão 4 reservatórios de 2000 litros cada, com isso pode-se determinar que 2 reservatórios serão instalados de cada lado da edificação, alimentando 16 apartamentos.

Uma tubulação principal de 50 mm será instalada de cada lado da edificação, a qual será alimentada pelos dois reservatórios, por onde escorrerá a água quente nas duas prumadas principais do prédio. Na tubulação primária será conectado as outras tubulações individuais de cada apartamento com uso de *manifold*, que é uma válvula de abertura e fechamento para distribuição de água em cada ponto de chuveiro da unidade predial. Em cada pavimento terá dois distribuidores *manifold* com quatro saídas e registros para que o sistema possa ser fechado individualmente caso precise de uma revisão.

Dentro de cada unidade o chuveiro será alimentado por uma tubulação de água fria que virá do reservatório principal do prédio e por outra de água quente que virá do sistema de aquecimento solar. Será utilizado um misturador tipo Y embutido na parede, para que o usuário possa escolher a temperatura mais confortável para banho. E em dias em que não há radiação solar suficiente para fazer o aquecimento da água, o chuveiro possa ser ligado convencionalmente na rede elétrica, funcionando como forma de aquecimento auxiliar.

3.4.1.6 Posicionamento do conjunto de coletores

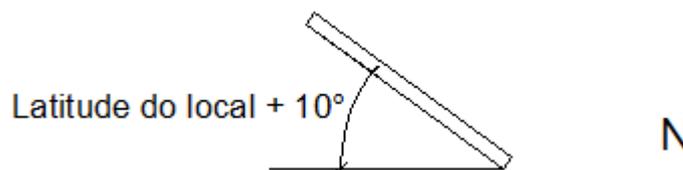
Para um melhor desempenho dos coletores solares e aproveitamento da radiação solar, o posicionamento dos coletores é essencial no dimensionamento de um sistema de aquecimento solar (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO, AR CONDICIONADO, VENTILAÇÃO E AQUECEDORES, 2008).

De acordo com a Associação Brasileira de Refrigeração, Ar condicionado, Ventilação e Aquecedores (2017), o ângulo de inclinação em relação ao plano horizontal e a posição dos coletores em relação ao norte influenciam no dimensionamento do sistema de aquecimento solar. A exposição dos coletores ao sol deve estar o mais perpendicular possível, de forma que a radiação solar atinja o máximo possível.

Como regra básica para instalação é recomendado uma inclinação equivalente em relação a latitude da região onde será feita a instalação, somando-se mais 10° .

Neste estudo de caso, a região do empreendimento tem uma latitude de 27° de acordo com o site Google Maps (2017). Portanto os coletores serão instalados com 37° de inclinação, necessitando de suportes de metal para chegar a inclinação de instalação. Na figura 6 será exemplificado o ângulo para os coletores.

Figura 6 – Ângulo de inclinação das placas



Fonte: O autor

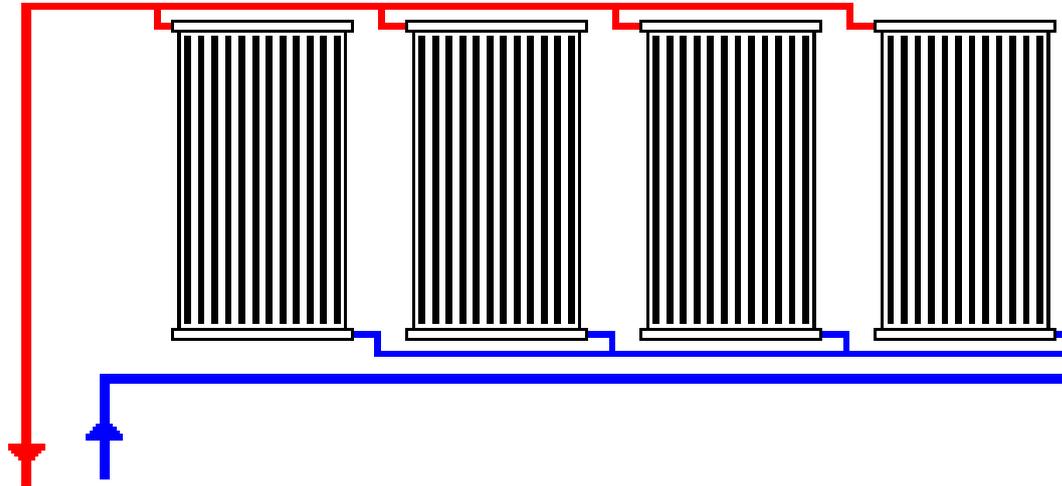
Definido a inclinação dos coletores, foi encontrada a posição do Norte Geográfico em relação ao empreendimento. Essa posição Norte para instalação das placas fica simétrico em relação a trajetória do sol, posição que permite a maior incidência do sol ao longo do dia em todas as estações do ano.

3.4.1.7 Associação dos coletores

Propõe-se que os coletores estejam interligados entre si com ligação feita em paralelo de canais de quatro em quatro placas. Essa associação demanda de um menor comprimento de tubos, evitando menor perda de carga e tem um baixo custo, pois o custo

com a tubulação é menor e assegura um equilíbrio hidráulico e eficiência térmica. Na figura 7 tem-se um exemplo de ligação em paralelo de canais.

Figura 7 – Associação de coletores em paralelo de canais



Fonte: Solaris, 2017

3.5 COTAÇÃO DE VALORES DE COLETORES E RESERVATÓRIOS TÉRMICOS

Para implantação do sistema, foi feita uma cotação de valores em sites de fabricantes e fornecedores de sistemas de aquecimento solar de água. Essa cotação foi feita na rede mundial de computadores, onde-se procurou buscar os preços dos reservatórios e placas coletoras que correspondessem ao estudo de caso. Os valores serão demonstrados nos quadros seguintes.

Quadro 1 – Cotação de valores de coletores de 2m²

Fabricantes	Marca	Modelo	Material	Preço (R\$)
Ouro fino	Ouro fino	Titan	Cobre e vidro	831,9
Komeco	Komeco	Ambient	Alumínio, vidro e inox	1.000,00
Solestrol	Solestrol	Max Alumínio	Poliuretano, cobre e alumínio	696,00

Fonte: Elaborado pelo Autor

Quadro 2 - Cotação de valores de reservatório térmicos de 2000 litros

Fabricante	Material	Modelo	Valor (reais)
Termomex	Aço, alumínio e fibra de vidro	Boiler solar 2000l, Aço 304	7.118,00
Renove	Inox, poliuretano, alumínio	Boiler inox	6.599,99
Center Sol	Inox, poliuretano	Reservatório inox	6.528,60

Fonte: Elaborado pelo Autor

Feita a cotação de custo estimado para a implantação do sistema de aquecimento solar, no próximo item será calculado qual a estimativa de economia de energia que o sistema trará para a edificação.

3.6 ESTIMATIVA DE ENERGIA ECONOMIZADA COM A IMPLANTAÇÃO DO SAS

A metodologia utilizada será baseada no Manual para Elaboração do Programa de Eficiência Energética aprovada pela resolução Normativa nº 300 da Agência Nacional de Energia Elétrica (2008). Os dados para fins de cálculos foram retirados de informações disponibilizadas pela Agência Nacional de Energia Elétrica, pela Caixa Econômica Federal, assim como as Centrais Elétricas de Santa Catarina (2017).

Para o cálculo da energia economizada com a implantação do sistema de aquecimento solar de água foi preciso levantar alguns dados em Plataformas de Coletas de Dados e Atlas Solarimétricos, os quais serão discriminados a seguir:

EE- energia economizada

FS - fração solar de energia consumida para o aquecimento de água fornecida pelo sistema solar obtida no Atlas Solarimétrico (2016) é de 73,5%.

NB - número médio de banhos por unidade residencial de acordo com o Sistema de Posses e Hábitos de Uso de Aparelhos Elétricos (2007) são de 2 banhos por dia por pessoa.

T - tempo de duração do banho, será de 10 min.

PC - potência máxima típica dos chuveiros utilizados será de 4.400 W, de acordo com a Eletrobras Procel (2007).

Para calcular a energia economizada no bloco 1 do empreendimento do estudo de caso primeiro se multiplica o número total de moradores do edifício, o qual foi calculado no item 3.4.1.1 que é de 124 habitantes pelo número de banhos diário de cada unidade residencial. Cada apartamento terá 4 moradores, num total de 8 banhos diários.

Portanto o número total de banhos (**NTB**) no bloco 1 será de 992 banhos diários.

Com esses dados pode-se calcular a energia economizada na edificação, a qual é expressa pela seguinte equação 6:

$$EE = FS \times PC \times NTB \times \frac{T}{60} \times 365 \times 10^{-6} \quad (6)$$

$$EE = 73,5 \times 4.400 \times 992 \times \frac{10}{60} \times 365 \times 10^{-6}$$

$$EE = 19,51 \text{ MWh/ano}$$

Calculado a energia economizada durante um ano no bloco 1, multiplica-se pelo total de blocos do empreendimento que são 6. Tendo-se o valor real de energia economizada nos 6 edifícios do empreendimento.

$$EET = 19,51 \times 6$$

$$EET = 117,06 \text{ MWh/ano}$$

A troca do chuveiro elétrico, traz uma economia em valores para o empreendimento, o qual é obtido através do produto da economia de energia economizada, calculada anteriormente no valor de 117,06 MWh/ano, pelo valor cheio da tarifa média anual de fornecimento do setor residencial, a qual de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica (2017) é de R\$ 371,49 na região sul, valor já incluso os tributos. A equação 7 a seguir demonstra o cálculo.

$$\text{Valor do benefício} = 117,06 \text{ MWh/ano} \times 371,49 \quad (7)$$

$$\text{Valor do benefício} = \text{R\$ } 43.486,62 \text{ a.a}$$

Com o custo estimado para implantação feito no item 3.5.1 e com o valor do benefício calculado anteriormente, no próximo item será calculado em quanto tempo será o retorno do valor investido.

3.7 TEMPO DE RETORNO

O tempo de retorno para os valores de investimentos e benefícios com a implantação SAS nas edificações é de total interesse para o proprietário do empreendimento para tomada de decisão no investimento da tecnologia. Para calcular o tempo de retorno, será utilizado uma taxa de juros Selic de 8,25% a.a. (Brasil, 2017).

A equação 8 a seguir demonstra o cálculo para tempo de retorno:

$$TR = - \frac{\ln\left(1 - C \cdot \frac{i}{P}\right)}{\ln(1 + i)} \quad (8)$$

Sendo:

TR – Tempo de retorno

i – taxa de juros a. a.

C – investimento

P – benefício a.a.

$$TR = - \frac{\ln(1 - 65.800,53 \cdot \frac{0,0825}{7.247,77})}{\ln(1 + 0,0825)}$$

$$TR = 17 \text{ anos}$$

No cálculo anterior foi possível encontrar em quanto tempo se dará o retorno do investimento no sistema de aquecimento solar de água, o qual demonstra que o será em um curto prazo, algo que possa despertar um maior interesse pelo uso de SAS.

Feito o estudo de caso, pode-se chegar aos resultados e levantar discussões sobre o assunto, os quais serão tratados a seguir no próximo capítulo.

4 ANÁLISE E DISCUSSÕES DOS RESULTADOS

O estudo realizado tendo como objeto um empreendimento em construção localizado em Santa Catarina pôde mostrar o dimensionamento de uma proposta de implantação de coletores solares para aquecimento de água em edifícios residenciais.

Foi observado que a implantação de coletores solares para aquecimento de água permitirá significativa redução no custo com energia elétrica utilizada nos chuveiros elétricos.

O dimensionamento da área de coletores apresentado no item 3.4.1.4 deixou claro que a demanda de energia de 5126,45 kWh/mês é suficiente para aquecer a quantidade de água para atender toda edificação.

Em relação ao total de energia economizada, a equação 6 apresenta resultado considerável refletindo o que o edifício economizaria em um ano utilizando a energia solar para aquecimento de água.

O empreendimento tem interesse social e nesses tipos de residências comumente é utilizado o chuveiro elétrico para aquecimento, por isso o estudo utilizou um sistema híbrido, para que nos dias de pouca incidência solar o usuário possa ter conforto térmico, o que também pode ser feito em sistemas de aquecedores centrais e a gás.

A cotação para implantação apresentada no quadro 3 mostra os valores considerando a qualidade de matérias, como a empresa já utiliza nas suas construções e preços de mercado e da CAIXA. Optou-se por tubulação PEX, por ser mais resistente e a mão de obra mais simples. Porém há vários outros tipos e valores disponíveis, por exemplo, a tubulação pode ser feita em cobre que é um material mais barato, porém a mão de obra é mais demorada e mais cara, pois de acordo com o setor de engenharia da construtora é preciso mão de obra especializada e um prazo maior para tubular todos os pontos atendidos.

Com a equação 8, foi possível saber que o tempo de retorno do investimento feito para implantação do sistema será de 17 anos, ficando claro a sua atratividade a médio prazo e considerável retorno financeiro.

Com as análises procedidas no estudo, foi possível verificar que o aquecimento solar de água promove uma economia efetiva de energia para o consumidor final, desde que sejam adotadas boas práticas nos projetos, dimensionamento e instalação adequada, além de reduzir a demanda de energia elétrica na ponta.

Este estudo não tem pretensão de gerar conclusões definitivas sobre a troca de chuveiros elétricos por sistemas de coletores solares. Mas evidencia que é possível o investimento em novas fontes de energias renováveis para o aquecimento de água.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No Brasil, a utilização da energia solar para aquecimento de água ainda caminha em passos lentos para alcançar todo o seu potencial de aproveitamento, comparado a outros países que utilizam a tecnologia a mais tempo. Isso acontece devido a falta de conhecimento das pessoas sobre o assunto, questões culturais e a falta de interesses públicos para difundir a tecnologia.

Mas quais os benefícios e barreiras encontradas para implantação do uso de coletores solares para aquecimento de água em edifícios?

A análise feita neste trabalho, antecedida pela fundamentação teórica, mostrou que o uso de coletores solares para aquecimento de água em edifícios residenciais podem gerar uma redução significativa no custo com energia elétrica. Por outro lado, os custos para implantação de equipamentos ainda são elevados, comparado ao custo da instalação de um simples chuveiro elétrico. Porém, a importância em pesquisar e investir em fontes de energias renováveis, por exemplo, a energia solar, é algo que deve ser tratado pelo estado em parceria com os centros tecnológicos de pesquisa e empresas fabricantes.

Mas as barreiras vêm sendo vencidas desde os anos de 1970 quando se iniciou o uso do aquecimento solar de água no Brasil. Como exemplo cita-se a capital Belo Horizonte –MG que atualmente é a cidade modelo em aproveitamento da energia solar para aquecimento de água em edifícios residenciais, possuindo uma das maiores áreas de coletores solares instalados e uma elevada concentração de fábricas do país. Isso deve-se aos incentivos do governo estadual em parceria com centros acadêmicos e fabricantes.

Com a viabilidade econômica e sustentável da implantação de sistemas de coletores solares, no Brasil foram fomentadas leis municipais que obrigam ou facilitam o uso da tecnologia, e com isso foram criados critérios, normas e parâmetros para os equipamentos e instalação.

O estudo mostrou ser viável a junção dos chuveiros elétricos tradicionalmente utilizado para aquecer água para banho com coletores solares planos que aquecem água pela radiação solar, armazenando-a em reservatórios térmicos. Senão de forma integral, pelo menos parcial, com sistema híbrido, o que já é de grande importância.

Para implantação do sistema, estima-se que o custo seria de R\$ 65.800,53. A economia com gastos de energia elétrica nos chuveiros seria algo em torno de R\$ 7.247,77 anual para cada edifício, totalizando uma economia anual para empreendimento em torno de R\$ 43.486,62.

O tempo de retorno pelo investimento deverá ser em 2 anos considerando uma taxa de juros de 8,25%.

Deve-se levar em consideração também que empreendimentos sustentáveis tem uma valorização imediata no mercado.

Para trabalhos futuros a sugestão é a pesquisa sobre aquecimento de água por coletores solares voltadas para indústrias que utilizam água aquecida no seu processo de fabricação.

Os objetivos propostos foram alcançados, pois foi possível a análise do que o mercado oferece de tecnologia, a comparação econômica da energia elétrica com a energia solar para aquecimento.

Considera-se com este estudo a importância da engenharia civil em se qualificar continuamente em edificações sustentáveis e que pensem na economia para os seus usuários, além de contribuir para o meio ambiente que está sendo deixado para as futuras gerações. E como o investimento em tecnologias de ponta tem um retorno viável usando a energia solar como fonte para aquecimento de água.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE REFRIGERAÇÃO AR CONDICINADO VENTILAÇÃO E AQUECEDOR. **Apresentação: O Sistema de Aquecimento Solar e a Realidade Energética (Fatos e Oportunidade)**. Marcelo Mesquita, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15 569**: sistema de aquecimento solar em circuito direto - projeto e instalação. Rio de Janeiro, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15 747-1**: sistemas solares térmicos e seus componentes-coletores solares. Parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15 747-2**: sistemas solares térmicos e seus componentes-coletores solares. Parte 2: método de ensaio. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10185**: reservatórios térmicos para líquidos destinados a sistemas de energia solar – Determinação de desempenho térmico - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.

CAIXA. **Tabela de insumo da construção civil 2016**. Disponível em: <http://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_662>. Acesso em: 20 out. 2017.

CRESESB - CENTRO DE REFERÊNCIA PARA ENERGIA SOLAR E EÓLICA SÉRGIO BRITO. **Radiação Solar**. Disponível em: <http://cresesb.cepel.br/index.php?section=com_content&cid=301//>. Acesso em: 11 maio 2017.

CORRÊA, Caroline. **Dimensionamento de sistema de energia solar para aquecimento**. Disponível em: <<http://maisengenharia.altoqi.com.br/hidrossanitario/dimensionamento-de-sistema-de-energia-solar-para-aquecimento/>>. Acesso em: 11 maio 2017.

DOMUS SOLARIS. **Ligação de coletores em paralelo de canais**. Disponível em: <http://www.domus-solaris.com/imagens/ligacao_pararelo.png>. Acesso em: 11 out. 2017.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água – coletores solares - edição 04/15**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/ColetoresSolares-banho.pdf>>. Acesso em: 05 Out. 2017. INMETRO, 2015.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água – coletores solares – reservatórios de baixa pressão – edição 05/14**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/reservatorio-solar-bp.pdf>>. Acesso em: 05 Jun. 2017. INMETRO, 2014^a.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Sistemas e equipamentos para aquecimento solar de água – coletores solares – reservatórios de alta pressão – edição 02/14.** Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/reservatorio-solar-ap.pdf>>. Acesso em: 05 Jun. 2017. INMETRO, 2014b.

INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Tabela de classificação de sistemas de aquecimento solar de água – Coletores Solares.** Disponível em: <<http://inmetro.gov.br/consumidor/pbe/ColetoresSolares-banho.pdf>>. Acesso em: 01 out. 2017.

PORTAL SOLAR. **O que é Energia Solar.** Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/>>. Acesso em: 11 maio 2017.

PEREIRA, E. M. D; SOUZA, S. V. de; SILVA, S. M. da. Aquecimento Solar : panorama da evolução do mercado. In: VASCONCELLOS, Luiz Eduardo Menandro de; LIMBERGER, Marcos Alexandre Couto (Org.). **Energia Solar para aquecimento de água no Brasil: Contribuições da Eletrobrás, Procel e Parceiros.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2012. p 17-26.

PEREIRA, E. M. D; SOUZA. Aquecimento solar como medida de eficiência energética. In: VASCONCELLOS, Luiz Eduardo Menandro de; LIMBERGER, Marcos Alexandre Couto (Org.). **Energia Solar para aquecimento de água no Brasil: Contribuições da Eletrobrás, Procel e Parceiros.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2012. p 71-76.

PROCEL - CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA. Aquecimento solar de água. Disponível em: <http://www.procel.gov.br/main.asp?view={ec4300f8-43fe-4406-8281-08ddf478f35b}>>. Acesso em: 11 maio 2017.

SOLARES. **Reservatório térmico.** Disponível em: <<http://www.solares-online.com.br/blog-reservatorio-termico.html>>. Acesso em: 11 maio 2017.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DE APARELHOS ELÉTRICOS, ELETRÔNICOS E SIMILARES DO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Grupo BH solar.** Disponível em: <<http://sinaees.com.br/grupo-bh-solar/>>. Acesso em: 11 maio 2017.

SOUZA, R. C; SALVADOR, E; LOMELINO, M. V. Aquecimento de água para banho. In: VASCONCELLOS, Luiz Eduardo Menandro de; LIMBERGER, Marcos Alexandre Couto (Org.). **Energia Solar para aquecimento de água no Brasil: Contribuições da Eletrobrás, Procel e Parceiros.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2012. p 27-34.

SOLE. **Coletores Solares.** Disponível em: <<http://soleaquecimento.com.br/produto/8/coletores-solares>>. Acesso em: 11 out. 2017.

UNIVERSIDADE DO SOL. **Brasil é 6º no Ranking de Coletores Solares.** Disponível em: <<http://www.universidadedosol.org.br/brasil-e-6-o-no-ranking-de-coletores-solares>>. Acesso em: 11 maio 2017.

WORLD WIDE FUND FOR NATURE. **Programa Nacional para a Energia Solar Térmica.** Disponível em:

http://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/reducao_de_impactos2/clima/nossas_solucoes/alternativas_energeticas_sustentaveis/asust/rec/prosolter/>. Acesso em: 04 de jun 2017.

<https://www.climatempo.com.br/climatologia/4567/biguacu-sc>

ANEXOS

ANEXO B – Tabela INMETRO de classificação dos coletores solares

A seguir, no anexo B tem-se o modelo da tabela do Inmetro com a classificação feita pelo Programa Brasileiro de Etiquetagem (2017), sobre o consumo e a eficiência energética dos coletores solares para aquecimento de água para banho e piscina.

Figura 9 – Tabela INMETRO de classificação do consumo e eficiência energética dos coletores solares



INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA

PBE- Coletor Solar aplicação Banho e Piscina

Tabelas de Consumo / Eficiência Energética

Empresas: 28
Marcas: 31
Modelos : 227



Produção de Energia Mensal (PME)
Específica em m² (kWh/mês.m²)

Data de Atualização: 13/02/2017

Empresa	Marca	Modelo	Aplicação	Pressão de Funcionamento		Área Externa do Coletor m ²	Produção Média Mensal de Energia		Eficiência Energética Média(%)	Classificação	Material Superfície Absorvedora	Fr(taj)	FRUL	Número do Registro de Objeto	Data de Concessão	Data do cancelament
				(kPa)	(mca)		Por Coletor (kWh/mês)	Por m ² (Específica kWh/mês.m ²)								
ACQUALUZ SHOPPING DA CONSTRUÇÃO LTDA - ME	ACQUA-SOL	ACQUA-SOL I	Banho	45	5,00	2,42	153,2	63,30	75,1	D	Vidro de Borossilicato	0,639	2,071	006252/2016	24/10/2016	
ACQUALUZ SHOPPING DA CONSTRUÇÃO LTDA - ME	ACQUA-SOL	ACQUA-SOL II	Banho	49	5,00	3,18	201,0	63,22	75,1	D	Vidro de Borossilicato	0,639	2,071	006252/2016	24/10/2016	
ACQUALUZ SHOPPING DA CONSTRUÇÃO LTDA - ME	ACQUA-SOL	ACQUA-SOL III	Banho	49	5,00	3,95	249,7	63,22	75,1	D	Vidro de Borossilicato	0,639	2,071	006252/2016	24/10/2016	
ACQUALUZ SHOPPING DA CONSTRUÇÃO LTDA - ME	ACQUA-SOL	ACQUA-SOL IV	Banho	49	5,00	4,70	297,1	63,22	75,1	D	Vidro de Borossilicato	0,639	2,071	006252/2016	24/10/2016	
AECOSOL Me Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 270 BP	Banho	50	5,00	3,16	254,7	80,49	54,9	A	Vidro de Borossilicato	0,752	0,718	005013/2015	25/8/2015	6/1/2016
AECOSOL Me Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 30 BP	Banho	50	5,00	2,79	224,0	80,40	64,8	A	Vidro de Borossilicato	0,540	3,765	005011/2015	25/8/2015	
AECOSOL Me Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 30 EP	Banho	50	5,00	4,45	297,3	66,75	72,1	C	Vidro de Borossilicato	0,562	2,164	005010/2015	25/8/2015	
AECOSOL Me Energia Limpa LTDA	Aecosol MS	Aecosol 40 EP	Banho	50	5,00	5,63	389,2	66,73	72,1	C	Vidro de Borossilicato	0,562	2,164	005010/2015	25/8/2015	

Fonte: INMETRO, 2017