

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ENERGIA

BRUNA DOS SANTOS MIRANDA

AVALIAÇÃO E PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO
SOLAR PARA A MORADIA ESTUDANTIL UFGD

Dourados

2018

BRUNA DOS SANTOS MIRANDA

**AVALIAÇÃO E PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO
SOLAR PARA A MORADIA ESTUDANTIL UFGD**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal da Grande Dourados como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Energia.

Orientador: Prof. Dr. Aureo Cezar de Lima

Dourados

2018

BRUNA DOS SANTOS MIRANDA

AVALIAÇÃO E PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR PARA A MORADIA ESTUDANTIL UFGD

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado ao curso de Engenharia de Energia da Universidade Federal da Grande Dourados como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharela em Engenharia de Energia.

Aprovado em: 06 de Março de 2018.

BANCA EXAMINADORA



Aureo Cezar de Lima, Dr.(UFGD)
(Orientador)



Gerson Bessa Gibelli, Dr.(UFGD)



Reginaldo Ribeiro de Sousa, Dr.(UFGD)

M672a Miranda, Bruna Dos Santos

AVALIAÇÃO E PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO
SOLAR PARA A MORADIA ESTUDANTIL UFGD / Bruna Dos Santos

Miranda -- Dourados: UFGD, 2018.

73f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Aureo Cezar de Lima

TCC (Graduação em Engenharia de Energia) - Faculdade de
Engenharia, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Energia solar. 2. Aquecimento de água. 3. Chuveiro elétrico. I.
Título.

DEDICATÓRIA

À minha mãe;

Minha mais bela razão para existir.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Arthur Miranda e Divani Miranda que sempre foram minha maior fonte de inspiração e força, sempre acreditando e apoiando meu sonho.

Agradeço ao professor Aureo Cezar de Lima, responsável pela orientação desse trabalho e a todos os docentes que me apoiaram e aconselharam em cada etapa da graduação.

Agradeço a minha irmã Daniele Miranda pelo apoio e ajuda no desenvolvimento deste trabalho junto ao meu cunhado Márcio Rocha pela sabedoria compartilhada.

Agradeço ao João Luiz Luizari pelo apoio oferecido nos momentos de desespero.

Agradeço aos acadêmicos, Willian Kaseker e Heryck Gomes pelo tempo disponibilizado a me ajudar entender o funcionamento prático da energia solar.

Agradeço ao meu colega Lucio Satoru pela ajuda oferecida no desenvolver das figuras anexadas.

Agradeço a minha amiga Isabele Oliveira pela ajuda ofertada.

Enfim, agradeço a todas as pessoas que fizeram parte dessa etapa decisiva em minha vida.

RESUMO

O aumento da demanda por energia decorrente do crescimento populacional e sua demanda por equipamentos eletroeletrônicos, além da redução da oferta de combustíveis fósseis e a crescente preocupação com o meio ambiente, tem acarretado a busca por fontes de energia renováveis, menos poluidoras e viáveis do ponto de vista técnico e econômico. A energia solar térmica é uma excelente alternativa a esses problemas, visto que é uma fonte não poluidora e tem sua matriz inesgotável. Neste trabalho, foi estudada a inserção de um sistema solar térmico na moradia estudantil da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD) a partir da análise energética e econômica para o suprimento de água quente para o banho. O trabalho foi elaborado utilizando a norma ABNT NBR 15569 e os dados foram baseados nos hábitos de consumo dos moradores: tempo e horário de uso. Considerando o impacto no custo da energia do chuveiro elétrico no horário de ponta e o investimento no sistema de aquecimento de água solar térmico, foi constatado a atratividade financeira deste projeto, com retorno do investimento em 4,96 anos e uma expectativa de retorno financeiro de 213 % do total investido ao final de sua vida útil.

Palavras-chave: Aquecimento de água, Energia solar térmica e Chuveiro elétrico

ABSTRACT

The increase in energy demand due to population growth and its demand for electrical and electronic equipment, in addition to the reduction of the supply of fossil fuels and the growing concern with the environment, has led to the search for renewable, less polluting and viable sources of energy from the point technical and economic view. Solar thermal power is an excellent alternative to these problems, since it is a non-polluting source and has its inexhaustible array. In this work, the insertion of a solar thermal system in the student residence of the Federal University of Grande Dourados (UFGD) was studied from the energy and economical analysis for the supply of hot water to the bath. The work was done using the ABNT NBR 15569 standard and the data were based on the consumption habits of the residents: time and time of use. Considering the impact on the energy cost of the electric shower at peak hours and the investment in the thermal solar water heating system, the financial attractiveness of this project was verified, with a return on investment of 4.96 years and an expectation of financial return of 213 % of the total invested at the end of its useful life.

Keywords: Water heating, Solar thermal energy and electric shower

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação das estações e o movimento de translação da Terra.	20
Figura 2: Radiação solar e temperatura do ar mensal em Dourados-MS no ano de 2016.	21
Figura 3: Componentes e representação esquemática de um boiler.....	23
Figura 4: Componentes de um coletor solar térmico.....	24
Figura 5: Evolução do mercado de aquecimento solar brasileiro.....	26
Figura 6: Vendas por região.....	26
Figura 7: Critérios atuais de classificação dos coletores solares no Brasil.....	27
Figura 8: Parcela de custos da energia elétrica.	31
Figura 9: Instalação normal com termossifão.	36
Figura 10: Instalação em nível.	37
Figura 11: Instalação de alta pressão.....	38
Figura 12: Diferentes alturas do sol ao meio dia do solstício de verão e otimização dos coletores por estação.	40
Figura 13: Interferência do norte geográfico na instalação.....	41
Figura 14: Etiqueta das especificações técnicas.....	46
Figura 15: Localização dos banheiros na residência.....	47
Figura 16: Divisão dos blocos para instalação do sistema.....	48
Figura 17: Posicionamento dos boilers no telhado.	50
Figura 18: Especificação da placa de acordo com o programa brasileiro de etiquetagem.	51
Figura 19: Vista superior da moradia estudantil.	52
Figura 20: Posicionamento dos coletores solares.....	53
Figura 21: Ilustrativo da ligação em série.	54
Figura 22: Ilustrativo da ligação em paralelo.	54
Figura 23: Instalação dos coletores solares associados em série-paralelo.....	55
Figura 24: Distribuição da tubulação sob o telhado.....	56
Figura 25: Imagem ilustrativa da instalação dos misturadores.	57
Figura 26: Representatividade dos equipamentos na fatura de energia elétrica.	64
Figura 27: Custos do chuveiro elétrico na fatura final de energia.	65
Figura 28: Curva de retorno financeiro da instalação do projeto solar térmico considerando o valor da inflação.	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Classificação dos Subgrupos do Grupo B.....	29
Tabela 2: Classificação dos Subgrupos do Grupo A.....	30
Tabela 3: Tarifas de Aplicação.	33
Tabela 4: Consumo de pontos de utilização de água quente.....	34
Tabela 5: Dimensões do Boiler	39
Tabela 6: Resultado do questionário realizado na moradia estudantil.....	46
Tabela 7: Custos dos equipamentos necessários para a instalação do sistema.	58
Tabela 8: Consumo mensal no período de agosto de 2016 a julho de 2017.....	59
Tabela 9: Valores reais e ajustados da fatura de energia.	60
Tabela 10: Levantamento das potências dos equipamentos utilizados na moradia estudantil.....	60
Tabela 11: Relação dos equipamentos gerais.	61
Tabela 12: Levantamento da demanda dos equipamentos utilizados na moradia estudantil.....	61
Tabela 13: Levantamento de dados para calcular o consumo de cada equipamento.	62
Tabela 14: Relação da temperatura mensal com a utilização do chuveiro e o ar condicionado.	63
Tabela 15: Rateio do gasto com os equipamentos na moradia estudantil.....	63
Tabela 16: Inflação média nos últimos dez anos.....	66
Tabela 17: Fluxo de caixa para a implementação do projeto considerando o valor médio da inflação.....	66
Tabela 18: Comparativo entre três modalidades de pagamento.	68

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	14
1.1 objetivos.....	18
1.1.1 Objetivo geral	18
1.1.2 Objetivos específicos	18
2. ENERGIA SOLAR	19
2.1 RADIAÇÃO SOLAR.....	20
2.2.1 Sistemas Básicos de Aquecimento Solar Térmico.....	22
2.2.1.1 Captação	22
2.2.1.2 Acumulação	22
2.2.1.3 Consumo	23
2.2.2 Coletores solares	23
2.3 MERCADO BRASILEIRO.....	25
2.4 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM.....	27
2.5 CONEITOS PARA ANÁLISE ENERGÉTICA	28
2.5.1 FATURAMENTO DE ENERGIA.....	28
2.6 ADEQUAÇÃO TARIFÁRIA	30
2.7 TRIBUTOS	31
3. PROCEDIMENTO PARA O PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR.....	33
3.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA	33
3.2 DEMANDA DE ÁGUA QUENTE	34
3.3 TIPOS DE INSTALAÇÃO DO BOILER.....	35
3.3.1 Instalação normal	35
3.3.2 Instalação em nível.....	36
3.3.3 Instalação de alta pressão	37
3.4 DIMENSIONAMENTO DO BOILER.....	38
3.5 CÁLCULO DO NÚMERO DE PLACAS COLETORAS	39
3.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	42
4. AVALIAÇÃO E PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR PARA A MORADIA ESTUDANTIL UFGD.....	45
4.1 DEMANDA DE ÁGUA QUENTE NA MORADIA ESTUDANTIL.....	45
4.2 NÚMERO DE RESERVATÓRIOS	49

4.4	POSICIONAMENTO DAS PLACAS.....	52
4.5	MODELO DE INSTALAÇÃO DAS PLACAS	53
5.	CONCLUSÃO	69
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1. INTRODUÇÃO

O crescimento da população e, conseqüentemente, do consumo de energia, associado à natureza finita dos combustíveis fósseis e a poluição gerada por sua queima, levantam questionamentos sobre o atual modelo energético, pois a utilização destes recursos é reconhecidamente danosa ao meio ambiente. As formas de energia que substituirão os combustíveis fósseis, como gás natural, carvão e petróleo, têm que ser sustentáveis, como hídrica, eólica e solar, visando atender a demanda contemporânea sem comprometer as próximas gerações.

A evolução do consumo de energia, as dificuldades crescentes para se atender ao crescimento desse consumo, o custo das alternativas de suprimento, o impacto negativo no meio ambiente que novas plantas de oferta de energia geram a necessidade de as empresas se inserirem em um mundo globalizado e competitivo requerem buscando reduções de custo.

Os avanços nas pesquisas e investigações científicas têm confirmado as previsões sobre as mudanças globais do clima, e seu enfrentamento exige disposição política e aprofundamento técnico-científico. Os principais fatores que contribuem para o aquecimento global são o uso de energias geradas por fontes fósseis e a mudança na utilização da mesma no mundo (ELETROBRÁS, 2012).

Segundo o Balanço Energético Nacional (BEN) 2015, o Brasil dispõe de uma matriz energética de origem predominantemente renovável, representando 74,6 % da oferta interna de eletricidade, com destaque para a geração hidráulica que corresponde a 65,2 % do total produzido resultantes da soma dos montantes da produção nacional somadas às importações (BEN, 2015).

Várias ações têm sido feitas para o desenvolvimento e melhor aproveitamento de fontes limpas, como a energia solar, em especial para aquecimento de água. De acordo com a Pesquisa de Posse de Equipamentos e Hábitos de Uso da Classe Residencial, publicada em 2007, o equipamento de uso residencial com maior participação no consumo final da energia elétrica na classe residencial é o chuveiro elétrico, representando cerca de 24 % (Eletrobras Procel, 2007).

Sob a ótica do sistema elétrico, um dos principais benefícios do uso da tecnologia solar é a retirada de carga do horário de ponta do sistema elétrico, implicando diretamente o aumento da confiabilidade do sistema, a redução de perdas e a postergação de investimentos em geração, transmissão e distribuição.

Sob a perspectiva social, benefícios podem ser percebidos pelo usuário, quando a redução da fatura de energia elétrica propicia um incremento no orçamento familiar, cujo impacto é ampliado em classes sociais menos favorecidas (ELETROBRÁS, 2012).

A energia solar é fundamental para a vida na terra, é uma fonte de energia que influencia em quase todas as outras fontes de energia, tais como hidráulica, biomassa e eólica. Por ser considerada uma fonte de energia não poluente, o que a torna ideal para a proteção ao meio ambiente, a energia proveniente do sol ainda pode ser considerada como uma fonte renovável, direta de luz e calor, existindo diferentes maneiras de aproveitá-la, seja de maneira ativa ou passiva. Com a finalidade de se obter um melhor aproveitamento dessa fonte de energia procura-se aperfeiçoar os processos de utilização, aumentando a eficiência, seja através da energia elétrica ou energia térmica (GUERRA, VARELLA, 2014).

A utilização de aquecedor solar para o aquecimento de água para banho, além de utilizar o sol como fonte de energia limpa, não compromete o conforto e a qualidade de vida dos usuários e traz benefícios para a sociedade nos seus diversos segmentos.

Com as consequências da crise do petróleo dos anos 1970 e a discussão do tema como a degradação do meio ambiente e mudanças climáticas, as formas de energias renováveis passaram a ser vistas como soluções para suprir as necessidades do consumo doméstico e industrial.

Os primeiros programas governamentais de fomento à energia solar térmica no mundo foram introduzidos nos anos 1970, exatamente para reduzir a demanda e assegurar independência energética.

A primeira experiência em grande escala com o uso de aquecedores de água aconteceu em Israel em torno de 1950, devido ao país possuir um grande *déficit* de energia, pois não dispunha de fontes naturais para a sua produção e, ao mesmo tempo, enfrentava restrições de acesso ao petróleo.

Dessa forma, os sistemas solares de aquecimento foram sendo implantados nas unidades habitacionais do país. Em 1967, cerca de 20 % da população já usufruía desses sistemas. A adesão da população ocorreu sem subsídios governamentais, pois a lei que regulava o uso e consumo de energia solar só foi promulgada em Israel em 1983. Vinte e cinco anos mais tarde, cerca de 90 % das

habitações utilizavam sistemas de aquecimento solar, transformando Israel num dos líderes no uso dessa tecnologia em residências (GIZ/Vitae Civilis, 2011).

Em geral, a Europa é um dos mais sofisticados mercados em termos de uso das várias aplicações da energia solar. A energia solar térmica é empregada em habitações residenciais, *flats* e hotéis e em parte dos processos industriais. Para a European Solar Thermal Industry Federation, que acompanha o desempenho do mercado de energia solar térmica nos estados da União Europeia (EU) e Suíça, o setor deve apresentar nos próximos anos um acréscimo de 15 % ao ano (ESTIF, 2011).

Em vários países da EU, políticas públicas oferecem vantagens financeiras para aqueles que instalam sistemas solares térmicos ou que fazem uso da energia térmica: *grants* diretos (ajuda financeira direta/subvenção), redução de impostos, redução ou taxa zero de juros sobre empréstimos e certificados verdes (terminologia usada na Europa, também conhecida como certificados de energia renovável nos Estados Unidos) (ESTIF, 2011).

Na Europa, a liderança na capacidade instalada de painéis de energia solar térmica cabe a Alemanha, onde a tecnologia para o uso do calor solar tem uma longa tradição. Teve seu início com a primeira crise do petróleo, que resultou em uma alteração de pensamento econômico e social, com os agentes procurando por meios alternativos para o aquecimento de água e calefação (ELETROBRÁS PROCEL, 2012).

Como qualquer outra fonte de energia renovável, o aquecimento solar precisa de incentivos públicos para evoluir, já que não é competitivo desde seus primeiros passos. O uso de energia solar térmica vem crescendo, graças a um conjunto de programas de incentivo para seu uso. O mercado solar térmico alemão tem se beneficiado não somente do preço da energia, mas, principalmente dos programas de subsídios concedidos pelo governo, pela lei de energias renováveis para aquecimento e pelo Programa de Estimulo ao Mercado – MAP.

A Áustria é um dos países com maior renda *per capita* de aquecedores solares. Atualmente, na Áustria 220 mil residências estão dotadas de aquecimento solar, cerca de 40 mil sistemas são instalados por ano e o crescimento do setor, que envolve energia renovável e aquecimento, está estimado em 34 %. O governo estadual da Áustria tinha por objetivo instalar 1 milhão de m² de coletores solares até 2010, mas essa meta foi atingida em 2009, o que representou mais de 0,7 m² de

área de coletor por habitante, transformando-a na região com a maior capacidade solar térmica per capita do mundo (ELTROBRÁSPROCEL, 2012).

A Agência Internacional de Energia (IEA) manifestou em uma de suas publicações, a *Solar Energy Perspectives*, que os sistemas de aquecimento solar e a energia solar fotovoltaica deveriam ser usados em paralelo no futuro, pois teriam um potencial de contribuir 25 % da demanda global de energia em 2050, sendo o maior potencial vislumbrado na indústria. Juntos, o aquecimento solar, a geração fotovoltaica e a refrigeração solar podem reduzir significativamente a demanda de energia em nível global (OECD; IEA, 2011).

De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA), o Brasil firmou compromisso em reduzir a emissão dos gases de efeito estufa em 37 % abaixo dos níveis de 2005 até 2025 e em 43 % até 2030. Para isso, houve um comprometimento brasileiro de aumentar para 18 % a participação de bioenergia sustentável em sua matriz energética até 2030, além de restaurar e reflorestar 12 milhões de hectares de florestas, bem como alcançar 45 % de participação estimada de energias renováveis em sua matriz energética em 2030 (MMA, 2017).

O Brasil não tem um planejamento energético de longo prazo que considere os impactos das mudanças climáticas e a ação humana, que causam problemas como estiagem prolongada, assoreamento de afluentes, redução de matas e florestas, além da emissão de gases do efeito estufa, que impactam diretamente na matriz hidráulica e provocam a ligação de termelétricas, altamente poluidoras e de custo exponencialmente maior. Também não são considerados os custos decorrentes desses efeitos, que impactam os empreendedores, inviabilizando investimentos nos setores públicos e privados, fomentando o desemprego, a fome e miséria de uma população cada vez mais impossibilitada de arcar com os custos do próprio consumo energético (CANTARANI, BIANCHI, 2009).

O alto custo da energia elétrica cria a necessidade da disseminação de novas tecnologias para a possibilidade de redução dos gastos, e o setor de energia deve contribuir com a diminuição da emissão de gases poluentes, com ações de eficiência energética, expansão do uso de bicombustíveis, da oferta de energia hidráulica e fomento as fontes alternativas de energia (MMA, 2009).

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Redução do consumo, demanda e despesas com a energia elétrica da moradia estudantil, racionalidade dos insumos energéticos e contribuir para o aumento do uso de energias renováveis.

1.1.2 Objetivos específicos

- Estudar a implantação de novas fontes de energia;
- Realizar levantamento, avaliação e projeto de um sistema solar térmico para o aquecimento de água para banho;
- Verificar a viabilidade técnica-econômica do projeto e;
- Analisar os resultados obtidos.

2. ENERGIA SOLAR

Com o acelerado aumento do consumo e, devido às crises do petróleo e do apagão em 2001, a sociedade vem se preocupando e buscando medidas de uso racional de energia elétrica. Para tanto, o governo brasileiro tem praticado uma política de conservação de energia, em áreas industriais, comerciais e na iluminação pública com o intuito de reduzir desperdícios de modo a se obter uma melhor utilização da energia consumida (MAMEDE FILHO, 2012).

Empresas concessionárias de distribuição de eletricidade firmaram com a ANEEL contratos de concessão no qual uma das obrigações é aplicar, anualmente, um percentual mínimo de 0,5 % de sua receita operacional líquida em ações que tenham como finalidade combater o desperdício de energia elétrica, o então chamado Programa de Eficiência Energética das Empresas de Distribuição – PEE (ANEEL, 2017).

Oliveira (2006) define a eficiência energética como a redução do desperdício e das perdas de energia sem reduzir o seu fornecimento.

Ações de eficiência energética representam benefícios para uma instituição que podem ir além da diminuição da fatura mensal, como melhorar a imagem da mesma perante a sociedade, ter incentivos fiscais, possuir facilidade em linhas de crédito e não pagamento de multas.

O Ministério de Minas e Energia (MME) afirma que o Brasil evoluiu muito em energia e eficiência nos últimos anos, tanto na legislação, conhecimento adquirido e capacitação, quanto na conscientização da necessidade de energia e eficiência nos mais distintos âmbitos. São diversos os casos de sucesso nos quais medidas de eficiência energética foram aplicadas, porém tal área necessita de contínua atualização, ter seu alcance expandido, planejado, de forma que seus resultados venham com agilidade e intensidade (BECKER, 2014).

Apesar das diferentes características climáticas no Brasil, a média anual de irradiação solar global apresenta boa uniformidade, com médias anuais altas em todo o país. Os valores de irradiação solar global incidente em qualquer região do país variam de 4,2 a 6,7 kWh / m², e a região semiárida do nordeste brasileiro apresenta valores máximos de irradiação solar (PEREIRA *et. al*, 2006). Os números mostrados são superiores aos da maioria dos países da União Europeia, como por

exemplo, Alemanha, França e Espanha (GUERRA, M. I. R.; VARELLA, F. K. O. M, 2014).

A irradiação solar no Mato Grosso do Sul é cerca de 5.500 Wh / m².dia, representando quase o dobro da irradiação na Alemanha, país pioneiro nesta tecnologia no mundo (NeoSolar, 2016).

2.1 RADIAÇÃO SOLAR

A disponibilidade da radiação solar é determinada pela hora do dia, pelo dia do ano e também pela latitude local. Isso se deve à inclinação do eixo imaginário, em torno do qual a Terra gira em seu movimento de rotação, e à trajetória elíptica que a Terra descreve ao redor do Sol em seu movimento de translação, como ilustrado na Figura 1 (BEHENCK, 2011).

Figura 1: Representação das estações e o movimento de translação da Terra.



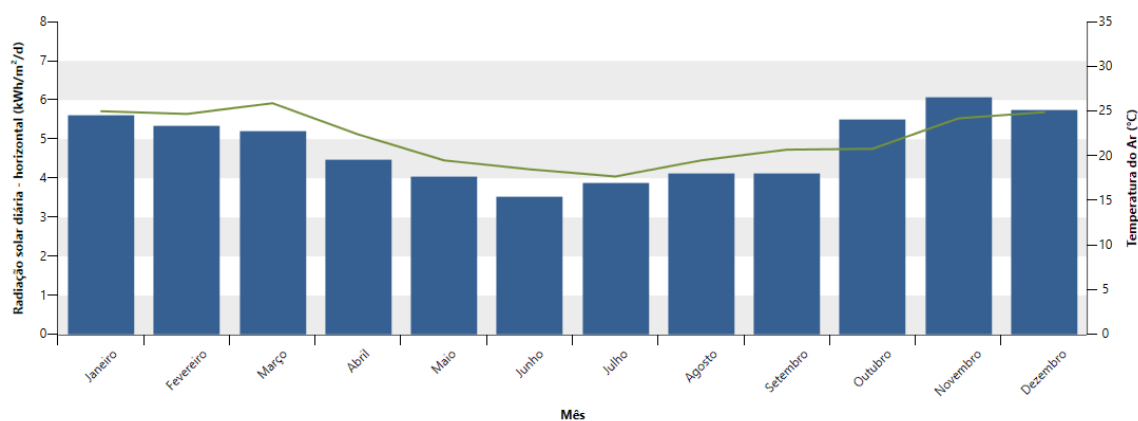
Fonte: (BEHENCK, I. S, 2011).

A radiação solar é uma fonte que pode ser utilizada diretamente como energia térmica, aquecendo fluidos e ambientes, ou para geração de potência mecânica ou elétrica. Além disso, pode ser convertida diretamente em energia elétrica, através de efeitos sobre determinados materiais, como o termoelétrico e o fotovoltaico (RANGEL, 2016).

Aproximadamente 30 % da radiação entrante na atmosfera se reflete sem mudança na amplitude de onda. Cerca de 47 % é absorvida pela atmosfera e pela superfície terrestre, provoca um aumento de temperatura e, em seguida, irradia-se novamente para o espaço. Apenas os 23 % restantes penetram no sistema terrestre e passam a ser a força motriz de ventos, correntes, ondas, modela nosso clima e proporciona o ciclo da água (FERNANDES, 2017).

Para determinar a radiação solar da cidade de Dourados MS foi utilizado o Software RetScreen, cujo resultado está representado na Figura 2.

Figura 2: Radiação solar e temperatura do ar mensal em Dourados-MS no ano de 2016.



Fonte:(Natural Resources, 2017).

2.2 ENERGIA SOLAR TÉRMICA

A energia solar térmica é uma das formas de utilização da energia solar onde o maior interesse é na quantidade de energia que um determinado corpo é capaz de absorver, sob a forma de calor, a partir da radiação solar incidente no mesmo. A utilização dessa forma de energia implica não somente em saber captá-la, mas também em como armazená-la. Os equipamentos mais difundidos com o objetivo específico de se utilizar a energia solar térmica são os coletores solares. Outra vantagem dos sistemas solares térmicos é a possibilidade de acoplamento e sistemas de armazenamento de calor para uso em outros horários, que não coincidem com a incidência solar.

As aplicações variam desde o setor doméstico, piscinas, hotéis e hospitais. No setor industrial esta tecnologia também é utilizada quando se requer água quente

no processo, pois o sistema capta, armazena e usa diretamente a energia incidida nos painéis.

2.2.1 Sistemas Básicos de Aquecimento Solar Térmico

Cada forma de aproveitamento da energia térmica está associada a um conjunto de tecnologias e à temperatura de trabalho, e um sistema de aquecimento solar pode ser dividido basicamente em três subsistemas básicos:

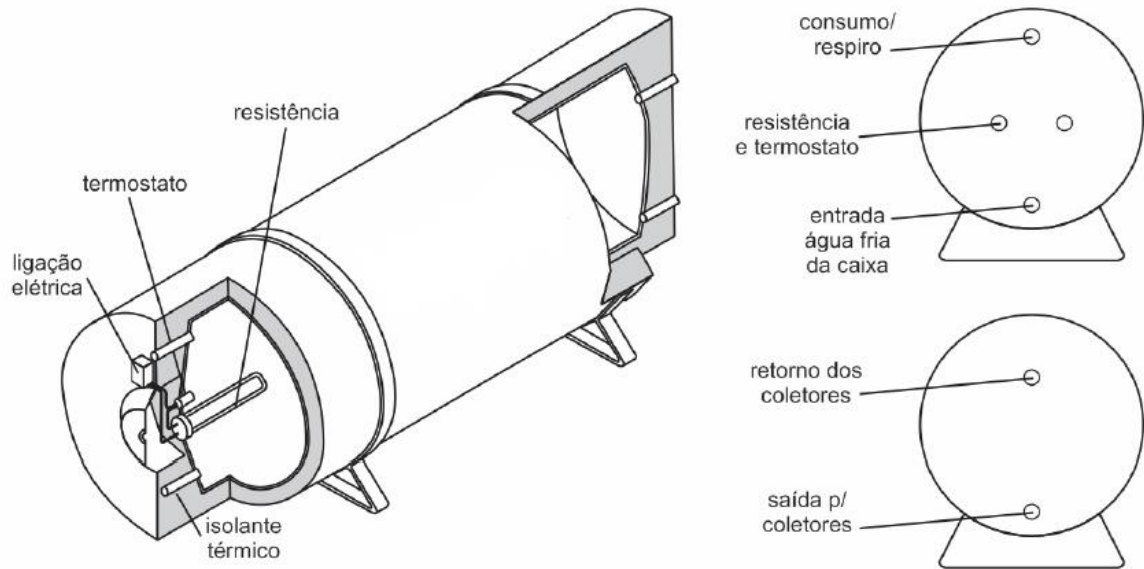
2.2.1.1 Captação

É composta basicamente pelos coletores solares onde circula o fluido de trabalho a ser aquecido, as tubulações de ligação entre coletores e entre a bateria de coletores e o reservatório térmico e, no caso de instalações maiores, a bomba hidráulica. No Brasil, o fluido de trabalho normalmente utilizado é a água (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARANÁ, 2014).

2.2.1.2 Acumulação

O componente principal é o reservatório térmico, além de uma fonte complementar energia, como eletricidade e gás, que garantirá o aquecimento auxiliar em períodos chuvosos, de baixa insolação ou quando ocorrer um aumento eventual do consumo de água quente (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARANÁ, 2014). O boiler solar se trata de um reservatório de acumulação que tem o objetivo de conservar a água aquecida para ser utilizada posteriormente e deve ser construído com material resistente a fim de garantir a durabilidade do produto, o isolamento térmico pode ser composto com diferentes materiais que interferem na eficiência térmica do produto. Na Figura 3 encontra-se representado os componentes do boiler.

Figura 3: Componentes e representação esquemática de um boiler.



Fonte: (Unisol, 2017).

2.2.1.3 Consumo

Compreende toda a distribuição hidráulica entre o reservatório térmico e os pontos de consumo. É também conhecido como o circuito secundário da instalação (SECRETARIA DO MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS DO ESTADO DO PARANÁ, 2014).

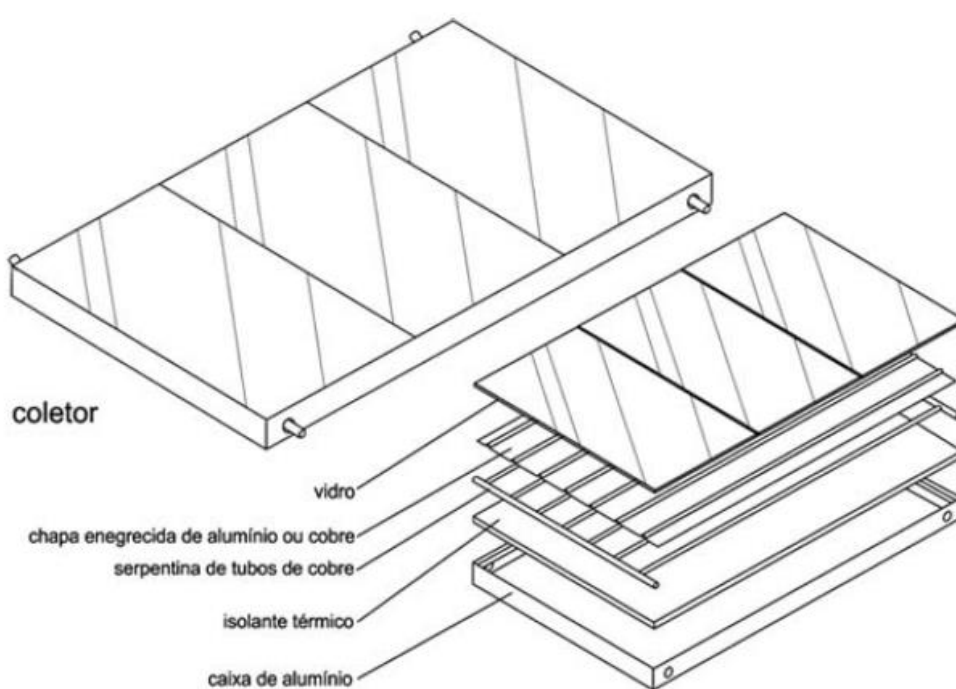
2.2.2 Coletores solares

Os dispositivos utilizados na captação da radiação solar são denominados coletores solares. Estes coletores são sistemas que empregam a conversão termodinâmica e, conforme a temperatura obtida, eles são classificados em coletores de baixa, média e alta concentração.

De modo geral, são constituídos de uma caixa termicamente isolada na parte inferior, contendo sobre este isolamento uma chapa metálica pintada de preto fosco, podendo ter sobre esta chapa uma tubulação, caso seja projetado para aquecimento água. A parte superior do coletor é fechada por um ou dois vidros planos transparentes, dependendo do nível de temperatura desejado, a Figura 4 representa

a composição de um coletor solar. O funcionamento baseia-se no efeito estufa, que é a absorção da radiação solar pela chapa preta que a transforma em calor, transferindo-o para o fluido de trabalho (NETO, 2010).

Figura 4: Componentes de um coletor solar térmico.



Fonte: (Unisol, 2017).

A eficiência dos coletores solares planos depende dos parâmetros do projeto, intensidade da luz, condições climáticas, temperatura mínima de demanda, taxa de extração do calor, e outros.

O desempenho de um dado coletor de calor depende muito de sua localização, assim, nas regiões onde a maior parte do tempo a intensidade solar é adversamente afetada por nuvens, neblinas, e outros tipos de absorção atmosférica, o rendimento médio pode ser substancialmente inferior às localidades de climas ensolarados (FERNANDES; GUARONGHI, 2014).

O coletor solar é basicamente um dispositivo que promove o aquecimento de um fluido de trabalho, como água, ar ou fluido térmico, através da conversão da radiação eletromagnética proveniente do Sol em energia térmica.

Os coletores devem estar em sua posição ideal aproveitando a trajetória do Sol e cabe ao projetista otimizar financeiramente sua escolha, verificar a redução do volume do reservatório e o número de placas.

As aplicações dos coletores solares térmicos possuem tecnologia simples, de baixo custo e de fácil manutenção, requerem cálculos de dimensionamento de água quente, adequado posicionamento dos coletores e reservatórios, além do que a escolha adequada do equipamento, visando garantir a qualidade, funcionamento e longevidade do sistema.

Quando o número de placas do sistema for superior ao recomendado para cada tipo de ligação, separam-se as placas em grupos chamados de baterias, estas baterias possuem suas ligações próprias e depois são mescladas ao fluido das outras baterias. Esta junção das baterias pode conter as diferentes metodologias de ligações respeitando apenas a distribuição hidráulica nos coletores.

2.3 MERCADO BRASILEIRO

Nos últimos anos, as vantagens econômicas passaram a figurar entre os pontos positivos da energia solar, além dos benefícios socioambientais. Os projetos em operação para aproveitamento da energia solar têm recebido apoio técnico, científico e financeiro de diversos órgãos e instituições brasileiras e internacionais, particularmente da Agência Alemã de Cooperação Técnica - GTZ e do Laboratório de Energia Renovável dos Estados Unidos (National Renewable Energy Laboratory) - NREL/DOE. A Figura 5 representa a evolução do mercado de aquecimento solar brasileiro.

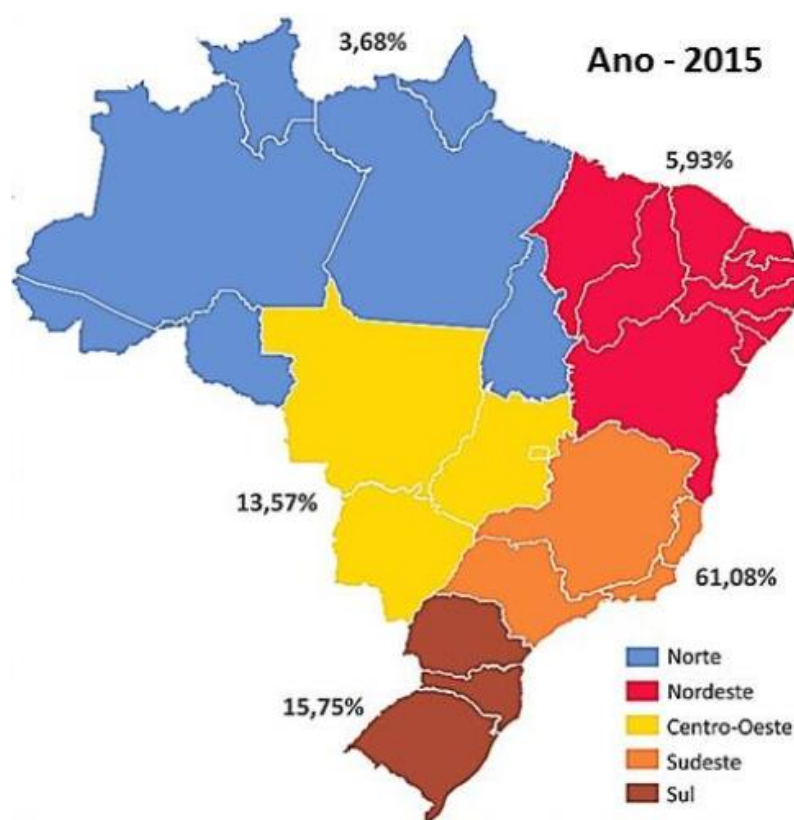
O setor solar tem experimentado acentuadas quedas de preço de equipamentos, o que resultou na instalação de 12,64 milhões de m², o equivalente à geração de 8 mil GWh de energia elétrica em 2015 (REN 21, 2017). A Figura 6 demonstra a representatividade de vendas para cada região.

Figura 5: Evolução do mercado de aquecimento solar brasileiro.



Fonte: (DASOL, 2016).

Figura 6: Vendas por região.



Fonte: (Ren 21, 2017).

O consumo de energia solar tem adquirido importância nas regiões Sul e Sudeste do País, onde uma parcela expressiva do consumo de energia elétrica é destinada a esse fim, principalmente no setor residencial (ANEEL, 2017).

2.4 PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM

O Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) para Coletores Solares permite a criação de critérios personalizados para comparar os diferentes modelos de coletores disponíveis no mercado nacional. Representa uma forma rápida e segura para a seleção do coletor solar que melhor atenda às necessidades de água quente a custos compatíveis e é medido pelo índice de eficiência do coletor denominado Produção Mensal Específica de Energia (PMEe) disponível na Figura 7 (INMETRO, 2017).

O PBE é um programa de avaliação da conformidade de caráter voluntário com foco na eficiência energética baseado no uso da Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) para evidenciar o atendimento aos critérios normativos exigidos na regulamentação. Nessa etiquetagem, os equipamentos são classificados por níveis de eficiência energética representados por faixas coloridas que variam de “A” (mais eficiente) e “E” (menos eficiente) (ELETROBRASPROCEL, 2012).

Figura 7: Critérios atuais de classificação dos coletores solares no Brasil.

$80,3 < \text{PMEe}$	A
$73,3 < \text{PMEe} \leq 80,3$	B
$66,3 < \text{PMEe} \leq 73,3$	C
$59,3 < \text{PMEe} \leq 66,3$	D
$52,3 < \text{PMEe} \leq 59,3$	E

Fonte: (INMETRO, 2017).

O PBE solar foi criado no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) que, coordenado pelo Inmetro com apoio técnico e institucional da Eletrobras Procel, tem o objetivo de prover informações úteis sobre o desempenho energético dos equipamentos, de forma a influenciar a decisão de compra dos consumidores e,

por meio dessa seleção de produtos mais eficientes, incentivar o processo de melhoria contínua da indústria.

É importante ressaltar que, no procedimento de etiquetagem, estão previstos ensaios iniciais de autorização para o uso da etiqueta e ensaios de manutenção, realizados anualmente para verificar se os produtos mantêm, no mercado, as características declaradas na ENCE.

A introdução de etiquetas classificatórias, com informações sobre o desempenho energético de um equipamento, em bases compulsórias ou não, tende a elevar a eficiência dos produtos comercializados, já que esse critério passa a ser um atributo visível para o consumidor (ELETROBRÁS PROCEL, 2012).

2.5 CONEITOS PARA ANÁLISE ENERGÉTICA

Para detalhar qualquer medida de economia de energia elétrica, é necessário o conhecimento da forma com que a energia é consumida e faturada. Para isso, é importante acompanhar o consumo de energia elétrica. Os dados mensais e históricos periódicos são importantes para a execução de qualquer programa de conservação de energia, e pode ser extraído da conta de energia elétrica.

2.5.1 FATURAMENTO DE ENERGIA

O setor elétrico brasileiro possui geração centralizada em grandes usinas, as quais transportam eletricidade por extensas linhas de transmissão até os centros de consumo, devido a isto o planejador energético deve verificar seu papel social, devido à distribuição de renda no país ser desigual. Se a energia for obtida de forma descentralizada, ou seja, com centros de geração de energia em localidades distribuídas pelo país, todas as regiões passam a ter igual acesso à eletricidade, aumentando a necessidade de mão de obra e, conseqüentemente, reduzindo os problemas sociais das cidades (SHAYANI, OLIVEIRA, CAMARGO, 2006).

Para que se possa ter uma maior economia em projetos de eficiência energética, são necessários alguns entendimentos sobre o modelo de tarifação brasileiro. Sendo assim, um dos pontos mais importantes a serem estudados relaciona-se com a forma com que a cobrança da energia elétrica é realizada, com

posterior análise acerca da forma como o cálculo dos valores apresentados na conta de energia é feito.

Partindo-se do princípio de que a conta de energia reflete a maneira como a energia elétrica é utilizada, é possível estabelecer relações importantes entre hábitos e consumo. Existem diferentes modalidades de enquadramento tarifário, dependendo dos hábitos de consumo é possível escolher a forma de tarifação mais adequada, pois a mesma influencia o custo final da energia elétrica. Estas tarifas estão estruturadas em dois grandes consumidores “grupo B” e “grupo A” (DASSI, 2015).

O grupo B é classificado com baixa tensão, o preço médio da energia é igual, acrescido o Imposto Sobre Circulação de Mercadorias (ICMS) e demais tributos, pois é somente cobrado o consumo. Observa-se que, apesar do produto ser o mesmo, o preço da energia varia por tipo de classe (residencial, industrial/comércio e rural), por Estado e entre as concessionárias com tensão inferior a 2,3 kV. A divisão em subgrupos, de acordo com a atividade exercida está apresentada na Tabela 1 (ROCHA, L. R. R.; MONTEIRO, M. A. G, 2005).

Tabela 1: Classificação dos Subgrupos do Grupo B.

Subgrupo	Classe
B1	Residencial
B2	Rural
B3	Demais classe
B4	Iluminação pública

Fonte: (ENERGISA, 2017).

O grupo A é composto de unidades consumidoras com fornecimento em tensão igual ou superior a 2,3 kV, ou atendidas a partir de sistema subterrâneo de distribuição em tensão secundária, caracterizado pela tarifa binômica e subdividido nos seguintes subgrupos, que pode ser verificado na Tabela 2.

Tabela 2: Classificação dos Subgrupos do Grupo A.

Subgrupo	Nível de Tensão
A1	Igual ou superior a 230 kV
A2	88 kVa 138 kV
A3	69 kV
A3a	30 kV a 44 kV
A4	2,3 kV a 25 kV
AS	Sistema Subterrâneo

Fonte: (ANEEL, 2017).

O “grupo A” possui modalidade tarifária verde caracterizada por tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica de acordo com as horas de utilização do dia e de uma demanda de potência única e a modalidade tarifária azul que possui tarifas diferenciadas de consumo de energia elétrica e de demanda de potência, de acordo com as horas do dia (ANEEL, 2017). O horário de ponta é um período composto por três horas diárias consecutivas definidas pela distribuidora, considerando a curva de carga de seu sistema elétrico de acordo com a Resolução Normativa nº 414 com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais (Aneel, 2010).

2.6 ADEQUAÇÃO TARIFÁRIA

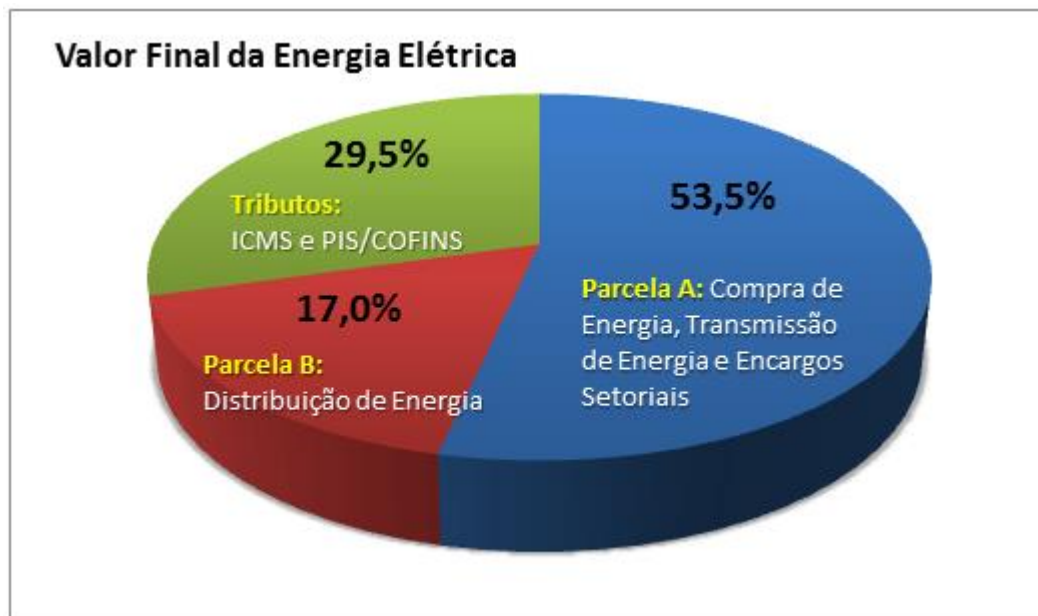
Adequação tarifária é, resumidamente, a contratação da melhor modalidade tarifária, ou seja, aquela que apresenta menor custo médio para o consumidor. Como existem diferentes modalidades de tarifa que podem ser contratadas, a opção pela mais adequada não parte da fornecedora de energia, e sim do contratante. Devido a isso é importante compreender bem esse conceito, de forma a garantir que se esteja contratando a modalidade menos custosa possível.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) homologa as tarifas de energia por concessionária, após analisar as planilhas de custo apresentadas. Assim, as tarifas variam para cada área de concessão e seus reajustes ocorrem em meses diferentes (SILVA, D. M, 2012).

2.7 TRIBUTOS

No sistema de arrecadação brasileira, os tributos estão embutidos no preço dos bens e serviços. Esse pagamento é realizado de forma compulsória, a partir de determinação legal, assegurando recursos para que o Poder Público desenvolva suas atividades. Dessa forma, na conta de luz, estão presentes tributos de âmbito Federal, Estadual e Municipal. Isso significa que o consumidor paga esses tributos à concessionária de energia elétrica, que apenas recolhe e repassa aos cofres públicos, conforme pode ser visto na Figura 8 (BEHENCK, I. S, 2011).

Figura 8: Parcela de custos da energia elétrica.



Fonte: (ANEEL, 2017).

A ANEEL publica, através de resoluções, os valores das tarifas de energia, livre de impostos. A partir desses valores, as distribuidoras de energia acrescentam os tributos que serão repassados ao consumidor. Além da tarifa, os Governos Federal, Estadual e Municipal cobram na conta de luz o PIS/COFINS, o ICMS e a Contribuição para Iluminação Pública. A outra parcela de custos sobre o valor final da energia elétrica está distribuída entre a “Parcela A” que é referente à compra, transmissão e encargos setoriais da energia e a “Parcela B” representando a distribuição da mesma (ANEEL, 2017).

O tributo Federal é voltado ao trabalhador e para atender a programas sociais do Governo Federal. A alíquota média desses tributos varia de acordo com o volume de créditos apurados mensalmente pelas concessionárias e com o PIS e a COFINS pagos sobre custos e despesas no mesmo período, tais como a energia adquirida para revenda ao consumidor.

Na esfera Estadual, por sua vez, incide o ICMS (Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços). Este imposto é regulamentado pelo código tributário de cada Estado, isto é, estabelecido em lei pela casa legislativa. A concessionária é obrigada a realizar a cobrança do ICMS diretamente na fatura de energia elétrica e, em seguida, repassá-lo integralmente ao Governo Estadual.

No âmbito Municipal, existe a cobrança da Contribuição para Custeio do Serviço de Iluminação Pública (CIP), prevista no artigo 149 da Constituição Federal de 1988, cuja arrecadação é feita pela concessionária local de energia elétrica e repassada ao Poder Público Municipal. Assim, a responsabilidade pelos serviços de projeto, implantação, expansão, operação e manutenção da iluminação pública recaem aos municípios (BEHENCK, I. S, 2011).

3. PROCEDIMENTO PARA O PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR

3.1 ANÁLISE DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA

A moradia estudantil, conforme legislação está enquadrada na modalidade de consumo A4.

Por meio das faturas de energia, considerando um período de 12 meses, é possível se verificar a demanda no horário de ponta e fora de ponta, consumo, demanda contratada e se houve ultrapassagem.

Estudos divulgados por várias concessionárias de energia elétrica do país caracterizam o chuveiro elétrico como uma carga que contribui de forma acentuada, para o aumento da demanda de potência ao sistema elétrico no horário de ponta.

Este problema é decorrente do fato de que os banhos geralmente ocorrem neste horário. Esse equipamento também possui um baixo conteúdo energético (demanda elevada e um período de uso curto).

A energia de ponta, apesar de representar um curto período, possui um preço por unidade de consumo mais elevado, refletindo significativamente na fatura de energia elétrica, como pode ser observado na Tabela 3.

Tabela 3: Tarifas de Aplicação.

Grupo	Subgrupo	Modalidade	TUSD R\$/MWh		TE R\$/MWh	
			Ponta	Fora de Ponta	Ponta	Fora de Ponta
A	A4	VERDE	1.115,99	76,96	358,71	229,36

Fonte: (Energisa, 2017).

A tarifa é composta por TUSD (Tarifa de Uso dos Sistemas Elétricos de Distribuição) e TE (Tarifa de Energia), e o valor final da tarifa é a soma destes componentes.

A diminuição do consumo de energia pelo chuveiro elétrico no horário de ponta é mais representativa no valor final da fatura, uma vez que o valor do kWh é consideravelmente superior ao horário fora de ponta.

De acordo com avaliações preliminares realizadas pela CEMIG, existe um perfil bastante concentrado de demanda de água quente nas residências onde o uso

é restringido ao banho, afirma-se que 30 % do volume total são consumidos nas primeiras horas do dia e os 70 % restantes entre 17 e 21 horas (CEMIG, 2014).

3.2 DEMANDA DE ÁGUA QUENTE

Para o dimensionamento do número de coletores e o volume do boiler a serem utilizados no projeto é preciso saber, inicialmente, o número de usuários e o tipo de atividade realizada envolvendo água quente na moradia. Na Tabela 4 constam os valores sugeridos de consumos médios dos pontos de utilização de água quente de acordo com a ABNT NBR 15569:2008 Sistema de aquecimento solar de água em circuito direto – Projeto e instalação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

Tabela 4: Consumo de pontos de utilização de água quente.

Peças	Consumo mínimo	Consumo máximo	Ciclo diário (minuto/pessoa)	Temperatura de consumo °C
Ducha de banho	3,0 L / min	15,0 L / min	10	39 – 40 °C
Lavatório	3,0 L / min	4,8 L / min	2	39 – 40 °C
Ducha higiênica	3,0 L / min	4,8 L / min	2	39 – 40 °C
Banheira	80 L	440 L	banho	39 – 40 °C
Pia de cozinha	2,4 L/min	7,2 L / min	3	39 – 40 °C
Lava louças (12 peças)	20 L	20 L	ciclo de lavagem	39 – 50 °C
Máquina de lavar roupa	90 L	200 L	ciclo de lavagem	39 – 40 °C

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008).

De acordo com a norma da ABNT NBR 15569, (2008) o dimensionamento da demanda de água quente requerida na residência é realizado através da apuração do volume para os pontos de utilização, considerando a vazão da peça utilizada, tempo de utilização e a de uso de acordo com a Eq. 1.

$$V_{\text{consumo}} = \Sigma(Q_{\text{pu}} \times T_{\text{u}} \times \text{frequência de uso}) \quad (1)$$

Onde:

V_{consumo} : volume total de água quente consumido diariamente (L)

Q_{pu} : vazão da peça utilizada (L / min).

T_u : tempo médio de uso diário da peça de utilização (min).

A norma recomenda que os valores de consumo sejam obtidos diretamente com os fabricantes das peças e que o padrão de utilização seja avaliado em função das condições específicas de cada instalação.

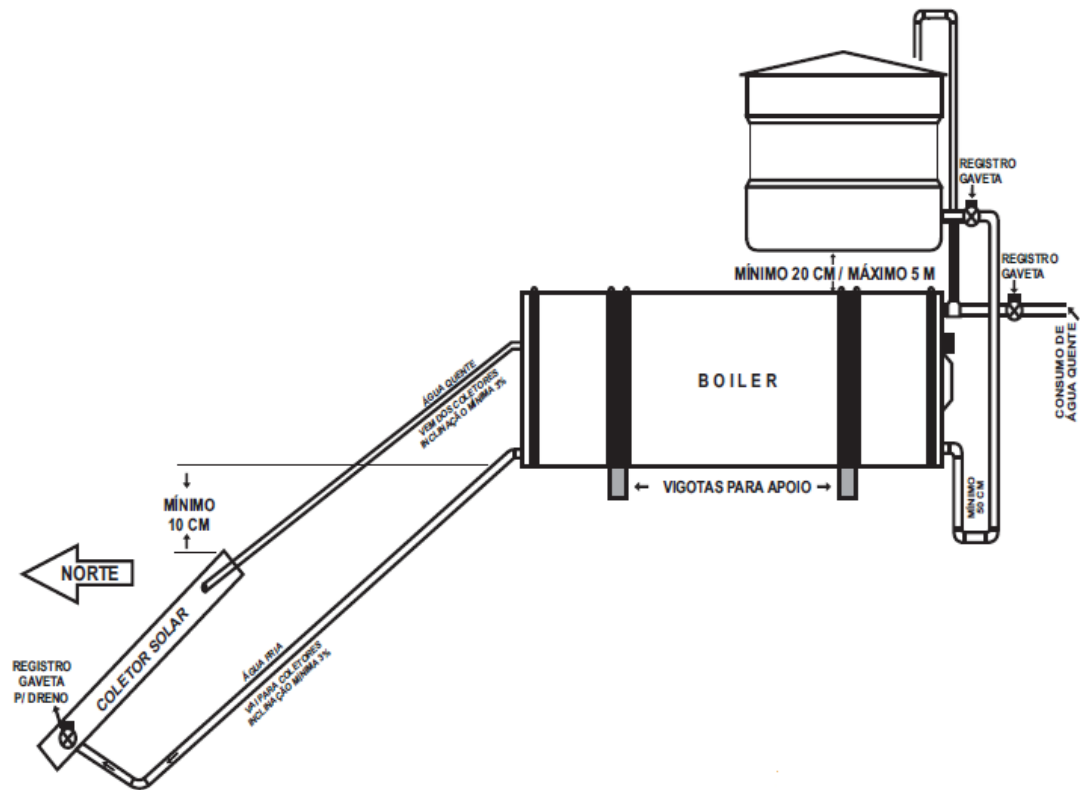
3.3 TIPOS DE INSTALAÇÃO DO BOILER

O posicionamento dos reservatórios térmicos depende do projeto, da locação das placas solares, da inclinação do telhado e da entrada de água fria. Estas variáveis determinam a tipologia da instalação que, se não escolhida adequadamente, ocasiona o funcionamento incorreto do sistema, além de diminuir a segurança e a eficiência do sistema. Existem três maneiras de instalação do sistema de aquecimento solar térmico, dentre elas estão a instalação normal, em nível e a de alta pressão. Essas diferentes tipologias de instalação referem-se às características civis do local de estudo, ou seja, são dependentes das limitações do espaço da estrutura residencial.

3.3.1 Instalação normal

A instalação normal, representada na Figura 9, é a metodologia mais comum de instalação, pois o fundo da caixa d'água está acima do reservatório térmico operando por diferença de densidade, fazendo com que a água circule, ou seja, aquecida dos coletores eleva-se até o reservatório térmico e a água fria retorne aos coletores.

Figura 9: Instalação normal com termostifão.



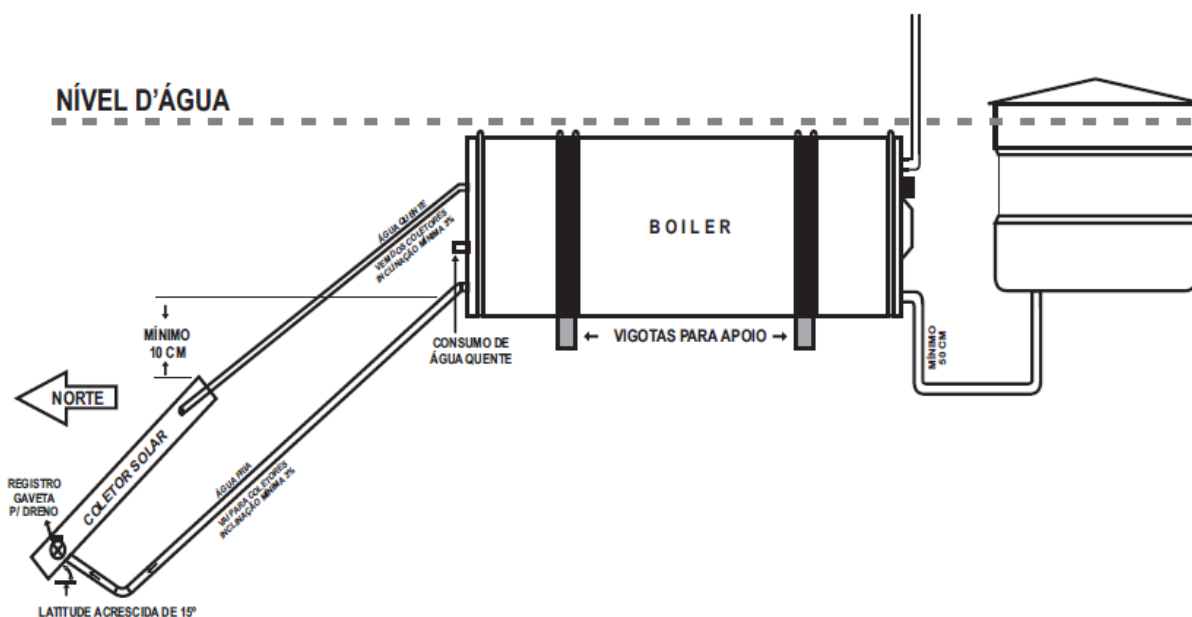
Fonte: (Unisol, 2017).

3.3.2 Instalação em nível

A instalação em nível, também conhecida como de baixa pressão é montada conforme a Figura 10 e, para ter esta configuração, o nível superior do reservatório térmico deverá coincide com o mesmo nível da caixa d'água.

Para que a água chegue até o boiler, o sistema de termostifão pode ser utilizado, desde que respeite a altura mínima do reservatório e da caixa d'água. Caso esta altura não seja atingida, a opção é inserir um sistema de circulação forçada, onde o fluxo da água é provocado por uma bomba comandada por um controlador eletrônico.

Figura 10: Instalação em nível.



Fonte: (Unisol, 2017).

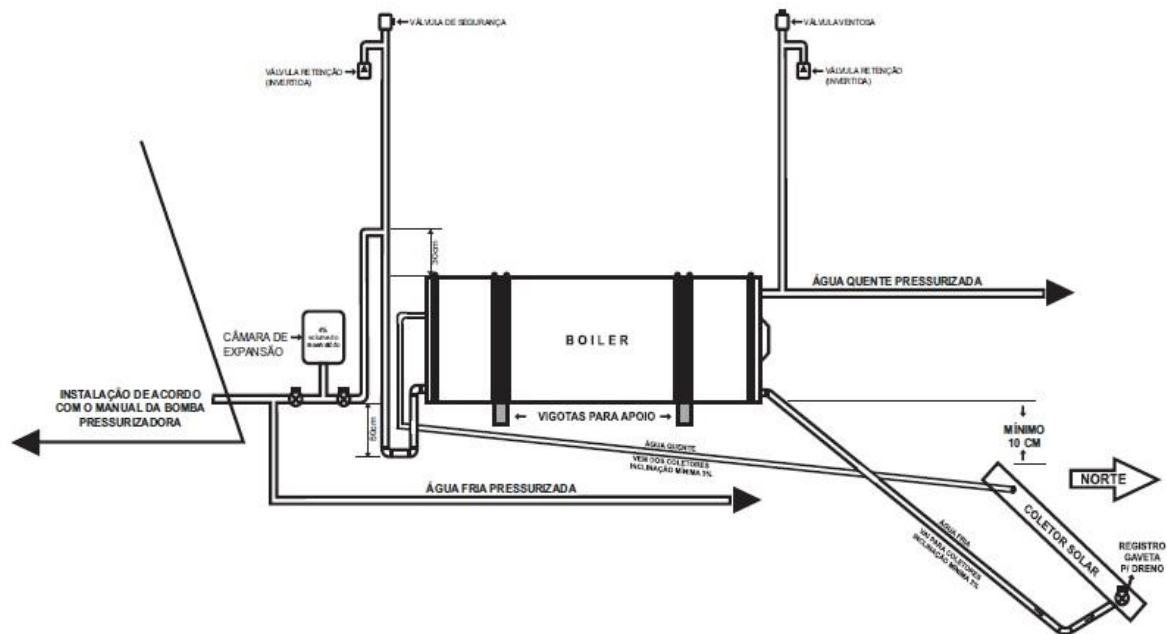
3.3.3 Instalação de alta pressão

Os sistemas que operam em alta pressão, com o posicionamento representado pela Figura 11, possuem o método mais complexo de execução de projeto e requer diversos itens de segurança para conseguir operar normalmente.

Nesta metodologia não é recomendado o uso de termosifão, mas, caso sejam utilizados, é necessário limitar as temperaturas e pressões.

A melhor maneira de realizar esta instalação é com a utilização de bombas de recirculação, para fazer com que a água opere de maneira forçada, nesta configuração a bomba fica entre os coletores solares e o reservatório térmico, e é comandada por diferencial de temperatura. Um sensor de temperatura é instalado na saída e outro no retorno dos coletores, assim, no momento em que a água dos coletores estiver mais quente que a do reservatório a bomba será acionada para forçar a circulação da água.

Figura 11: Instalação de alta pressão.



Fonte: (Unisol, 2017).

3.4 DIMENSIONAMENTO DO BOILER

O projeto pode conter todo o volume em apenas um boiler, que é mais simples em termo de instalação, mas isto pode ocasionar peso na estrutura predial ou ser limitado pela ausência de espaço físico.

Como pode ser observado na Tabela 5, o boiler requer uma estrutura básica para seu funcionamento. Conforme o volume de água é modificado, a área do mesmo não aumenta substancialmente quanto ao volume, fator que deve ser levado em consideração no momento da escolha do modelo utilizado.

Tabela 5: Dimensões do Boiler

Modelo (litros)	Diâmetro (mm)	Comprimento (mm)	Peso Kg (Vazio)
200	500	890	17
300	680	1170	22
400	680	1500	27
500	680	1870	31,5
600	680	2150	35,5
800	840	1890	43,5
1100	680	3800	67
1100	840	2550	67
1500	840	3400	123
1500	1100	2200	123
2000	1100	2600	150
2000	1300	1900	150

Fonte: (Unisol, 2017).

Para calcular o volume do sistema de armazenamento de água quente de acordo com o regulamentado em ABNT NBR 15569, (2008) é utilizada a Eq. 2.

$$V_{\text{armaz}} = \frac{V_{\text{consumo}} \times (T_{\text{consumo}} - T_{\text{ambiente}})}{(T_{\text{armaz}} - T_{\text{ambiente}})} \quad (2)$$

Onde:

V_{consumo} : é o volume de consumo diário (m^3);

V_{armaz} : volume do sistema de armazenamento do SAS (m^3);

T_{consumo} : temperatura de consumo e utilização ($^{\circ}\text{C}$);

T_{ambiente} : temperatura média do local da instalação ($^{\circ}\text{C}$).

3.5 CÁLCULO DO NÚMERO DE PLACAS COLETORAS

O funcionamento adequado do sistema de aquecimento solar depende da qualidade das placas coletoras aliado ao dimensionamento correto. Para assegurar à qualidade das placas, as mesmas devem ser atestadas e possuírem o selo de qualidade ISO 9001 ou pelo PROCEL/INMETRO.

Para determinar o número de placas existem 5 parâmetros ligados a localidade da instalação (MEDEIROS, 2004).

- **Características do coletor escolhido:** o rendimento do coletor varia em função das especificações técnicas de cada fabricante;

- **Latitude do local:** quanto mais próximo do Equador, mais energia incidente disponível e, menor a área necessária de coletor;

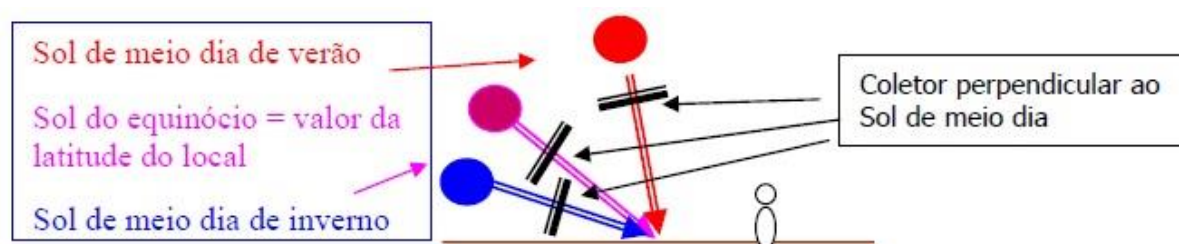
- **Inexistência de sombras projetadas sobre as placas:** árvores, construções vizinhas, caixa d'água superior, casa de elevadores ou algo que possa diminuir a incidência solar, principalmente no inverno.

- **Orientação do coletor:** a trajetória do sol de Leste a Oeste permite que o coletor orientado a Norte receba potencialmente sol o dia inteiro, reduzindo a área de coleta, ou o número de placas.

- **Inclinação do coletor:** um dos princípios de uma boa instalação exige que os coletores solares sejam posicionados de modo a receber a maior quantidade de horas de sol durante o ano. Para favorecer os meses de inverno, adota-se o valor da latitude da cidade +10° (MME, 2009).

Estes parâmetros são baseados na diferença da altura solar entre o inverno e o verão, pois a eficiência dos coletores é maior quando estão perpendiculares ao sol do meio dia.

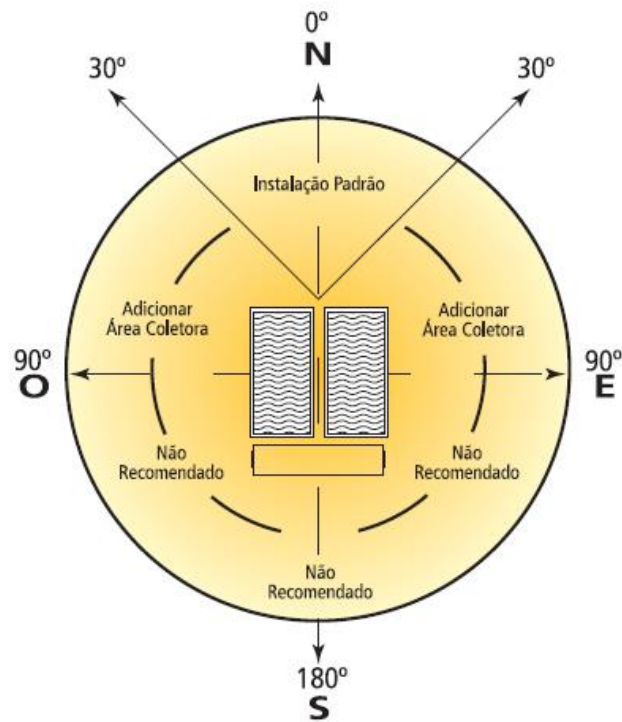
Figura 12: Diferentes alturas do sol ao meio dia do solstício de verão e otimização dos coletores por estação.



Fonte: (Lamberts, 2011).

É prática utilizar a própria inclinação do telhado e, conforme a Figura 13, desvios do norte geográfico de até 30° não acarretam quedas significativas de desempenho de aquecimento solar, mas desvios maiores exigem um acréscimo do número de coletores para compensar a queda de energia (MME, 2009).

Figura 13: Interferência do norte geográfico na instalação



Fonte: (MMA, 2009).

Para calcular o número de painéis é necessário escolher um modelo já disponível no mercado e classificado pelo Inmetro de acordo com sua eficiência. O cálculo da área coletora necessária é prescrito pela norma da ABNT NBR 15569, (2008) e é representada pela Eq.3.

$$A_{coletora} = \frac{(E_{util} + E_{perdas}) \times FC_{instal} \times 4,901}{PMDEE \times I_g} \quad (3)$$

Onde:

$A_{coletora}$: área coletora expressa em m^2 ;

I_g : Valor médio de irradiação global média anual para o local de instalação, expresso em $(kWh/m^2 \cdot dia)$;

PMDEE: produção média diária de energia específica do coletor solar, expressa em (kWh/m^2) , calculado pela Eq. 4.

$$PMDEE = 4,901 \times (F_{rt} \alpha - 0,0249 \times F_{rul}) \quad (4)$$

Onde:

F_{rta} : coeficiente de ganho do coletor solar (adimensional);

F_{rul} : coeficiente de perdas do coletor solar (adimensional);

$F_{Cinstal}$: fator de correção para inclinação do coletor solar dado pela Eq. 5.

$$F_{Cinstal} = \frac{1}{1 - [1,2 \times 10^{-4} \times (\beta - \beta_{ótimo})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \times \gamma^2]} \quad (5)$$

Onde:

β : inclinação do coletor no plano horizontal(°);

$\beta_{ótimo}$: inclinação ótima do coletor (°);

γ : ângulo de orientação dos coletores em relação ao norte (°).

E_{perdas} : somatório das perdas térmicas dos circuitos, expresso em (kWh/dia), calculada pela soma das perdas ou pela Eq.6.

$$E_{perdas} = 0,15 \times E_{útil} \quad (6)$$

$E_{útil}$: energia útil em (kWh/dia) expresso pela Eq.7.

$$E_{util} = \frac{V_{armaz} \times \rho \times C_p \times (T_{armaz} - T_{ambiente})}{3600} \quad (7)$$

Onde:

V_{armaz} : volume do sistema de armazenamento do sistema de aquecimento;

ρ : massa específica igual a 1000 (kg/(m³))

C_p : calor específico da água no valor de 4,18 (Kj/Kg).

T_{armaz} : Temperatura de armazenamento da água (°C);

$T_{ambiente}$: Temperatura ambiente (°C).

3.6 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para determinar o tempo de retorno do investimento o *payback* descontado considera-se a variação do valor do dinheiro com o tempo. A Eq.8 pode ser utilizada para a obtenção do *payback* descontado (ELETROBRÁS, 2008).

$$\text{Payback} = \text{Ln} \frac{\frac{\text{VP}_{\text{inv}}}{\text{CAE}_{\text{receitas}} \times \text{TMA}}}{\text{Ln}(1+\text{TMA})} \quad (8)$$

Onde:

Payback: Tempo para recuperar o capital investido;

VP_{inv} : Valor presente do investimento realizado (R\$);

$\text{CAE}_{\text{receitas}}$: Custo anual equivalente das receitas (R\$);

TMA: Taxa de desconto, taxa mínima de atratividade.

O custo anual equivalente (CAE), representado pela Eq.9, é o resultado da transformação de todos os diferentes benefícios líquidos durante o tempo de vida do projeto para série uniforme de pagamentos distribuídos ao longo do tempo de vida do projeto (ELETROBRÁS, 2005).

$$\text{CAE} = \text{VPX} \frac{(1+\text{TMA})^T \times \text{TMA}}{(1+\text{TMA})^T - 1} \quad (9)$$

Onde:

VP: Valor presente (R\$);

T: Tempo de vida do investimento.

Outra maneira de determinar se o projeto será viável para o investidor ao longo da vida útil do equipamento utilizado é o método do Valor Presente Líquido (VPL). A partir do resultado obtido é possível avaliar se será viável ou não. Para que seja viável o valor do VPL deve ser positivo, indicando que ao final do período estudado a receita irá superar o investimento inicial (ELETROBRÁS, 2005).

$$\text{VPL} = \sum_{n=0}^t \frac{\text{BL}_n}{(1+i)^n} \quad (10)$$

Onde:

VPL: Valor presente líquido (R\$);

BL_n : Benefício para o período "n" (R\$);

t: Tempo de vida útil do investimento;

i: Taxa de desconto por período.

A taxa interna de retorno (TIR) pode ser definida como sendo a taxa de desconto necessária para que o valor das receitas seja igual ao do investimento realizado, tornando o VPL igual a 0.

$$VPL = \sum_{n=0}^t \frac{BL_n}{(1+TIR)^n} = 0 \quad (11)$$

Onde:

TIR: Taxa interna de retorno.

4. AVALIAÇÃO E PROJETO DE UM SISTEMA DE AQUECIMENTO SOLAR PARA A MORADIA ESTUDANTIL UFGD

O estudo desenvolvido neste trabalho foi na Moradia estudantil da UFGD. Este prédio residencial consome em média 4.900 KWh / mês e residem 96 acadêmicos, que devem estar regularmente matriculados na instituição de ensino UFGD.

Na moradia existem 16 apartamentos, contendo dois banheiros cada, totalizando 32 chuveiros elétricos. Tendo em vista que o consumo de energia na moradia é representado basicamente pela iluminação, eletrodomésticos gerais e chuveiros elétricos, verificou-se o peso que o último representa, de forma que os esforços foram no sentido na redução deste impacto na fatura de energia desse consumidor.

A moradia estudantil está localizada na Rua João Ayres da Silva nº100 na cidade de Dourados-MS. De acordo com dados fornecidos pelo software RETScreen suas coordenadas são: latitude (S) 22° 13' 15" e Longitude (W) 54° 50' 30 com insolação anual média anual de 4,81 kWh / (m²dia).

Para melhor alocação das placas solares, e dos boilers, foi realizado um projeto específico para melhor distribuição, respeitando as características civis do prédio, visto que a quantidade de água necessária para o suprimento é alta.

4.1 DEMANDA DE ÁGUA QUENTE NA MORADIA ESTUDANTIL

O sistema dimensionado para a moradia estudantil contempla apenas o aquecimento de água para substituir o chuveiro elétrico, então, de acordo com o dimensionamento proposto da NBR 15569, apresentado na Tabela 4, a vazão mínima da ducha de banho equivale a 3,0 L / min com ciclo diário de dez minutos por pessoa.

Para confirmar o valor proposto pela norma foi realizado um questionário, localizado no Apêndice 1, quanto aos hábitos de consumo do chuveiro elétrico, contemplando o tempo, horário e o número de banhos por dia. O questionário foi realizado com 46 pessoas correspondendo a 47,92 % do total dos moradores e o resultado obtido apresentado na Tabela 6.

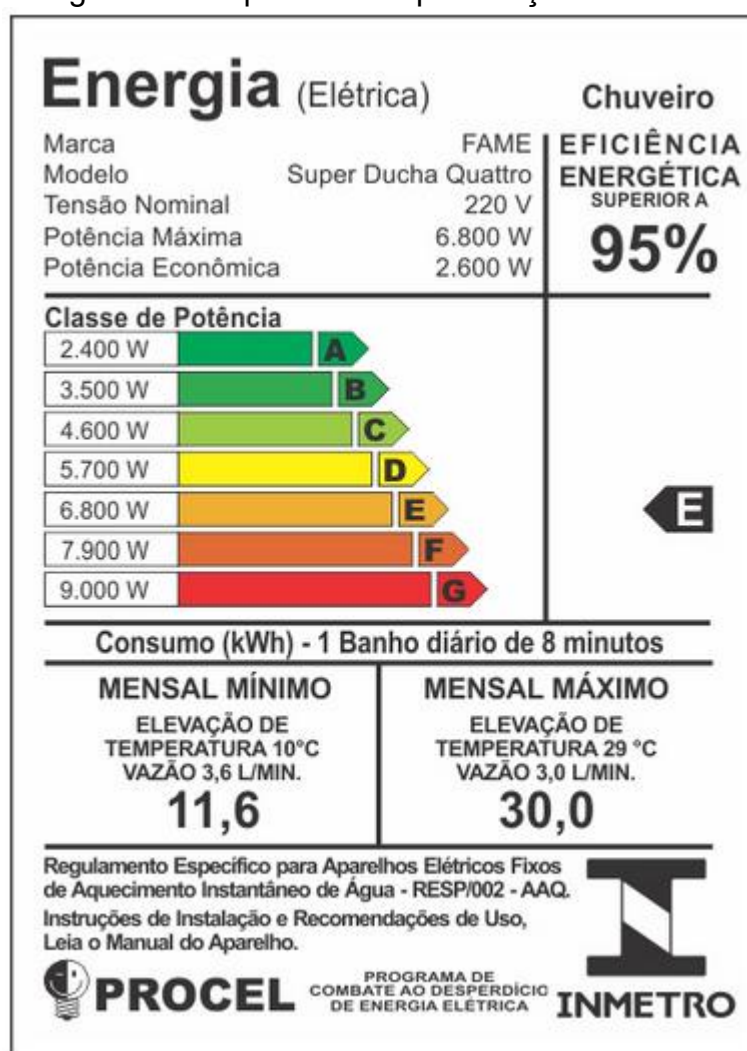
Tabela 6: Resultado do questionário realizado na moradia estudantil.

	Quantidade banhos/dia			Horário do banho		Duração do banho		
	1 banho	2 banhos	Mais que 2	18:00 as 20:00h	Demais horários	5 min	7 min	10 min
Pessoas	18	28	-	33	13	11	25	10
Média	1,6			70%	30%	7,3		

Fonte: Elaborado pela autora, 2018.

Os chuveiros instalados na moradia estudantil não são todos iguais, todavia, predomina o modelo super ducha da marca FAME, Figura 14.

Figura 14: Etiqueta das especificações técnicas.



Fonte: (FAME, 2018).

Conforme pode ser observado na etiqueta de consumo do chuveiro elétrico na Figura 14, a vazão de água corresponde a 3 L / min e, considerando que o tempo médio de banhos dos acadêmicos corresponde a 7,3 minutos e são realizados 1,6

banhos, conforme a Tabela 6, ao aplicar estes valores na Eq. 1 tem-se que o volume de água quente necessário por pessoa, equivale a 35,04 litros por dia.

De acordo com a ABNT NBR 15569, (2008) a temperatura da água que será utilizada durante os banhos é inferior a contida no reservatório, pois a temperatura de armazenamento é sempre superior a temperatura do banho, que varia entre 39 e 49 °C.

A moradia estudantil, além de solicitar um elevado volume de água quente, possui os banheiros afastados, ficando em extremidades opostas da construção, como pode ser observado na Figura 15. Considerando a distribuição das cargas sobre a cobertura do prédio e que a distância até entre o boiler de armazenamento, para o caso em estudo, incorrerá em perda de calor na tubulação, sugere-se, assim, a instalação de três sistemas independente de aquecimento e armazenamento.

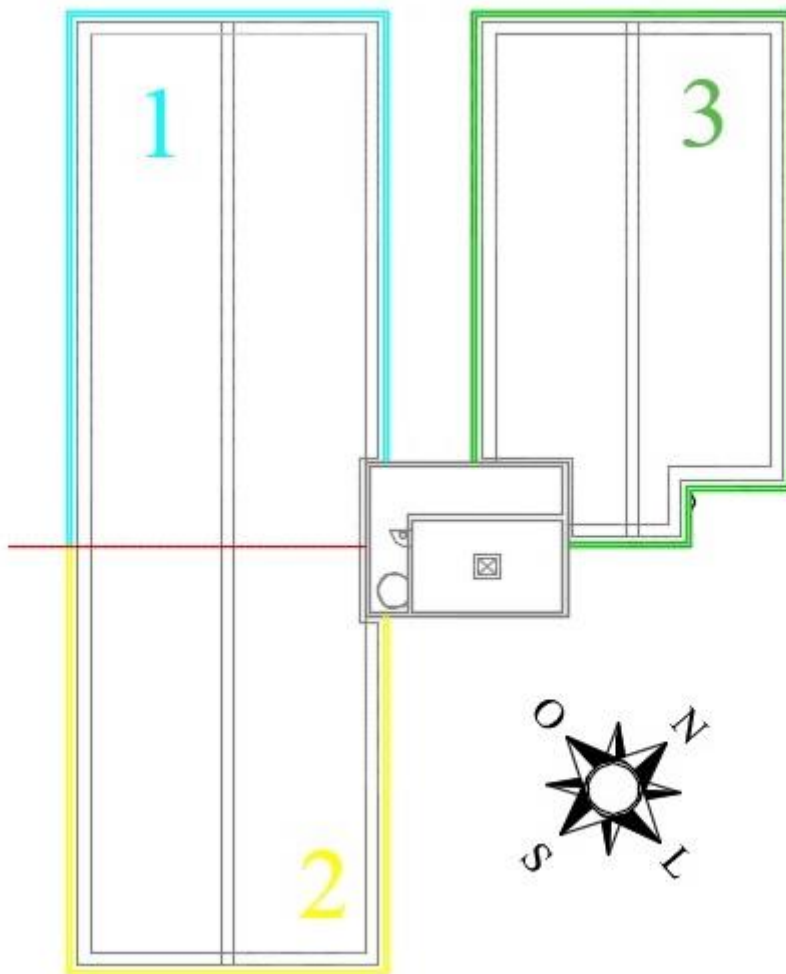
Figura 15: Localização dos banheiros na residência.



Fonte: Adaptado de (BRAZ CAMPOS, 2010).

Visando evitar perda de eficiência, o projeto será dividido em três sistemas separados por blocos, conforme mostra a Figura 16, esses sistemas são isolados e provêm água aquecida apenas para os chuveiros mais próximos.

Figura 16: Divisão dos blocos para instalação do sistema



Fonte: Adaptado de (BRAZ CAMPOS, 2010).

A demanda diária de água quente para cada bloco consiste na relação entre o número de consumidores e o volume de água quente utilizado por dia, obtido através da Eq.1. Para cada bloco, existem 32 moradores, totalizando 1121,3 litros de água requeridos por dia.

Na Figura 16 estão representados os pontos cardeais do prédio da moradia estudantil, que deve ser considerada na hora de alocar os painéis de forma de

acompanhar a trajetória do sol, virado para o norte buscando otimizar a eficiência de absorção da radiação das placas.

4.2 NÚMERO DE RESERVATÓRIOS

Devido às características civis da construção e, considerando que não houve previsão de espaço para aquecimento solar, o reservatório de água ficará no telhado junto aos coletores, e a instalação escolhida para o projeto é a do tipo normal com auxílio do termossifão devido ao posicionamento do sistema em relação a caixa d'água.

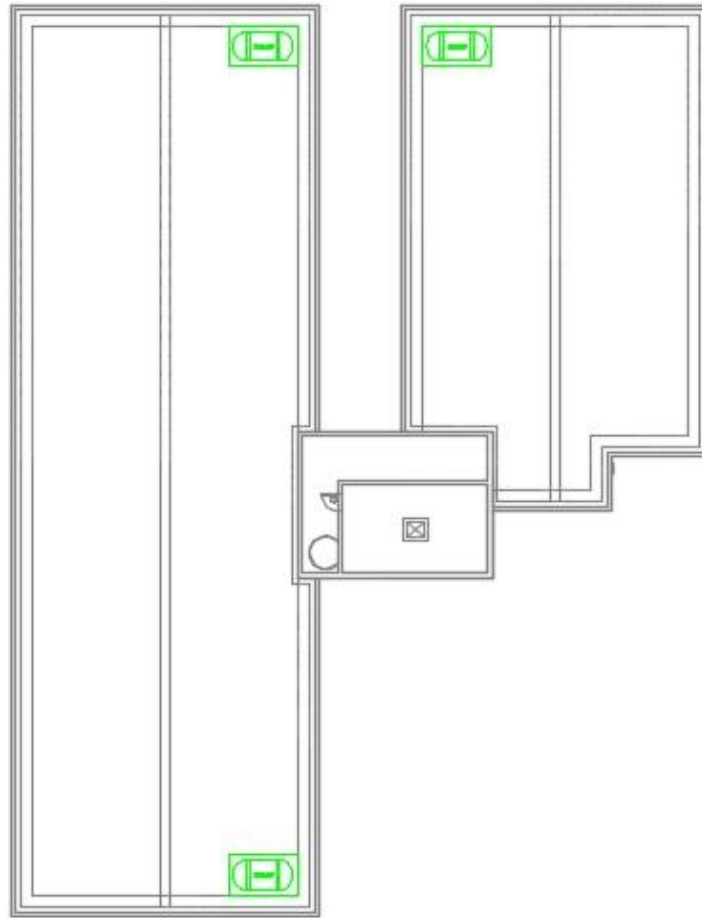
Para realizar o dimensionamento do volume do reservatório foi utilizada a Eq. 2, apresentada no item 3.4. A norma NBR 15569 sugere que a temperatura de consumo seja equivalente a 40 °C, e segundo dados da Embrapa, a temperatura média da cidade de Dourados corresponde a 23 °C (EMBRAPA, 2018). A temperatura de armazenamento é dependente da capacidade de aquecimento do coletor escolhido e, de acordo com BASSO (2010), esta temperatura corresponde a 60 °C. Então, o volume do sistema de armazenamento para cada bloco corresponde a 515 litros.

É sugerido pela mesma norma que o volume de água obtido pela Eq. 2 seja maior ou igual a 75 % do volume demandado obtido através da Eq. 1, ou seja, que o valor tenha no máximo 25 % a menos do volume de consumo.

Considerando esta sugestão, o boiler deve conter no mínimo 841litros e, de acordo com a Tabela 5, o boiler com volume superior possui 1100 litros de capacidade, com diâmetro de 840 mm e comprimento de 2250 mm.

Devido à ausência de espaço para a alocação dos boilers na laje da residência, eles serão instalados em uma estrutura metálica localizada sob o telhado, próximo aos locais de abastecimento. A Figura 17 representa a posição de cada boiler para alimentar os três blocos.

Figura 17: Posicionamento dos boilers no telhado.



Fonte: Adaptado de (BRAZ CAMPOS, 2010).

4.3 NÚMERO DE PLACAS

Para determinar o número de placas necessárias para atender cada bloco da residência é necessário saber a área coletora em função das características da cidade de Dourados-MS.

O dimensionamento da área coletora é feito de acordo com a metodologia apresentada no item 3.5, e a Eq. 3 é dependente das demais equações citadas no item. Para se determinar a produção média diária de energia específica do coletor solar é utilizado o coeficiente de ganho e o coeficiente de perda da placa, obtido pelos testes do Inmetro e dispostos no programa brasileiro de etiquetagem, conforme mostra a Figura 18.

Figura 18: Especificação da placa de acordo com o programa brasileiro de etiquetagem.

A	ALUMÍNIO	0,772	7,016
---	----------	-------	-------

Fonte: (Inmetro, 2017).

Visando garantir a máxima absorção da radiação emitida, a Eq. 5 estabelece o fator de correção devido ao deslocamento da inclinação e orientação ideal do coletor solar em relação ao plano horizontal e ao norte, respectivamente. Os painéis estarão voltados para Noroeste com 30° de diferença em relação ao norte, que de acordo com o Ministério de minas e energia não compromete a absorção da radiação solar. A latitude da região estudada é (S) $22^\circ 13' 16''$ e considerando a recomendação, 10° adicionado a 22° , tem-se 32° , ou ainda, 62,5 % então, no caso estudado a perda do rendimento relativo a inclinação da placa será nula, visto que a placa será instalada no ângulo ótimo, ou seja, 32° . Assim, a redução da eficiência neste equipamento ocorrerá devido apenas à orientação de 30° do prédio e, consequente das placas, em relação ao norte. Desta forma, o dimensionamento da área das placas será aumentado em 3 %.

A energia útil, expressa pela Eq. 7, requer a utilização do volume do armazenamento, obtido na Eq. 1, e as temperaturas de armazenamento e ambiente, definidas no item 4.2, respectivamente, 60° e 23°C , proporcionando um valor de 22,12 kWh / dia de energia útil. A perda térmica representada pela Eq. 6 é igual a 3,32 kWh / dia.

Definido os valores das variáveis da Eq. 3 e, considerando a irradiação solar igual a 5,50 kWh / $\text{m}^2\cdot\text{dia}$, tem-se que a área coletora necessária para suprir a demanda do sistema equivale a 7,97 m^2 . Então, para aquecer toda a capacidade de armazenamento do boiler serão necessárias 8 placas da marca UNISOL modelo BRA1000 para cada bloco.

4.4 POSICIONAMENTO DAS PLACAS

Para a escolha da localização dos coletores deve ser levada em conta qualquer possibilidade de sombreamento próximo às placas, sejam geradas por árvores ou construções vizinhas. Esta verificação é necessária para o funcionamento eficiente do coletor, especialmente em relação ao período de inverno, quando a radiação se torna mais amena. No local de estudo a caixa d'água possui altitude de 3,8 metros em relação ao telhado, o que, conforme pode ser visto na Figura 19, ocasiona em sombreamento ao seu redor.

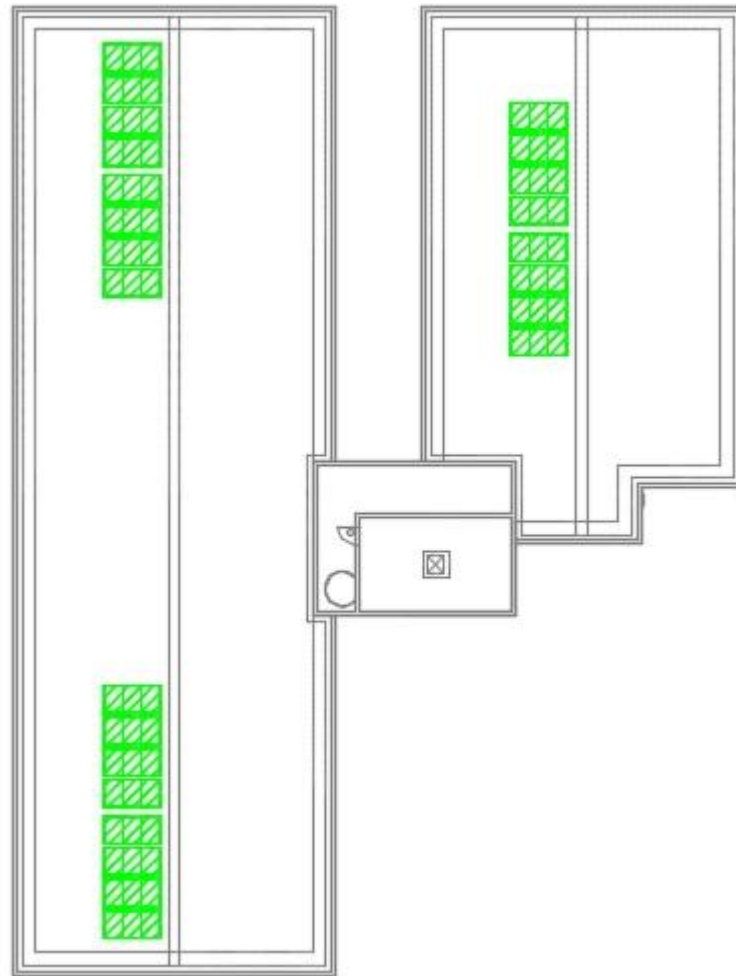
Figura 19: Vista superior da moradia estudantil.



Fonte: (Google Earth, 2017).

Tendo o diâmetro do boiler e a área necessária de coleta solar expressa no número de placas, é necessário determinar a localização dos coletores solares que devem ser voltados ao norte, para melhor aproveitar a radiação solar durante o dia e o ano, pois quanto maior o desvio com relação ao norte, menor será a radiação absorvida durante o dia.

Figura 20: Posicionamento dos coletores solares.



Fonte: Adaptado de (BRAZ CAMPOS, 2010).

4.5 MODELO DE INSTALAÇÃO DAS PLACAS

Para realizar a instalação dos painéis solares deve-se levar em consideração a maneira com que o sistema será distribuído, pois o arranjo será responsável por garantir o adequado funcionamento do projeto visando diminuir as perdas térmicas e aumentar o rendimento dos coletores.

Dentre as metodologias existentes para essa instalação existe a ligação em série, Figura 21, que é a forma mais simples de instalação, podendo ser utilizada em qualquer tipo de coletor solar. Devido o fluido percorrer todas as placas para então retornar para o boiler o número de placas conectadas não deve ultrapassar 4, para evitar a perda de carga (ABRAVA, 2008).

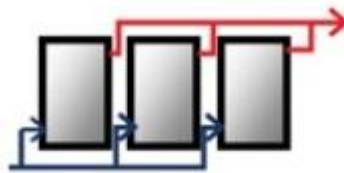
Figura 21: Ilustrativo da ligação em série.



Fonte: (ABRAVA, 2008).

A ligação em paralelo representada na Figura 22 é a tipologia mais utilizada nas construções. Embora tenha uma instalação mais complicada, a mesma apresenta menor perda de carga, o custo desta instalação é mais caro que a ligação em série e o número de painéis conectados em paralelo pode ser maior, sendo aconselhável até 6 painéis por bateria (ABRAVA, 2008).

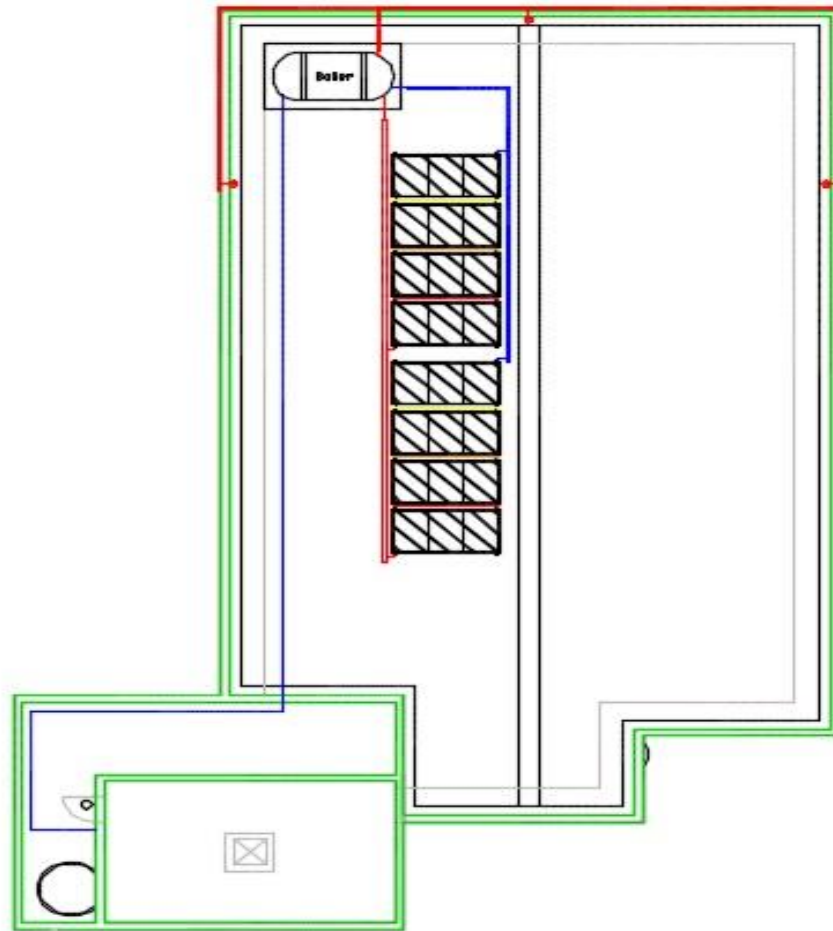
Figura 22: Ilustrativo da ligação em paralelo.



Fonte: (ABRAVA, 2008).

Para realizar a instalação dos coletores na moradia estudantil cada sistema foi separado em duas baterias de quatro coletores conectados em série que são conectados por uma ligação em paralelo até o boiler conforme pode ser observado na Figura 23.

Figura 23: Instalação dos coletores solares associados em série-paralelo.



Fonte: Adaptado de (BRAZ CAMPOS, 2010).

4.6 INSTALAÇÃO HIDRÁULICA

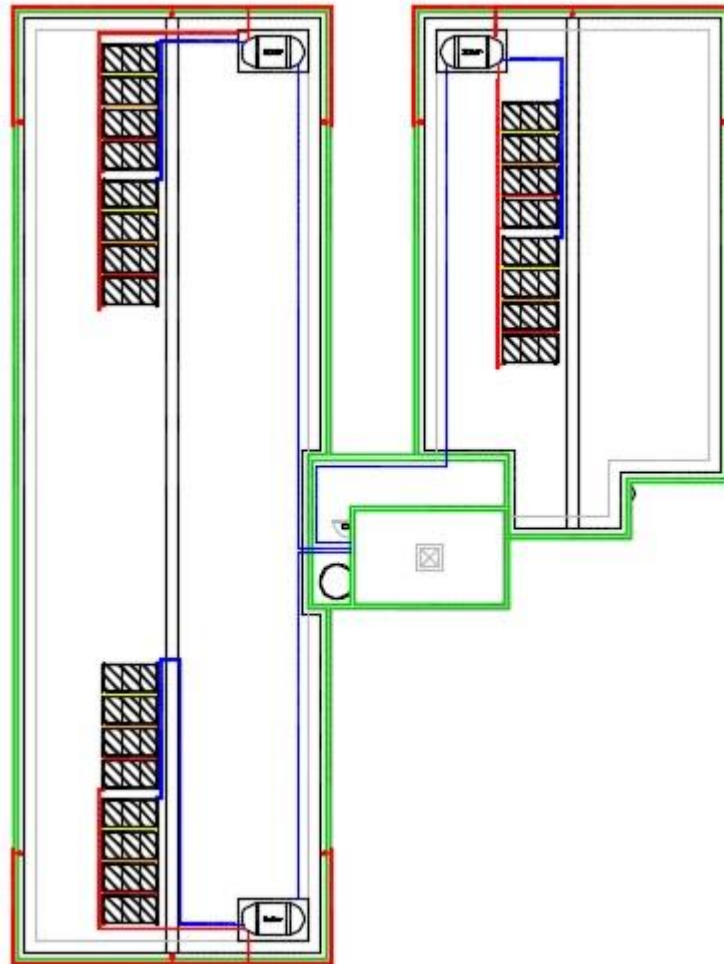
Uma vez definido o local da instalação, deve-se considerar a passagem da tubulação de água quente até os chuveiros, visto que o projeto arquitetônico do prédio não contemplou esta modalidade de aquecimento.

A tubulação para a passagem de água quente deve ser composta de material mais resistente que o de PVC, pois a temperatura de trabalho desta matéria prima é de apenas 20 °C. No trabalho, o tubo utilizado para o transporte da água quente será realizado pela marca Aquatherm, pois sua matéria prima é CPVC que possui resistência a líquido sob pressão e altas temperaturas, atendendo aos requisitos prescritos na norma ABNT NBR 1588 (2010) (CPVC, AQUATERM).

Visando evitar problemas hidráulicos e gastos com reformas no prédio, como quebras de paredes e azulejos, a tubulação de água quente será passada

externamente, com ramificações para cada chuveiro por meio de uma pequena perfuração da parede externa do banheiro. Na Figura 24 está ilustrado o caminho percorrido pela tubulação CPVC.

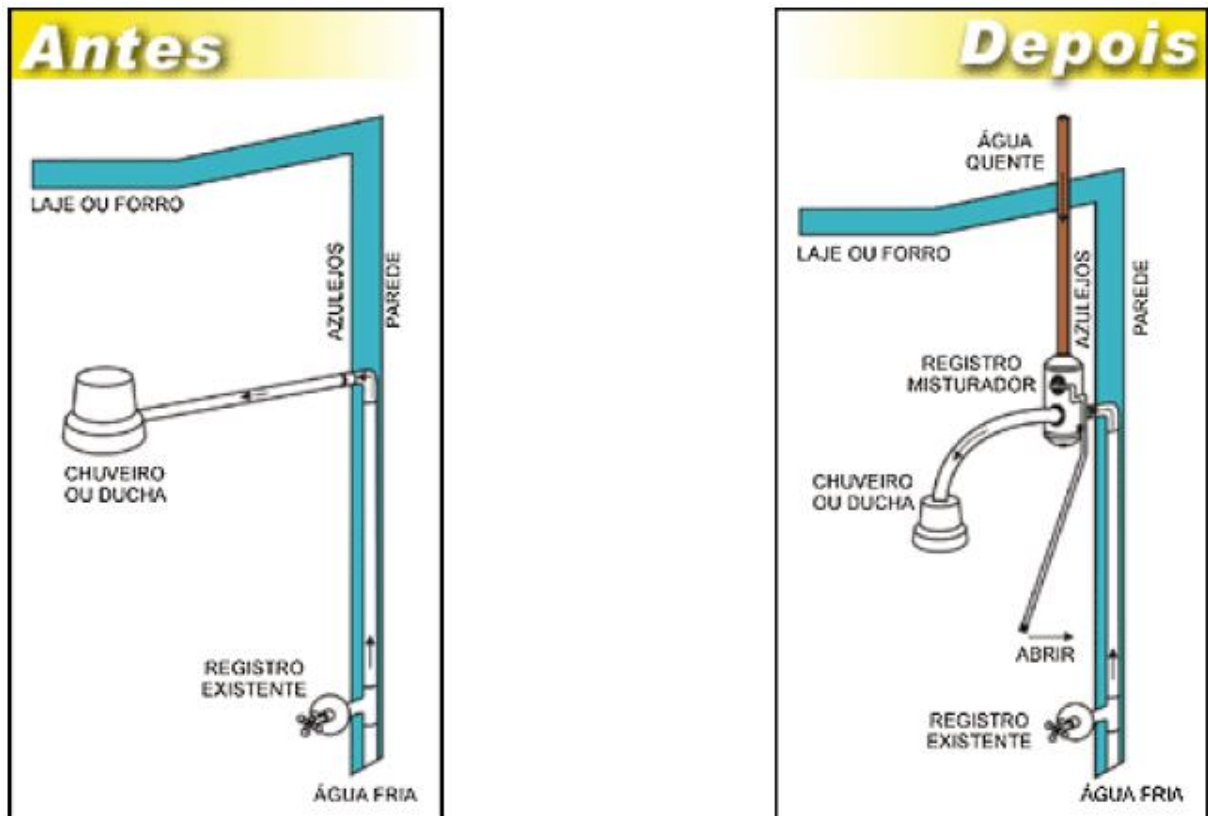
Figura 24: Distribuição da tubulação sob o telhado.



Fonte: Adaptado de (BRAZ CAMPOS, 2010).

Para realizar a mistura da água quente proveniente da tubulação externa com a água fria provinda da caixa d'água, utiliza-se o misturador, que, para essa aplicação, é instalado junto ao chuveiro, conforme ilustrado na Figura 25.

Figura 25: Imagem ilustrativa da instalação dos misturadores.



Fonte: (Soletrol, 2017).

A instalação do misturador requer um pequeno furo na parede para a passagem da tubulação para a entrada da água quente do reservatório térmico instalado sobre o telhado, atuando com o simples movimento de sua haste que possibilita a mistura com a água fria proveniente do registro.

4.7 AVALIAÇÃO ECONÔMICA DO INVESTIMENTO

Para a instalação de um sistema solar térmico são necessários os coletores solares, os reservatórios e o suporte de estrutura metálica, conectores, tubos de PVC e tubos CPVC, misturadores e a mão de obra. No custo do serviço de instalação hidráulica foram inclusos os acessórios para a estrutura de aquecimento. A Tabela 7 sumariza estes componentes e os seus custos, baseado em dados obtidos junto à empresa prestadora de serviços de aquecimento solar, que totalizou um valor total de R\$ 67.340,10 reais.

Tabela 7: Custos dos equipamentos necessários para a instalação do sistema.

EQUIPAMENTOS	QUANTIDADE	CUSTO UNITÁRIO R\$	CUSTO TOTAL R\$
BOILLERUNISOL 1100 LITROSINOX 316 AP	3	6.369,81	19.109,43
PLACA UNISOLBRA 1000 1X1	24	530,17	12.724,08
VALVULA DE SEGURANCAUNISOL	6	101,12	606,72
CONECTOR FEMEAMOVELMETI PRENSAR 20X3/4"	24	20,99	503,76
CONECTOR MACHO EMMETI PRENSAR 20X3/4"	6	28,95	173,7
CONECTOR FEMEA MOVELEMMETI PRENSAR 26X1"	6	13,54	81,24
CONECTOR MACHO EMMETI PRENSAR 26X1"	12	24,9	298,8
CONECTOR MACHO EMMETI SEM SOLDA 22X3/4	18	12,39	223,02
TAMPAO SEM SOLDA UNIFACIL	6	31,11	186,66
TEEEMMETI PRENSAR 26MM	6	50,17	301,02
TUBO EMMETIALUMINIO20MMGASPEX (BOBINA)	60	6,57	394,2
TUBO EMMETIALUMINIO26MMGASPEX (BOBINA)	60	11,64	698,4
UNIAO SEM SOLDA EMMETI22MM	24	15,04	360,96
VALVULA ESFERA EMMETI1" AGUA/AR	6	27,45	164,7
VALVULA ESFERA EMMETI 3/4" AGUA/AR	12	17,03	204,36
SERVIÇO DE INSTALAÇÃO AQUECEDOR SOLAR	1	5.328,00	5.328,00
VALVULA DE RETENCAOUNISOL	12	53,93	647,16
MISTURADOR UNISOL EXTERNO CROMADO	36	240,99	8.675,64
TUBO TIGRE AQUATHERM 28 MM	75	94,15	7.061,25
ESTRUTURA DE AÇO PARA ALOCAR OS BOILERS	3	1.199,00	3.597,00
SERVIÇO DE INSTALAÇÃO HIDRÁULICA	3	2.000,00	6.000,00
TOTAL	-	-	67.340,10

Fonte: (Proposta de orçamento da Geração Solar, 2018).

4.8 CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA NA MORADIA

Com o objetivo de se verificar o consumo mensal de energia elétrica, a Tabela 8 foi elaborada para apresentar os dados anuais das faturas de energia da moradia estudantil. O período analisado foi de agosto de 2016 a julho de 2017, no qual se compilou o histórico de doze meses das faturas da energia elétrica.

Tabela 8: Consumo mensal no período de agosto de 2016 a julho de 2017.

Mês	Consumo HP (kWh)	Valor HP (R\$)	Consumo HFP (kWh)	Valor HFP (R\$)	Consumo Total (kWh)	Valor Total (R\$)
Agosto	622	917,25	3854	1180,55	4476	3573,79
Setembro	712	1049,98	4083	1250,7	4795	3978,89
Outubro	677	998,37	4093	1253,76	4770	3265,75
Novembro	498	734,40	4154	1272,45	4652	3131,15
Dezembro	633	933,48	4873	1492,69	5506	3712,54
Janeiro	469	691,63	3701	1133,69	4170	3000
Fevereiro	597	880,39	5256	1427,14	5256	3493,92
Março	579	853,85	4788	1466,66	5367	3423
Abril	727	1060,97	4965	1428,47	5692	3864,74
Maio	417	625,96	3643	839,7	4060	2611,99
Junho	749	1162,20	4499	1264,53	5248	3846,19
Julho	641	994,62	3661	1028,99	4302	3101,26
Total anual	7321	10903,10	51570	15039,33	58294	41003,22

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

Através do histórico demonstrado na Tabela 8 é possível verificar que a Moradia estudantil teve o menor consumo nos meses de maio e janeiro de 2017 períodos de recesso acadêmico, época esta que os estudantes aproveitam para voltar para a cidade de origem, permanecendo apenas uma porcentagem dos alunos em Dourados.

Para calcular a demanda de energia elétrica foi necessário realizar o levantamento dos aparelhos utilizados e os hábitos de consumo dos moradores. A partir dos valores obtidos, foi possível, através da medição setorizada e o rateio, estimar o consumo dos equipamentos por meio da aferição de potência e tempo de uso.

O objetivo do rateio neste projeto é levantar o consumo do chuveiro elétrico no prédio e, para isto foram sistematizadas as informações da fatura de energia do período analisado onde foram distribuídos os valores das multas e taxas nos consumos do horário de ponta, fora de ponta e da demanda, a fim de se obter um preço médio respectivo para cada tipo de consumo conforme esboçado na Tabela 9.

Tabela 9: Valores reais e ajustados da fatura de energia.

Mês	VALORES REAIS			VALORES AJUSTADOS		
	Consumo HFP R\$	Consumo HP R\$	Demanda R\$	Consumo HFP R\$	Consumo HP R\$	Demanda R\$
Agosto	1.180,55	917,26	880,80	1.416,44	1.100,54	1.056,80
Setembro	1.250,70	1.049,98	880,80	1.564,18	1.313,15	1.101,56
Outubro	1.253,76	998,37	440,40	1.520,68	1.210,92	534,16
Novembro	1.272,45	734,40	440,40	1.628,04	939,63	563,47
Dezembro	1.492,69	933,48	440,40	1.933,21	1.208,96	570,37
Janeiro	1.133,69	691,63	440,40	1.501,10	915,78	583,13
Fevereiro	1.427,14	880,39	440,40	1.814,57	1.119,39	559,96
Março	1.466,66	853,85	440,40	1.818,38	1.058,61	546,01
Abril	1.428,47	1.060,97	442,84	1.882,72	1.398,36	583,66
Mai	839,70	625,96	516,30	1.106,63	824,94	680,42
Junho	1.264,53	1.162,20	516,30	1.652,55	1.518,82	674,73
Julho	1.028,99	994,62	516,30	1.256,41	1.214,45	630,41

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

Definido os valores ajustados de cada mês no período analisado verificou-se as potências e os equipamentos consumidores de energia elétrica na moradia estudantil que estão representados na Tabela 10.

Tabela 10: Levantamento das potências dos equipamentos utilizados na moradia estudantil.

Equipamentos	Potência (kW)
Chuveiro	Posição 1 = 2,6
	Posição 2 = 4,2
	Posição 3 = 6,8
Máquina de Lavar	0,46
Ar condicionado	1,085
Iluminação	0,04
Equipamentos gerais	0,08
Geladeira	0,065

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

O chuveiro está dividido entre as três posições de aquecimento devido a utilização do mesmo variar significativamente de acordo com o hábito de consumo em função da temperatura média mensal. Os equipamentos gerais representados

pela Tabela 10 é a média das potências dos equipamentos pessoais dos acadêmicos descritos na Tabela 11.

Tabela 11: Relação dos equipamentos gerais.

Equipamentos Gerais	Potência (kW)
Computador	0,065
Televisor 32"	0,080
Ventilador	0,100
Média	0,080

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

Para realizar o rateio foi considerado o fator de demanda, uma vez que estes equipamentos não ficam ligados simultaneamente. A norma de distribuição unificada NDU-001 fornece os valores do fator de demanda para cada tipo de equipamento em função da quantidade existente na residência, estes dados estão demonstrados na Tabela 12 (ENERGISA, 2014).

Tabela 12: Levantamento da demanda dos equipamentos utilizados na moradia estudantil.

Equipamentos	Potência (kW)	Quantidade	Fator de Demanda (%)	Demanda (kW)
Chuveiro	Posição 1 = 2,6	32	30	24,96
	Posição 2 = 4,2			40,32
	Posição 3 = 6,8			65,28
Máquina de Lavar	0,46	16	45	3,31
Ar condicionado	1,085	6	100	6,51
Iluminação	0,04	260	50	5,2
Equipamentos Gerais	0,08	16	50	0,64
Geladeira	0,065	16	50	0,52

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

O rateio entre os equipamentos do prédio foi realizado a partir do questionário aplicado na moradia estudantil (Apendice1) que verificava os hábitos de consumo dos moradores relacionando-os com as respectivas potências e demandas dos equipamentos, a fim de evidenciar o custo mensal atribuído a utilização do chuveiro elétrico, máquina de lavar, ar condicionado e equipamentos gerais.

Tabela 13: Levantamento de dados para calcular o consumo de cada equipamento.

Equipamentos	Potência (kW)	Tempo de uso	Nº de moradores	Qtd.	HP	HFP	Nº por pessoa
	2,6						
Chuveiro	4,2	0,12 h	96	-	70%	30,0%	1,6
	6,8						
Máquina	0,46	1 ciclo	96	-	-	100,0%	4
Ar	1,085	8 h	-	6	18%	82,0%	-
Geladeira	0,065	24 h	-	16	12,5%	87,5%	-
Iluminação	0,04	6 h	-	260	50%	50,0%	-
Equip. gerais	0,08	4 h	96	-	20%	80,0%	-

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

As porcentagens apresentadas na Tabela 13 no horário de ponta (HP) e horário fora de ponta (HFP) estão relacionadas ao consumo mensal total dos equipamentos considerando-se 22 dias da semana com o horário de ponta.

A energia foi obtida considerando-se o número de moradores ou a quantidade de equipamentos utilizados e multiplicando-os pela demanda do aparelho e o tempo de uso.

O chuveiro elétrico e a máquina de lavar possuem uma coluna diferenciada, pois, aliado ao número de moradores, diferencia-se o consumo por pessoa. No caso do chuveiro elétrico, esta diferenciação ocorre devido ao número de banhos por dia que cada pessoa realiza (1,6) e, para a máquina de lavar, devido ao número de ciclos por pessoa no período de um mês (4,0).

O funcionamento do chuveiro elétrico e o ar condicionado dependem da temperatura média mensal, nos meses mais quentes foi considerado o consumo total estimado do ar condicionado e a posição mais amena do chuveiro elétrico e, nos meses mais frios, não foi contemplando a utilização do ar condicionado e sim a potência máxima dos chuveiros. Na Tabela 14 está a relação entre a temperatura mensal, a posição do chuveiro utilizada e o número de ares condicionados ligados.

Tabela 14: Relação da temperatura mensal com a utilização do chuveiro e o ar condicionado.

Mês	Temperatura média (°C)	Posição do chuveiro	Número de condicionadores de ar em funcionamento
Agosto	20,4	3	2
Setembro	21,8	3	2
Outubro	24,0	2	6
Novembro	24,7	2	6
Dezembro	25,4	2	6
Janeiro	25,5	2	6
Fevereiro	25,1	2	6
Março	24,8	2	6
Abril	23,1	2	4
Maio	19,6	4	1
Junho	18,4	4	1
Julho	18,1	4	1

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

A geladeira possui funcionamento contínuo durante todo o ano, mas foi considerado um regime de funcionamento igual a 60 %, visto que ela possui períodos de inatividade controlada pelo termostato a partir da temperatura regulada.

Para o uso das lâmpadas foi considerado o pleno funcionamento da capacidade instalada durante um período de seis horas diárias, contemplando o funcionamento no horário de ponta e fora de ponta.

Tabela 15: Rateio do gasto com os equipamentos na moradia estudantil.

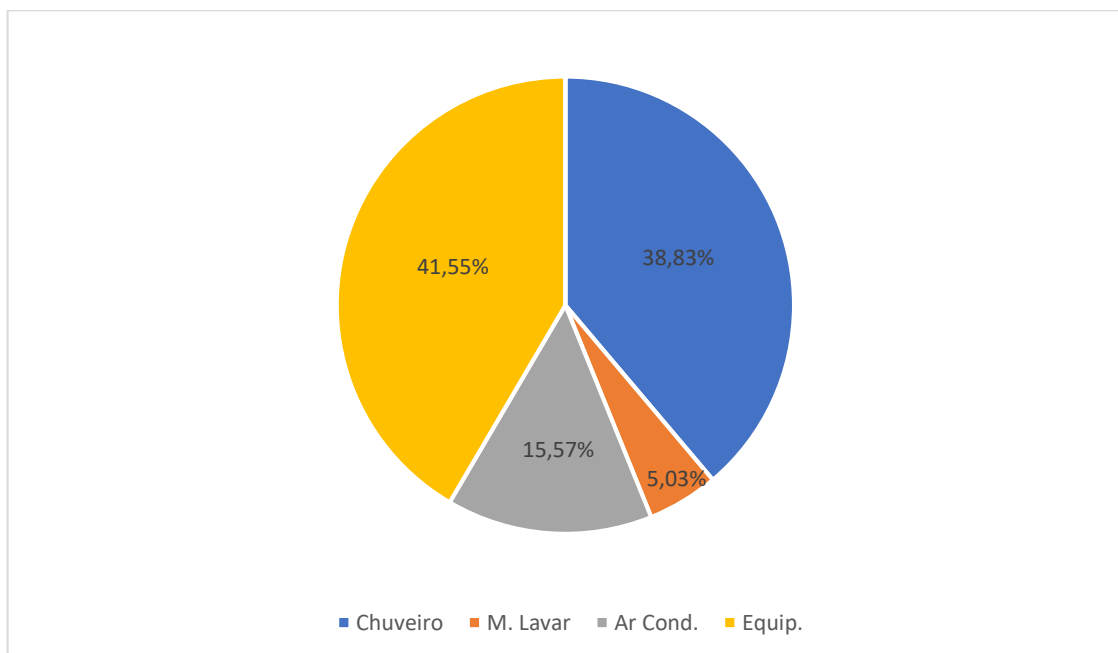
Mês	Chuveiro (R\$)	Máquina de lavar (R\$)	Ar condicionado (R\$)	Equipamentos gerais (R\$)	Total (R\$)	Temperatura média (°C)
Agosto	1730,97	180,26	318,51	1344,04	3573,79	20,40
Setembro	1490,56	216,87	406,52	1864,95	3978,89	21,80
Outubro	999,13	161,14	714,77	1390,70	3265,75	24,00
Novembro	935,59	171,84	689,84	1333,87	3131,15	24,70
Dezembro	1084,76	196,11	822,88	1608,79	3712,54	25,40
Janeiro	919,09	163,56	656,38	1260,99	3000,00	25,50
Fevereiro	1027,55	186,05	773,08	1507,24	3493,92	25,10
Março	997,71	185,23	759,20	1480,86	3423,00	24,80
Abril	1069,42	213,03	675,75	1906,54	3864,74	23,10
Maio	1562,26	113,39	54,38	881,97	2611,99	19,60

Junho	1850,70	122,96	50,38	1077,23	3846,19	18,40
Julho	2256,50	155,45	53,92	1380,22	3101,26	18,10
MÉDIA	R\$ 1.327,02	R\$ 172,16	R\$ 497,97	R\$ 1.419,78	R\$ 3.416,94	22,58

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

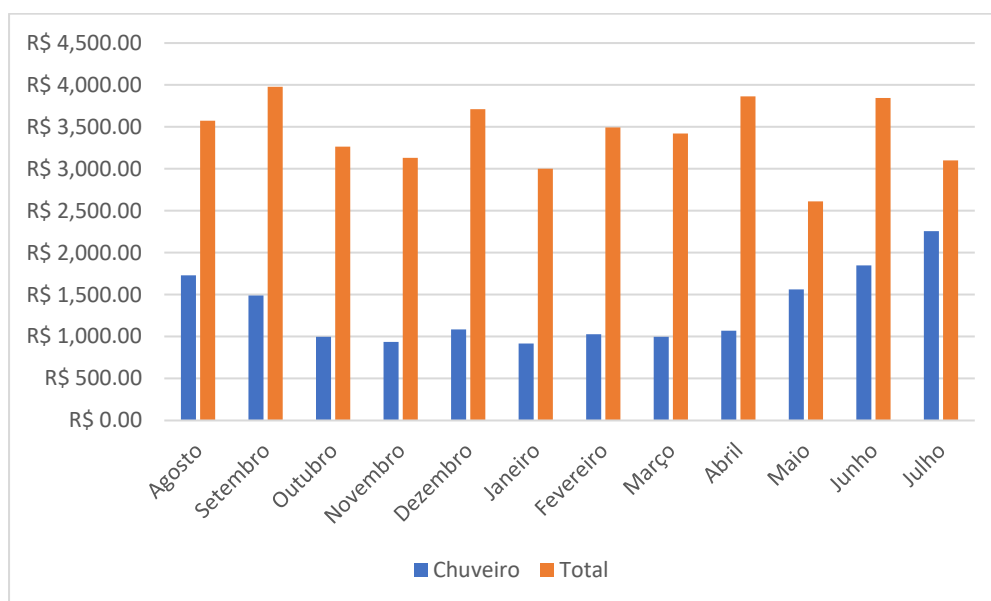
A representatividade do consumo de energia elétrica dos diferentes equipamentos conforme a Tabela 15 está representada na Figura 26.

Figura 26: Representatividade dos equipamentos na fatura de energia elétrica.



Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

Figura 27: Custos do chuveiro elétrico na fatura final de energia.



Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

A Figura 27 representa um comparativo entre o custo estimado do chuveiro elétrico em relação à fatura total da energia elétrica.

4.9 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

A moradia estudantil é um patrimônio de uma autarquia Federal (UFGD) com representatividade jurídica, qualquer modificação nessa propriedade é feita por intermédio de licitações com pagamento à vista. Sobretudo, serão simuladas três condições distintas de correção dos recursos financeiros: a inflação média nos últimos 10 anos (pagamento à vista, sem financiamento); a menor taxa de juros para pessoa jurídica e para pessoa física disponíveis no mercado.

- **Pagamento à vista**

Para realizar a viabilidade econômica com pagamento à vista será considerada a inflação no período de vida útil do sistema de aquecimento solar térmico. Conforme demonstrado na Tabela 8, o investimento inicial de instalação do projeto de aquecimento solar térmico corresponde a R\$ 67.340,10 e a vida útil do sistema equivale 25 anos, quando o sistema reduz sua potência para 80 % (UNISOL, 2017).

Considerando a variação anual da inflação média dos últimos dez anos foi desenvolvida a avaliação econômica do investimento, Tabelas 16 e 17.

Tabela 16: Inflação média nos últimos dez anos.

Ano	Inflação média (%)
2009	4,90
2010	5,04
2011	6,63
2012	5,40
2013	6,21
2014	6,33
2015	9,01
2016	8,77
2017	3,46
2018	2,85
Média	5,62%

Fonte: (Banco Central do Brasil, 2018).

Tabela 17: Fluxo de caixa para a implementação do projeto considerando o valor médio da inflação.

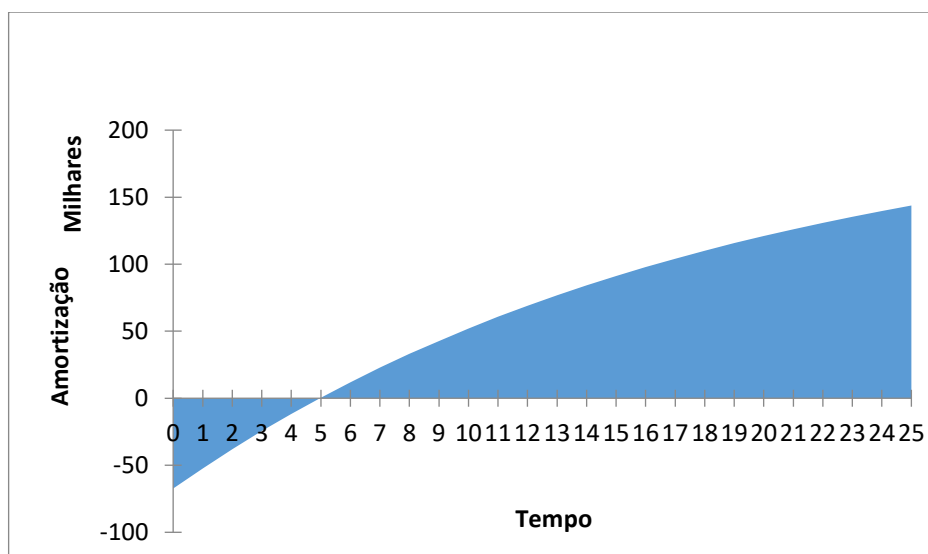
Anos	Capitais	VP	Anos:
			25
			Custo de Capital k:
			5,62%
			VP Acumulado
0	(R\$ 67.340,10)		(R\$ 67.340,10)
1	R\$ 15.924,25	R\$ 15.076,93	(R\$ 52.263,17)
2	R\$ 15.924,25	R\$ 14.274,69	(R\$ 37.988,48)
3	R\$ 15.924,25	R\$ 13.515,14	(R\$ 24.473,33)
4	R\$ 15.924,25	R\$ 12.796,01	(R\$ 11.677,33)
5	R\$ 15.924,25	R\$ 12.115,14	R\$ 437,81
6	R\$ 15.924,25	R\$ 11.470,49	R\$ 11.908,30
7	R\$ 15.924,25	R\$ 10.860,15	R\$ 22.768,45
8	R\$ 15.924,25	R\$ 10.282,29	R\$ 33.050,74
9	R\$ 15.924,25	R\$ 9.735,17	R\$ 42.785,91
10	R\$ 15.924,25	R\$ 9.217,17	R\$ 52.003,08
11	R\$ 15.924,25	R\$ 8.726,73	R\$ 60.729,81
12	R\$ 15.924,25	R\$ 8.262,38	R\$ 68.992,19
13	R\$ 15.924,25	R\$ 7.822,74	R\$ 76.814,93
14	R\$ 15.924,25	R\$ 7.406,50	R\$ 84.221,42
15	R\$ 15.924,25	R\$ 7.012,40	R\$ 91.233,82
16	R\$ 15.924,25	R\$ 6.639,27	R\$ 97.873,10
17	R\$ 15.924,25	R\$ 6.286,00	R\$ 104.159,10
18	R\$ 15.924,25	R\$ 5.951,52	R\$ 110.110,62

19	R\$ 15.924,25	R\$ 5.634,85	R\$ 115.745,46
20	R\$ 15.924,25	R\$ 5.335,02	R\$ 121.080,48
21	R\$ 15.924,25	R\$ 5.051,14	R\$ 126.131,63
22	R\$ 15.924,25	R\$ 4.782,37	R\$ 130.914,00
23	R\$ 15.924,25	R\$ 4.527,91	R\$ 135.441,90
24	R\$ 15.924,25	R\$ 4.286,98	R\$ 139.728,88
25	R\$ 15.924,25	R\$ 4.058,87	R\$ 143.787,75

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

Conforme pode ser observado na Tabela17, os Valores Presentes Acumulados (VPA) são negativos até o quarto ano, a partir do qual, o investimento torna-se lucrativo. As receitas obtidas durante a vida útil do projeto foram suficientes para cobrir o investimento inicial e gerar retorno financeiro de R\$ 143.787,75 ao final da vida útil do projeto, ilustrado através da Figura 28.

Figura 28: Curva de retorno financeiro da instalação do projeto solar térmico considerando o valor da inflação.



Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

Considerando apenas a inflação para contabilizar a desvalorização do dinheiro ao longo dos anos, observou-se, pelo método *payback* descontado, calculado a partir da Eq. 8, que o investimento seria amortizado em 4,96 anos.

Para realizar um comparativo entre as diferentes formas de viabilização de recursos financeiros, foram utilizadas as taxas da inflação, as taxas disponíveis para

pessoa física, utilizando-se o cartão BNDES e, para pessoa jurídica, a partir do Fundo Constitucional de Financiamento do Centro oeste (FCO), Tabela 18.

Tabela 18: Comparativo entre três modalidades de pagamento.

Pagamento	Taxa de juros (%)	Payback (anos)	VPL (R\$)
À vista	5,62	4,96	143.787,75
Pessoa jurídica	8,08	5,38	101.492,52
Pessoa física	14,98	7,19	35.720,01

Fonte: (Elaborado pela autora, 2018).

Conforme pode ser visto na Tabela 18, todas as formas de pagamento contempladas no estudo comprovam a viabilidade econômica do investimento do projeto de aquecimento solar térmico em substituição do chuveiro elétrico na moradia estudantil da UFGD.

Pode ser observado na Tabela 18 que, a partir do pagamento à vista o retorno financeiro é 213 % superior ao valor investido, enquanto que, utilizando a taxas do FCO, o retorno financeiro ultrapassa cem mil reais.

Devido às taxas de juros para pessoa física serem superiores, o retorno financeiro é menor, mas, ainda assim, o corresponde a 53 % do total investido.

A inserção de programas incentivadores para esta tecnologia com taxas de juros subsidiados pelo governo ou programas de incentivo das concessionárias de energia elétrica pode ocasionar uma maior atratividade, maior retorno do investimento, e tempo de retorno ainda menores.

5. CONCLUSÃO

O uso da energia solar térmica reduz o custo de aquecimento de água e dos investimentos envolvidos na geração e distribuição de eletricidade, sendo, então, vantajoso para o consumidor final e para a concessionária de energia elétrica.

Entretanto, o investimento inicial para a instalação de um sistema de aquecimento solar é superior, comparado a outras modalidades de aquecimento de água, como o chuveiro elétrico, inibindo, desta forma, a iniciativa do usuário em investir nessa tecnologia.

Embora o custo do investimento inicial seja elevado, foi comprovada a atratividade econômica para diferentes formas de viabilização dos recursos financeiros, gerando retorno financeiro para o usuário final ao longo da vida útil do sistema.

O elevado custo de aquisição destes sistemas sugere a necessidade da criação de subsídios para que os consumidores tenham acesso a essa tecnologia. Além disso, linhas de financiamento são políticas públicas importantes para incremento da participação dos sistemas de aquecimento solar.

Foi comprovado, por meio da análise de viabilidade econômica, a atratividade financeira provinda deste sistema que possui estimativa de 4,96 anos para o retorno do investimento, conforme o método do *payback descontado*, o valor presente líquido consiste no retorno financeiro do consumidor, ou seja, o dinheiro que ele deixaria de gastar caso opte por esta modalidade de aquecimento, o valor deste retorno corresponde a R\$ 143.787,75 representando uma margem de 213 % do valor total investido.

De uma forma geral, pode-se afirmar que a substituição de sistemas convencionais de aquecimento de água por energia solar é uma relação de economia e consumo sustentável. Em determinadas classes sociais, busca-se intensivamente o maior conforto propiciado pelo aquecimento solar, enquanto que para a classe média e de baixa renda, a economia obtida torna-se cada vez mais importante e decisiva.

Vale ressaltar que, além dos ganhos econômicos com a substituição do sistema de aquecimento de água, é gerada uma imagem de sustentabilidade e responsabilidade sócio-ambiental, beneficiando indiretamente toda a sociedade,

garantindo o racionamento de importantes fontes de energia por um maior período de tempo.

Uma sugestão de trabalho futuro é a avaliação da inserção de um sistema solar fotovoltaico na Moradia Estudantil da UFGD aliado ao sistema solar-térmico, com o objetivo de suprir a demanda de energia elétrica dos demais equipamentos da residência. Outra sugestão seria junção de um sistema de aquecimento a gás aliado ao aquecimento solar térmico como fonte alternativa quando a radiação não for suficiente para aquecer a água.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAVA. **Projetando uma instalação de aquecimento solar passo a passo.** Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjU7pe_upnZAhVGIJAKHVyZBUgQFghXMAc&url=http%3A%2F%2Fwww.forumclima.pr.gov.br%2Farquivos%2FFile%2Fcurso2.pdf&usg=AOvVaw1jYAZ4AAfnbeQjfzKjAnza>. Acesso em 23 de Janeiro de 2018.

ACORDO DE PARIS. Disponível em: <www.mma.gov.br/clima/convencao-das-nacoes-unidas/acordo-de-paris>. Acesso em: 10 novembro 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR15569:**Sistema de aquecimento de água em circuito direto – Projeto e instalação.** Rio de Janeiro. 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR7198:**Projeto e execução de instalações prediais de água quente.** Rio de Janeiro. 1993.

ANEEL - RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 414, DE 9 DE SETEMBRO DE 2010. Disponível em: <www.cpfl.com.br/atendimento-a-consumidores/direitos-e-deveres/Documents/REN414-ANEEL_Nova_Compilacao_REN_416-418-419.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2017.

ANEEL - QUADRO DE TARIFAS. Disponível em: <www.energisa.com.br/Documents/PDF/quadro-de-tarifas-enf.pdf>. Acesso em: 10 de dezembro de 2017.

APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR NO BRASIL. Disponível em: <aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_solar/3_4.htm>. Acesso em: 30 de novembro 2017.

BANCO CENTRAL DO BRASIL. **Relatório da inflação.** Disponível em: <<http://www.bcb.gov.br/?RI>> Acesso em: 20 de Fevereiro de 2018

BASSO, L. H. **Análise de um sistema de aquecimento de água para residências rurais, utilizando energia solar.** Jaboticabal p.14-21. 2010.

BECKER, T. V. **Otimização da Demanda e Consumo de Energia Elétrica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Medianeira.** Medianeira, 2014. 67 p. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia de Produção, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2014.

BEHENCK, I. S. **Estudo Comparativo da Viabilidade dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede, Através do Software Homer.** Rio de Janeiro - 2011. 121 p.

Projeto de Graduação - (Curso de Engenharia Elétrica), Universidade Federal do Rio de Janeiro.

BRAZ CAMPOS. **Projeto executivo – UFGD – casa de estudantes- Dourados.** Goiania,2010.

CANTARANI, R.; BIANCHI, J. A.; *et al.* **Os Riscos Financeiros de Empreendimentos Hidrelétricos Devido à Mudança Climática.** Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de MBA em Gestão Socioambiental Aplicada a Energia Hidrelétrica. Fundação Instituto de Administração, São Paulo. 2009.

CATÁLOGO TÉCNICO DA AQUATERM. Disponível em: <www.tigre.com.br/themes/tigre2016/downloads/catalogos-tecnicos/ctaquaterm.pdf>. Acesso em: 26 novembro 2017.

DASSI, J. A.; *et al.* **Análise da viabilidade econômico-financeira da energia solar fotovoltaica em uma Instituição de Ensino Superior do Sul do Brasil.** XXII Congresso Brasileiro de Custos – Foz do Iguaçu, PR, Brasil, 11 a 13 de novembro de 2015.

ELETROBRÁS. **Gestão energética.** Rio de Janeiro, p. 188. 2005.

ELETROBRÁS. **Análise econômica de investimentos: guia básico.** Brasília, p 85. 2008.

ELETROBRÁS PROCEL. **Energia solar para aquecimento de água no Brasil:** Contribuições da Eletrobras Procel e Parceiros. Rio de Janeiro: Eletrobras, 2012.

EMBRAPA. **Guia clima.** Disponível em: <<http://www.cpao.embrapa.br/clima/?lc=site/guia-clima/o-que-e-guia-clima>> Acesso em: 20 de Janeiro de 2018.

ENERGIA SOLAR NO MS. Disponível em: <www.neosolar.com.br/energia-solar-ms-campo-grande>. Acesso em: 22 novembro 2017.

ENERGISA. Disponível em: <<https://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>>. Acesso em 17 dezembro de 2017.

ESTIF. European Solar Thermal Industry Federayion. **Solar termal markets in Europe trends and Market statistics 2010**, June 2011, p. 4.

GIZ. Vitae Civilis. **Introdução ao Sistema de Aquecimento Solar.** Disponível em: <http://renove.org.br/publicacoes/Aurelio%/20Souza-USINASULIntroducao_aquecimento_solar.pdf>. Acesso em: 2011.

GUERRA, M. I. R.; VARELLA, F. K. O. M. **Análise do Desempenho Térmico de um Sistema de Aquecimento Solar de Baixo Custo na Cidade de Mossoró - RN.** Revista Eletrônica HOLOS - Portal IFNR, ano 30, v. 4. 2014.

INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUA QUENTE. Disponível em: <<http://proalpha.com.br/onewebmedia/%C3%81gua%20Quente%20%20Instala%C3%A7%C3%B5es%20prediais%20%5B1%5D.pdf>>. Acesso em: 06 de dezembro 2017.

NETO, José Juvantino. **Análise Comparativa entre o Sistema de Aquecimento Solar de Água e o Convencional: Avaliação de Pós-Ocupação SOS Condomínios Mansão José da Costa Falcão e Residencial Saint Germain .** 2010. Monografia - Universidade Estadual de Feira de Santana - Departamento de Tecnologia do Colegiado de Engenharia Civil. Feira de Santana, 2010.

NOÇÕES INICIAIS SOBRE O AQUECIMENTO GLOBAL. Disponível em: <<http://www.forumclima.pr.gov.br/arquivos/File/manualiniciais.pdf>>. Acesso em: 05 de dezembro 2017.

O Chuveiro na Curva de Consumo. **Jornal da Unicamp**, Campinas, Nº 597, 2014.

QUALIDADE EM INSTALAÇÕES DE AQUECIMENTO SOLAR. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/10584/1985241/Qualidade_em_Instalacoes_de_Aquecimento_Solar.pdf>. Acesso em: 07 de dezembro de 2017.

RANGEL, M. S.; BORGES, P. B.; SANTOS, I. F. S. **Análise Comparativa de custos e tarifas de Energias Renováveis no Brasil.** Revista Brasileira de Energias Renováveis, v. 5, n. 3, p. 267-277, 2016.

ROCHA, L. R. R.; MONTEIRO, M. A. G. **Guia Técnico Gestão Energética.** Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

SHAYANI, A. R.; OLIVEIRA, G. A. M.; CAMARGO, T. M. I. **Comparação do Custo de Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais.** Políticas Públicas para a Energia: Desafios para o Próximo Quadriênio. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Brasília, 2006.

SILVA, D. M. **Análise Qualitativa de Medidas para Redução de Custos Industriais com Energia Elétrica.** São Carlos, 2012. 47 p. Trabalho de Conclusão de Curso do Curso de Engenharia Elétrica, Escola de Engenharia de São Carlos. 2012.

APÊNCICE 1: QUESTIONÁRIO REALIZADO NA MORADIA ESTUDANTIL.**QUESTIONÁRIO**

- Quantos banhos você toma por dia?
 1 banho 2 banhos Mais
- Horário frequente do banho
 Entre 18:00 e 20:00h Demais horários
- Duração média do banho
 5 minutos 7 minutos 10 minutos