



XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído

XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído

JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

RELAÇÃO COMPARATIVA ENTRE FONTES DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA E DE AQUECIMENTO D'AGUA NUMA UNIDADE GEMINADAS DE HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL NO EXTREMO SUL DO BRASIL: UM ESTUDO DE CASO

Vinicius M. Cleff (1); Bruno B. Teixeira (2); Antônio César S. B. da Silva (3)

(1) Engenheiro Eletricista, Mestrando do Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo, viniciuscleff@hotmail.com

(2) Arquiteto, Mestrando do Programa de Pós-Graduação de Arquitetura e Urbanismo, brunoteixeir@hotmail.com

(3) Dr., Professor da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, antoniocesar.sbs@gmail.com, Universidade Federal de Pelotas, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Laboratório de Conforto e Eficiência Energética, Rua Benjamin Constant, 1359, Pelotas, RS, (53) 3284-5509.

RESUMO

Diante das diversas possibilidades de implementação de tecnologias de captação de energias renováveis, surge a necessidade de estudos que façam um comparativo da viabilidade de aplicação de diferentes fontes de captação de energia solar em diferentes sistemas. Dessa forma, objetiva-se com esse trabalho avaliar o custo benefício da implementação individual de sistemas fotovoltaicos para demanda de energia elétrica, sistema solar para aquecimento de água e/ou os seus usos mistos, visando suprir suas respectivas demandas. Para tal ensaio, foi utilizado um modelo real de uma edificação. Trata-se de uma unidade geminada de habitação de interesse social localizada no extremo sul do Brasil. Para o estudo de viabilidade de ambos sistemas, utilizou-se *softwares* computacionais para obtenção dos resultados técnicos de dimensionamento, e também foram feitos comparativos financeiros com base em investimento em poupança, por métodos prescritivos obedecendo as normativas e indicador econômico atual. Dessa forma, chega-se a resultados econômicos e de viabilidade técnica dos casos propostos, visando identificar os diferentes cenários de investimento.

Palavras-chave: Aquecimento Solar, Geração Solar Fotovoltaica, Habitação de Interesse Social.

ABSTRACT

In view of the various possibilities of implementing renewable energy capture technologies, there is a need for an indepth study comparing the feasibility of applying each of systems, the source of which solar energy. Thus, the propose of this work is to evaluate the cost-benefit of the individual and mixed implementation of the photovoltaic systems for electric energy demand, solar water heating system and/or their mixed uses, in order to meet their respective demands. For this test, a real model of a building was used. It is a twinned unit of the social housing located in the city of Pelotas, Rio Grande do Sul. For the feasibility study of both systems, computer software was used to obtain the technical sizing results, and financial comparisons based on savings investment, by prescriptive methods in compliance with the current economic indicator and standards. Thus, the economic and technical feasibility results of the proposed cases are reached, aiming to identify the different investment scenarios.

Keywords: Solar Heating, Solar Photovoltaic Generation, Social Housing

1. INTRODUÇÃO

A oferta de energia que não acompanha o crescimento na mesma proporção que o aumento da população e consequentemente a maior demanda energética, tem sido uma discussão fundamental nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. Da mesma forma a maneira agressiva como a extração e exploração de matéria prima, para suprimento energético desses países, causa deterioração na natureza, tem sido uma motivação para estudos relacionados ao desenvolvimento de Fontes de Energias Renováveis (FRE).

Segundo o Plano Decenal de Expansão Energética (ANEEL, 2017), a previsão para 2026 é que o consumo de energia elétrica no Brasil cresça 3,7% ao ano, comparado a 2016, ou seja, pode-se chegar a um consumo anual de 741 TWh, comparado ao consumo atual de 516 TWh. Visto que para este período haverá um aumento da população brasileira em cerca de 0,6% ao ano, segundo o mesmo relatório.

O Brasil tem umas das maiores e mais diversa matriz de energia renovável do planeta considerando que seu território abrange uma área de 41% da América do Sul, cerca de 8,5 milhões de km², (IBGE, 2016), tornando-se um território privilegiado se comparado a outros de mesma proporção, tendo em vista o seu potencial hidroelétrico, de biomassa, de ventos e de energia solar.

A fonte de energia renovável com maior abundância no planeta é a proveniente do sol, podendo ser utilizada em diferentes formas de aplicação, pois o Brasil recebe níveis médios superiores aos dos países da Europa, característica que se dá pela presença e proximidade do eixo equatorial (Martins e Pereira, 2011). No Brasil, as técnicas de uso da energia solar têm um enorme potencial, no entanto é essencial o profundo conhecimento das tecnologias que fazem utilização dessa fonte, seja por meio de aquecimento ou para geração de energia elétrica. É imprescindível saber interpretar as informações sobre a variabilidade deste recurso para o devido suporte no desenvolvimento dos projetos, (ATLAS, 2017).

A energia solar utilizada como tecnologia para fins de aquecimento de água, segundo Altoé *et al* (2012) pode representar uma economia de 36% no consumo de energia elétrica de uma residência quando substituído a um chuveiro elétrico convencional e 70% de economia tratando-se do aquecimento de água da mesma edificação.

Para energia solar fotovoltaica, a partir da Resolução Normativa ANEEL 482/12, há possibilidade das unidades consumidoras de energia elétrica se caracterizaram por serem prossumidoras, ou seja, o usuário além de consumir energia elétrica da concessionária local, também poderá ser um produtor desde que essa geração seja a partir das FRE, conjecturando numa micro ou minigeração distribuída, e assim podendo fazer uso do sistema de compensação de energia dentro do conceito *netmetering*. Sendo assim, até então, conforme ANEEL (2018) cerca de 99,3% das instalações, que aderiram ao incentivo, tem como fonte a energia solar fotovoltaica, um montante de aproximado de 33 mil unidades consumidoras, sendo elas residenciais, comerciais, industriais, públicas e rurais.

Dessa forma, no Brasil, há cerca de 4,4 milhões de sistemas de aquecimento d'água instalados nas edificações, (SHC-IEA, 2019), o que representa aproximadamente 7,6% dos 58 milhões de domicílios, segundo IBGE, (2010), utilizando a o sol como fonte de aquecimento para água. Já considerando os prossumidores residenciais de energia solar fotovoltaica, apenas 0,043% dessa classe de consumo aderiram ao programa de compensação (ANEEL, 2018).

Sendo assim, faz-se uma estimativa de que o crescimento no setor de energia solar fotovoltaica, em função do número de nova conexões, seja de 886 mil unidades consumidoras até 2024, conforme (ANEEL, 2018), visto que há uma tendência de inflação da energia elétrica nos próximos anos, e que os sistemas de geração distribuída tem trazido resultados, se tornando cada vez mais populares para o consumidor brasileiro.

2. OBJETIVO

O objetivo do trabalho é estudar a relação de custo benefício da aplicação de dois sistemas distintos de coleta de energia solar: um primeiro, módulos fotovoltaicos para demanda elétrica; e, um segundo, coletor solar para demanda de água quente. Ambos serão avaliados desempenhando funções distintas e iguais. Dessa forma, obtém-se um resultado sobre as vantagens e desvantagens de cada sistema operando de forma igual. Para esse procedimento, foi selecionada uma residência já executada, portanto, o estudo também avalia o custo da adaptação e reforma para recebimento de cada um dos sistemas.

3. MÉTODO

Utilizando como objeto de estudo uma Habitação de Interesse Social, situada na cidade de Pelotas, Rio Grande do Sul, com a fachada frontal com orientação para Sudeste e as águas do telhado orientadas para

Sudeste e Noroeste, conforme Figura 1.



Figura 1: Localização da edificação a ser analisada. (Google, 2018)

O critério de escolha da habitação estudada se deu a partir de um modelo que fosse de uma parcela representativa da população na cidade de estudo, dessa forma serve de modelo para outros usuários. Sendo assim, foi utilizada a unidade popular do programa minha casa minha vida, com total de 51m² construído. Trata-se de uma residência geminada, unifamiliar, destinada para até quatro moradores. A residência apresenta três fontes de demanda de água quente: dois chuveiros elétricos e uma torneira elétrica de cozinha. O fechamento da cobertura se dá por telha cerâmica, com inclinação de 19,29°. Apresenta um deslocamento azimutal de 49,8°. O modelo habitacional referido é apresentado a seguir, na Figura 2.

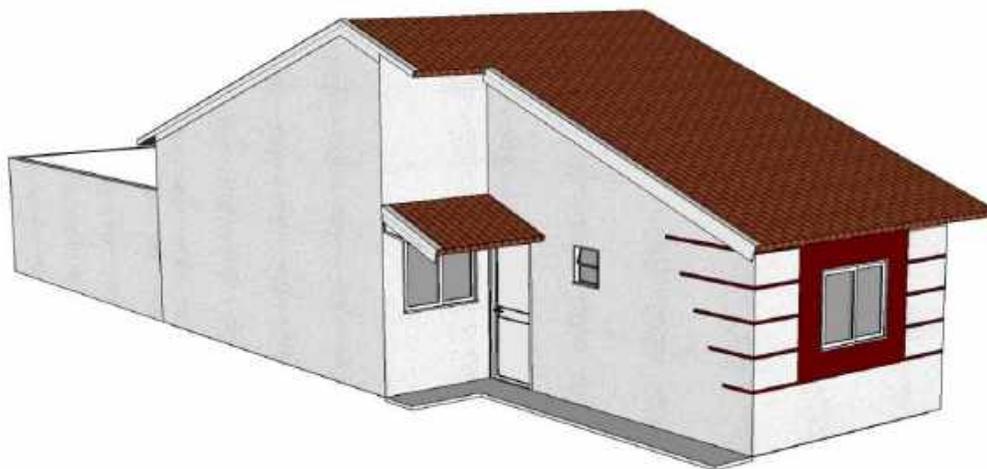


Figura 2: Perspectiva do modelo habitacional. (Autores, 2018)

3.1. Sistema de aquecimento d'água

A partir da escolha e levantamento da unidade, iniciou-se o estudo de alternativas para suprir as demandas da residência. De acordo com a norma brasileira vigente, NBR 15569, referente ao aquecimento solar de água, recomenda-se que para vazões d'água em chuveiros deve-se considerar entre 3,0 L/min a 15 L/min no dimensionamento de sistemas solares térmicos (ABNT 2008). Para o presente estudo, foi utilizado o nível de conforto caracterizado como bom, 8 L/min. Para a torneira elétrica, a norma indica o uso temporal de 3 minutos por pessoa, com uma vazão total entre 3 L/min a 4,8 L/min por pessoa. Para cada caso, chuveiros e pia, foi estimado um tempo de utilização. Para a ducha elétrica utilizou-se uma estimativa de uso diário de 8 vezes por dia, levando em consideração que cada ocupante da casa tome banho 2 vezes ao dia. Já para a torneira elétrica na cozinha, utilizou-se um uso médio de 4 vezes ao dia. Para implementação do sistema de

aquecimento solar, se faz necessário o uso de reservatório térmico (boiler). De acordo com os cálculos obtidos, chegou-se ao resultado final de 633,6L de consumo de água quente pelos moradores. A partir da tabela PBE – Reservatórios Térmicos de alta e baixa pressão (INMETRO, 2007), foi feita a escolha do reservatório, o modelo de baixa pressão de 800L. A partir das coletas de dados de consumo, todos os dados foram inseridos no *software RETScreen* – sistema de gerenciamento de energia limpa para eficiência energética, energia renovável e análise de viabilidade de projetos de cogeração, bem como análise contínua de desempenho energético, Retscreen Expert (RETScreen, 2019), como mostra a Figura 3.

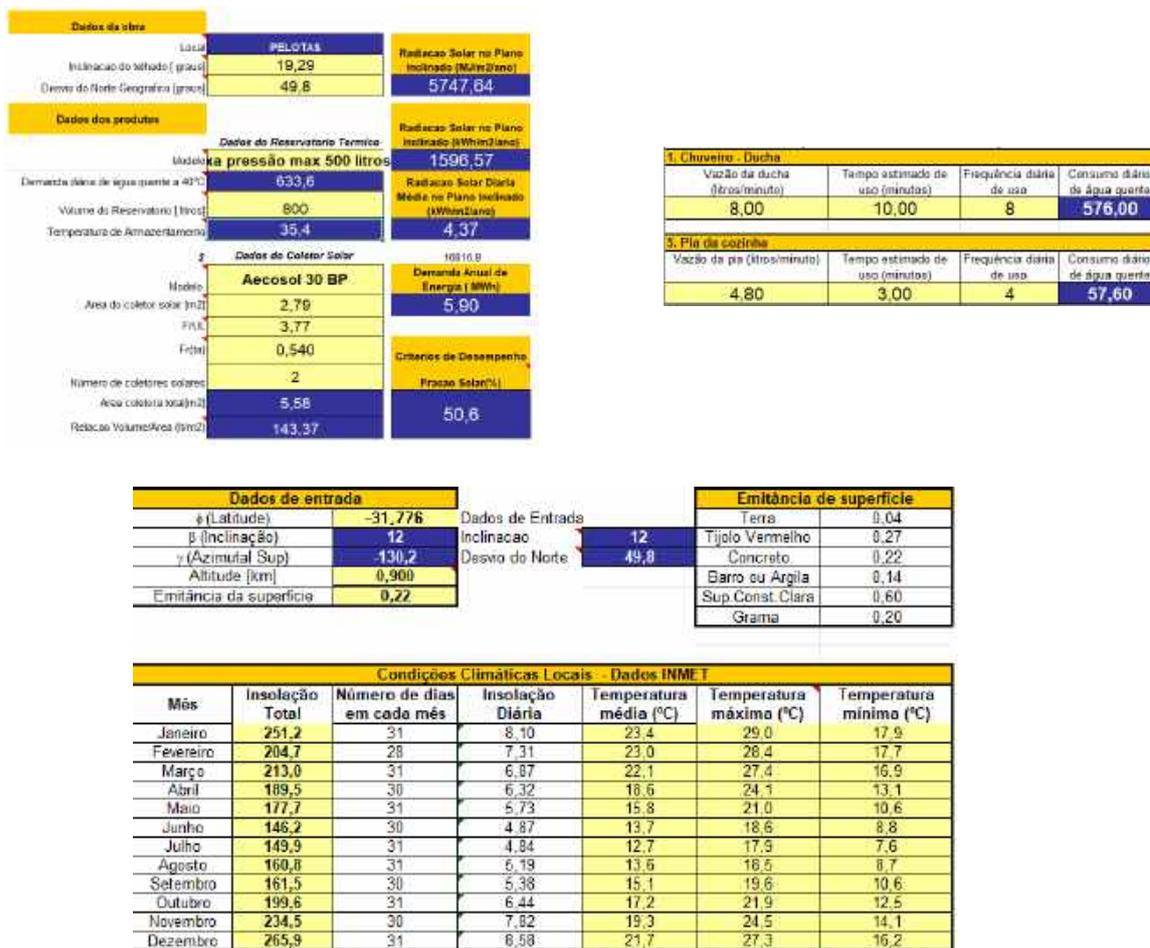


Figura 3: Aplicação de dados no *software* Retscreen. (Autores, 2018)

Considerando as coordenadas do local de estudo, após o dimensionamento do aquecimento solar, através do *Retscreen*, foram gerados os resultados, mostrando dados relativos ao consumo e fator solar da região estudada. Referente ao consumo de água quente total, a maior porcentagem se dá no banho, pelo uso das duas duchas elétricas que têm um consumo de 91% de toda água quente usada na habitação, deixando apenas 9% para o uso de torneira elétrica existente na cozinha.

No que diz respeito à média mensal da radiação global no plano dos coletores solares, os níveis mais altos são atingidos nas estações de verão, momento em que se obtém as maiores temperaturas. Essas são as épocas em que o sistema se torna mais eficiente devido a quantidade de energia absorvida pelos coletores. O sistema proposto contou com a inclinação e desvio azimutal em relação ao norte, acompanhados pelas características da edificação, declarados dos ‘Dados da Obra’, conforme visualizado na Figura 3. O gráfico da Figura 4 apresenta resultados semelhantes no que diz respeito aos níveis anuais atingidos pela fração solar mensal nos coletores dimensionados na Série 1 (em azul), e na Série 2 é comparada a curva de um sistema ótimo que sugere um ângulo de inclinação de 41° e sem desvio azimutal.

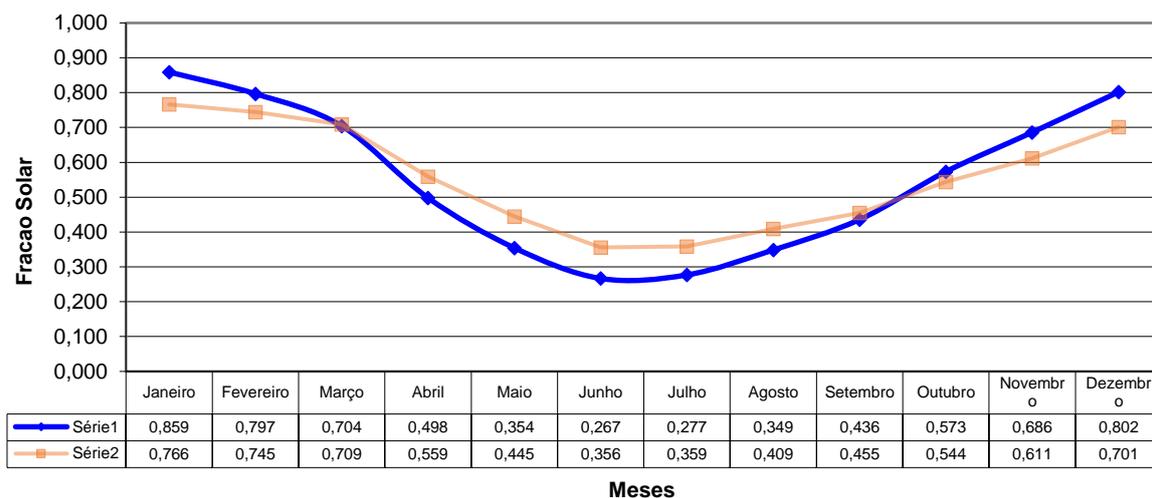


Figura 4: Fração solar mensal. (Retscreen)

3.2. Energia Solar Fotovoltaica

Para a definição dos sistemas de energia solar fotovoltaica, foram avaliados três casos, e mais um para o sistema de aquecimento d'gua, totalizando quatro casos. No primeiro (Caso 01) o sistema fotovoltaico foi dimensionado para suprir toda a demanda energética da edificação, na qual o aquecimento de água é através do chuveiro elétrico. A partir dos dados levantados como: orientação solar, inclinação, tipo de telhado e respectiva área, foi dimensionado o montante de 8 módulos fotovoltaicos de 340 Wp, e cotado seus custos para viabilidade da sua instalação. O dimensionamento do sistema se deu através do método prescritivo, em que analisou-se a área para implantação dos módulos, logo, identificando a orientação, inclinação e a potência do sistema cuja é diretamente proporcional à área de aplicação, fez-se uma estimativa de geração com base nos dados de radiação solar do Atlas Brasileiro de Energia Solar, e informado através do *software* Radiasol. A Figura 5 traz a relação da radiação diária por hora, nos doze meses do ano, com uma inclinação de 19° e um desvio azimutal de 50°.

| | JAN | FEV | MAR | ABR | MAI | JUN | JUL | AGO | SET | OUT | NOV | DEZ |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 4:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5:30 | 58 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 41 | 68 |
| 6:30 | 209 | 171 | 86 | 25 | 0 | 0 | 0 | 0 | 68 | 111 | 186 | 220 |
| 7:30 | 398 | 372 | 253 | 166 | 103 | 60 | 72 | 124 | 246 | 271 | 372 | 408 |
| 8:30 | 584 | 580 | 444 | 344 | 262 | 186 | 206 | 281 | 454 | 448 | 558 | 590 |
| 9:30 | 719 | 736 | 605 | 510 | 423 | 321 | 347 | 437 | 631 | 593 | 696 | 721 |
| 10:30 | 795 | 822 | 700 | 617 | 535 | 423 | 452 | 544 | 735 | 677 | 774 | 795 |
| 11:30 | 821 | 848 | 730 | 654 | 576 | 466 | 494 | 583 | 765 | 705 | 800 | 821 |
| 12:30 | 792 | 812 | 701 | 624 | 546 | 444 | 471 | 556 | 727 | 683 | 772 | 793 |
| 13:30 | 714 | 722 | 618 | 535 | 456 | 367 | 391 | 472 | 629 | 611 | 694 | 715 |
| 14:30 | 594 | 584 | 488 | 401 | 324 | 257 | 276 | 347 | 480 | 495 | 575 | 598 |
| 15:30 | 441 | 414 | 329 | 249 | 184 | 140 | 153 | 208 | 308 | 348 | 422 | 447 |
| 16:30 | 279 | 241 | 176 | 112 | 62 | 38 | 46 | 85 | 149 | 201 | 261 | 287 |
| 17:30 | 137 | 104 | 58 | 10 | 0 | 0 | 0 | 36 | 82 | 125 | 145 | 58 |
| 18:30 | 39 | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 | 48 | 10 |
| 19:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 20:30 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | 6580 | 6412 | 5188 | 4247 | 3471 | 2702 | 2908 | 3637 | 5228 | 5225 | 6302 | 6656 |

Figura 5: Radiação solar mensal por hora no ano. (Radiasol)

Com capacidade de produção definida pelo dimensionamento, é feita uma comparação energética, na Figura 6, com o valor médio de consumo de três residências iguais, e com quatro habitantes cada, e , cujo intuito da análise é verificar se há a viabilidade técnica do sistema de geração em relação a um consumo estimado para uma edificação nessas características.

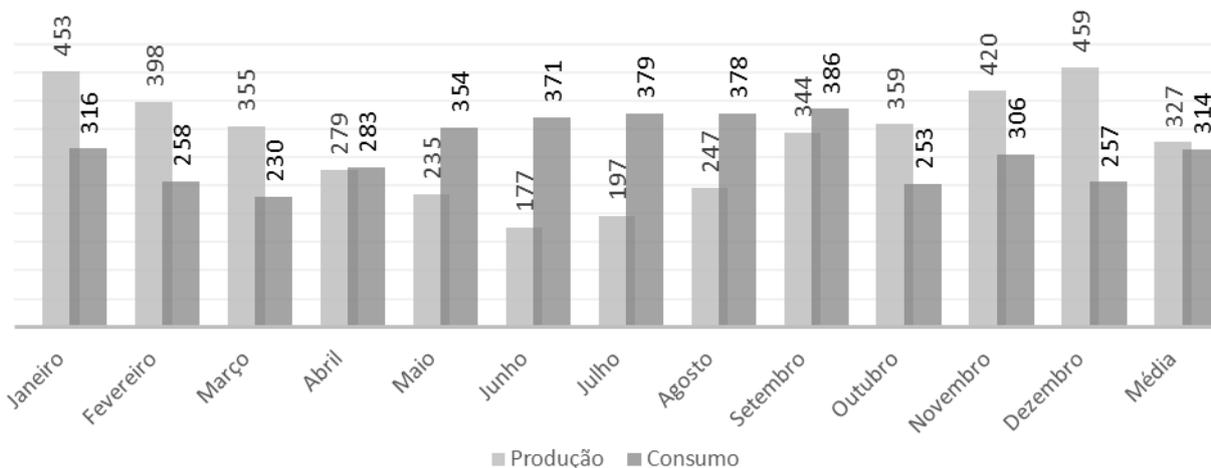


Figura 6: Consumo e capacidade de produção fotovoltaica em quilowatt-hora por mês (kWh/mês).

No segundo caso (Caso 02) foi dimensionado um sistema solar de aquecimento d'água e um sistema fotovoltaico que produzirá o montante de 64% do consumo da unidade, já que 36% da energia era destinada ao aquecimento d'água, segundo Altoé (2012). Os custos foram somados e apresentados nas discussões do trabalho.

O Caso 03, é composto apenas por um sistema solar de aquecimento d'água, sem fazer uso do sistema solar fotovoltaico.

Já num quarto caso (Caso 04), o sistema solar fotovoltaico deverá suprir apenas o necessário para atender o consumo d'água (36% do total). Então, considerando que deverá ser suprida uma demanda de consumo energético de 1.356 kWh, estimou-se que para atendimento deste modelo, a edificação deve contemplar um sistema com potencial de 1,0 kWp que deverá obter um total de 3 módulos de 340 Wp, considerando as características de irradiação no local e analisando a cobertura com angulação de 12° e um desvio azimutal 49,8° orientado para Noroeste.

4. RESULTADOS

Após o dimensionamento dos sistemas propostos, fez-se um levantamento no mercado a fim de coletar informações de custos das tecnologias. Os valores obtidos foram com base em empresas localizadas na mesma região e que são especializadas nos diferentes segmentos. Dessa forma, para estes casos as empresas fizeram levantamento *in loco* a fim de estimar adequadamente as variáveis dos projetos.

Após a análise, os resultados obtidos mostram que, para suprir a demanda de água quente da residência, tendo em vista a utilização de duas duchas e uma torneira elétrica, é necessário o uso de dois coletores e a instalação de um reservatório térmico de 800 litros. Um fator agravante que deve ser ressaltado é a readequação hidráulica da residência, havendo necessidade de reformas internas para instalação da tubulação de água quente, o que acarretará em mais custos. Esse sistema consegue suprir um total de 36% da conta de luz, referente apenas ao uso exclusivo de água quente, restando ainda um gasto mensal de 64%.

Na Figura 7 e 8, vê-se que há uma curva que caracteriza o retorno financeiro de investimento de cada um dos casos estudados, o que é representado pela legenda em azul. Da mesma forma, também é feito um comparativo individual, em que o valor bruto dos sistemas, ao invés de adquirir algum dos sistemas propostos no trabalho, é aplicado na poupança.

Na Figura 7, o gráfico faz um comparativo econômico considerando que o sistema solar fotovoltaico proposto supri toda a demanda energética da residência, no qual foi dimensionado no decorrer do artigo, e portanto seu custo total é de R\$ 22.420,00 (valor cotado com empresa da região que considera os equipamentos para geração, como também a mão de obra para instalação). Para este caso não há presença de sistema de aquecimento d'água.

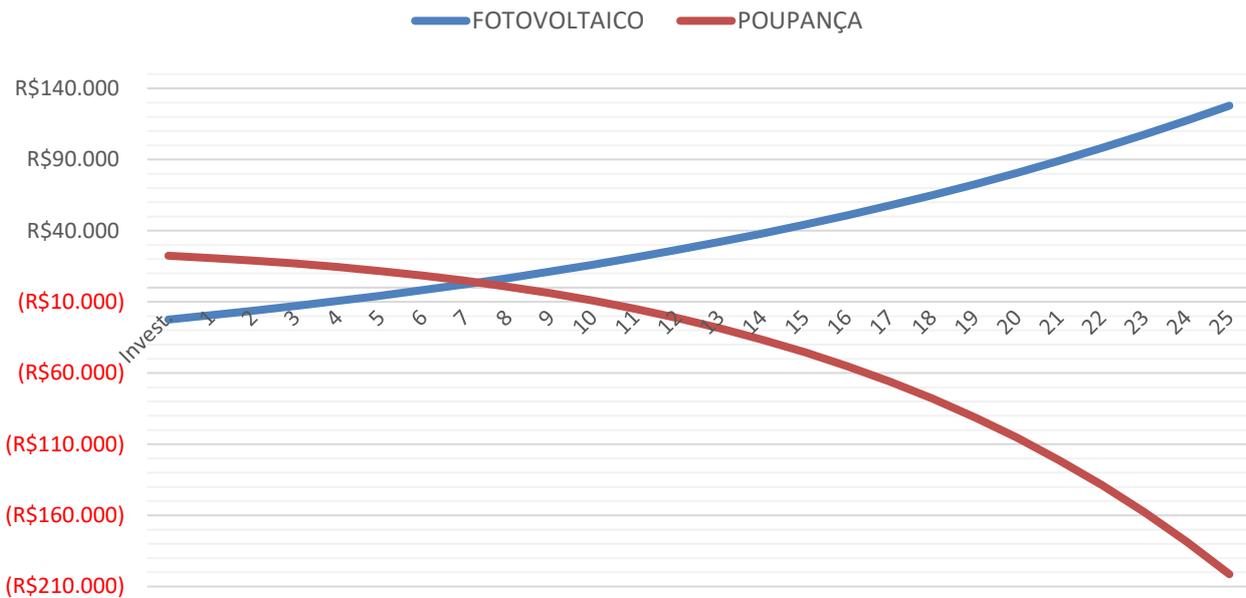


Figura 7: Comparativo de investimentos: Fotovoltaico vs. Poupança. (Autores)

A Figura 8, da mesma forma como demonstrado anteriormente, faz um comparativo de investimento. Neste contexto, o sistema fotovoltaico é substituído por um sistema composto, ou seja, há na edificação um aquecedor solar d'água dimensionado para atender um percentual do consumo de energia, substituído as resistências elétricas do chuveiro e torneira, e o restante percentual de consumo de energia elétrica é aplicado um sistema solar fotovoltaico. Neste cenário, o custo do sistema de aquecimento d'água mais o custo do sistema fotovoltaico instalado de forma parcial, comparando ao caso anterior, deverá custar aproximadamente R\$ 28.027,00, cujo levantamento de preço também foi feito através de orçamento de empresa da região.

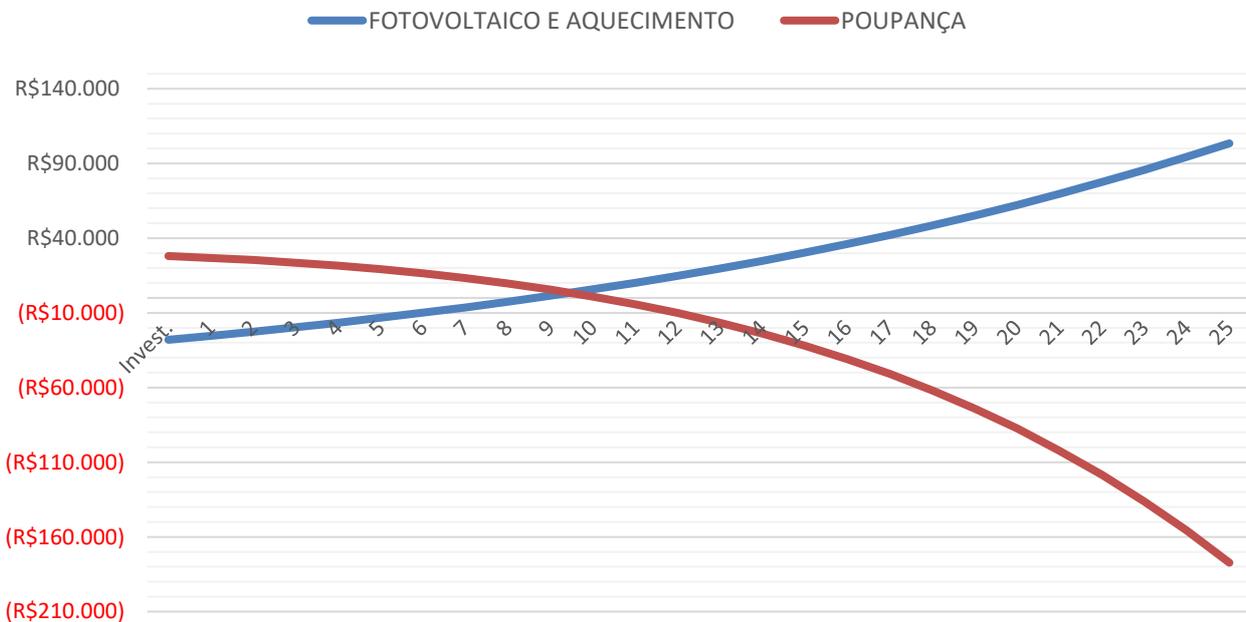


Figura 8: Comparativo de investimentos: Fotovoltaico e Aquecimento vs. Poupança. (Autores)

Apesar do retorno financeiro do Caso 01 acontecer num tempo menor que o Caso 02, ambos se mostram como sendo atrativos do ponto de vista financeiro, até porquê quando ambos os casos são relacionados individualmente, como um possível rendimento em poupança, há uma degradação do dinheiro, pois como mostra as curvas em laranja nos respectivos gráficos, têm-se funções decrescentes no médio e longo prazo.

Como descrito anteriormente, 36% do consumo de energia é transformado em energia térmica para aquecimento d'água da residência. Contudo, a estimativa feita para custear toda a instalação de um sistema que fosse somente aquecer a água, foi cotada em um valor de R\$ 8.800,00, considerando os equipamentos como: placas solares, acumuladores, boiler e encanamentos, contemplando o valor da instalação. Entretanto, para o caso das unidades de habitação de interesse social não há encanamento previsto para atendimento de água quente, o que geraria um custo aproximado de R\$ 2.000,00, conforme levantamento feito pela mesma empresa instaladora do sistema de aquecimento d'água.

Dessa forma, a Figura 9 apresenta um comparativo em que foi aplicado somente um sistema de aquecimento d'água para suprimento de tal demanda e comparou-se com o mesmo investimento em poupança, como já citado anteriormente neste artigo. Neste caso, os valores identificam que seria economicamente vantajoso a aplicação do sistema de aquecimento d'água, apesar de toda a readequação de infraestrutura da edificação. Da mesma forma, se os valores fossem aplicados em poupança com rendimento de 0,6% ao mês, ao invés de serem investido no sistema, pode-se considerar um investimento financeiramente inviável, ou seja, em cerca de 10 anos o se perderia todo o capital investido.

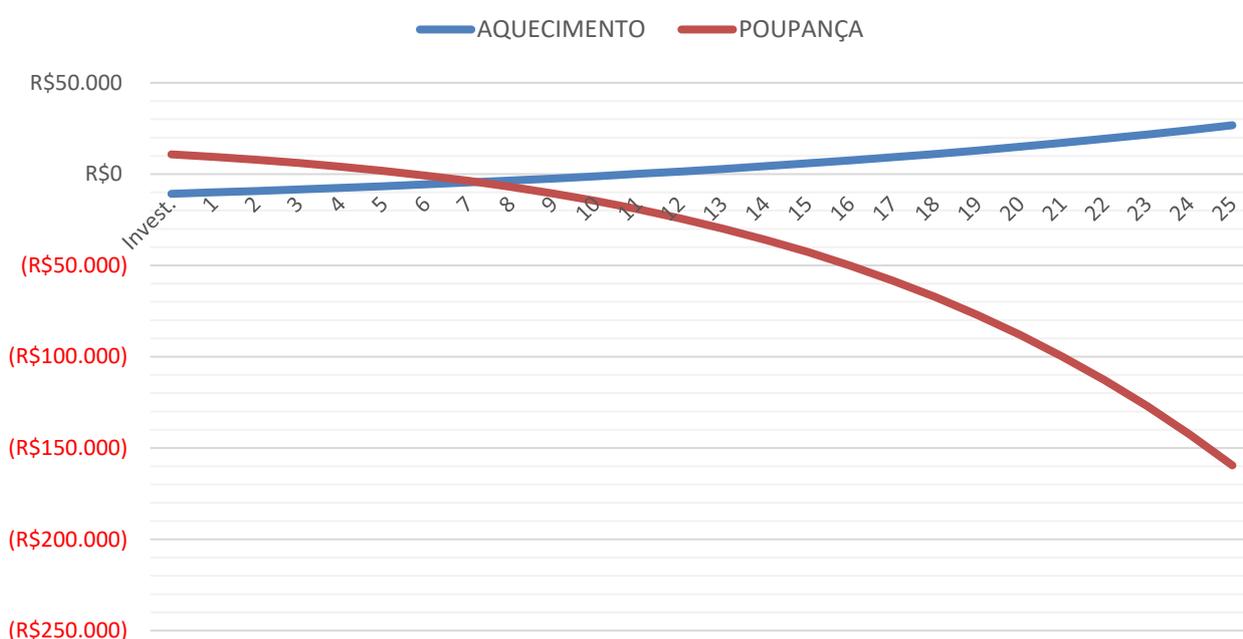


Figura 9: Comparativo de investimentos: Fotovoltaico parcial vs. Poupança. (Autores).

Num último cenário, para fins de obter cenários amplos para diferentes análises, dimensionou-se um sistema solar fotovoltaico que somente fosse capaz de gerar energia elétrica para 36% do consumo total da residência. O intuito desta análise se dá para comparar o uso deste sistema para a mesma função do sistema solar de aquecimento d'água. No entanto, para um sistema fotovoltaico o custo total para aquisição dos equipamentos conjunto à instalação, seria de R\$ 16.747,00, o que acarreta em aumento de custo de 55% a mais que o sistema coletor solar para água, e que ocasionaria num previsto na Figura 10.

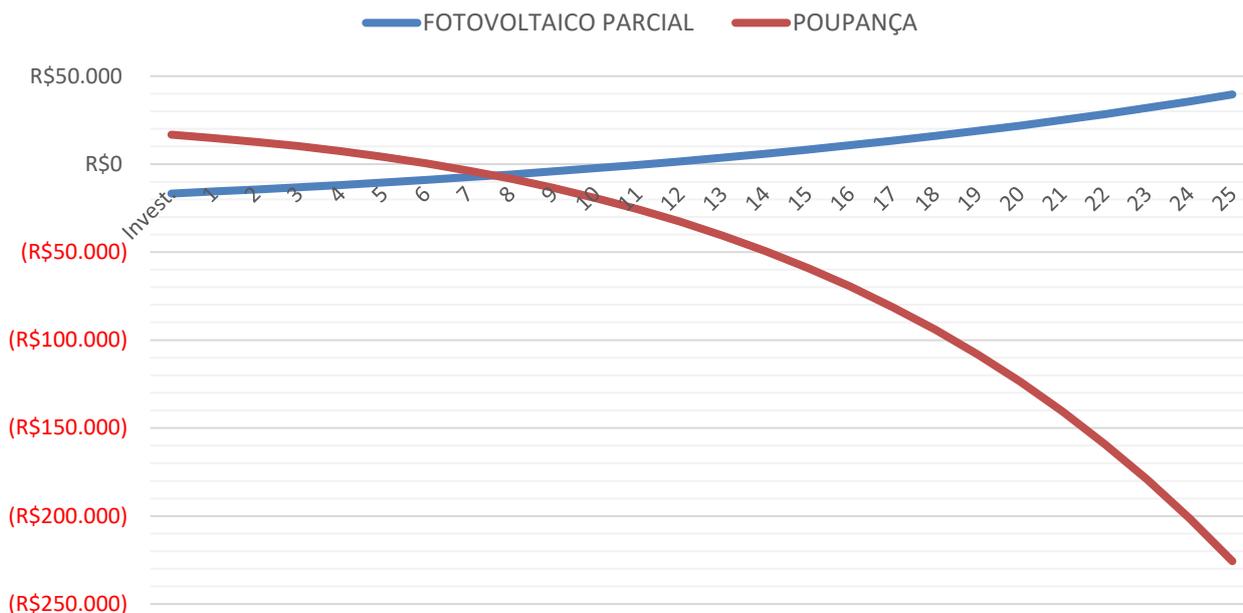


Figura 10: Comparativo de investimentos: Aquecimento solar vs. Poupança (Autores).

Dessa forma, verifica-se que, para suprir a demanda de água quente, os módulos fotovoltaicos não são eficientes economicamente quando comparados aos coletores, que apresentaram um custo e um retorno mais favoráveis.

Em suma, o sistema com módulos fotovoltaicos que supre a demanda de consumo de toda a habitação se mostrou com o melhor custo benefício. Esse sistema apresentou um investimento total de R\$ R\$ 22.420,00, o dobro do sistema aquecimento de água, porém, sendo um sistema de conversão de energia elétrica, com a instalação de 5 módulos fotovoltaicos, com de capacidade total de 1,7 kWp, supre a demanda total de 100% da energia elétrica da casa, com um retorno de até 6 anos. Outra vantagem é o fato de se tratar de um sistema que converte energia solar em energia elétrica e que não há necessidade reformas representativas para funcionamento do sistema.

Por fim, os ensaios mostraram que o pior resultado foi o uso misto dos sistemas. A utilização de módulos fotovoltaicos, suprimindo a demanda elétrica e a instalação de coletores solar com o reservatório térmico para aquecimento de água, apresentaram um custo total de R\$ 28.027,00 com um retorno de 10 anos.

5. CONCLUSÕES

Diante do cenário avaliado, uma residência de conjunto habitacional na cidade de Pelotas, ocupada por quatro pessoas, obtém-se resultados favoráveis ao uso de módulos fotovoltaicos, no que diz respeito a análises comparativas entre outros sistemas que têm a função de obter economia, ou aplicação de valor similar em poupança bancária que tenha um rendimento da atual conjuntura. Apesar de um custo mais elevado por parte do sistema fotovoltaico do que o sistema de aquecimento solar, ele acaba tornando-se mais viável pelo fato de que consegue suprir toda a demanda de energia elétrica da casa, sem necessidades de reformas, apenas adequações elétricas no quadro de distribuição. Este artigo ainda não avalia a relação de consumo de água, quando analisados ambos sistemas, já que pode existir uma variável de conforto no uso de água quente, através do sistema solar de aquecimento (principalmente para o banho), o que pode implicar numa diferença no tempo de uso, se comparado ao um chuveiro comum, podendo alterar a viabilidade econômica, ou até mesmo haver uma preferência por parte do usuário.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALTOÉ, Leandra et al. Análise energética de sistemas solares térmicos para diferentes demandas de água em uma residência unifamiliar. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 12, n. 3, p.75-87, jul. 2012.

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica. 482: Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Brasília: Aneel, 2012. 12 p. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>>. Acesso em: 17 abr. 2012.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE (Org.). Censo Demográfico: 2010. Disponível em : <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/97/cd_2010_familias_domicilios_amostra.pdf>. Acesso em: 22 de jul. 2019.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. Ministério de Minas e Energia (Org.). Plano Decenal de Expansão Energética: 2026. 2017. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/0/PDE2026.pdf/474c63d5-a6ae-451c-8155-ce2938fbf896>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Governo Federal (Org.). Área dos Municípios. 2017. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias-novoportal/organizacao-do-territorio/estrutura-territorial/15761-areas-dos-municipios.html?t=destaques>>. Acesso em: 03 ago. 2018.

INMETRO (Org.). PBE- Coletor Solar aplicação Banho e Piscina. 2017. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/coletores-solares-banho-e-piscina.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2017b.

INMETRO. (Org.). PBE- Reservatórios Térmicos de alta e baixa pressão. 2017. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/consumidor/pbe/reservatorios-termicos-alta-baixa-pressao.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2017a.

INPE. INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. Atlas Brasileiro de Energia Solar. 2017. Disponível em: <http://ftp.cptec.inpe.br/labren/publ/livros/Atlas_Brasileiro_Energia_Solar_2a_Edicao.pdf>. Acesso em: 03 ago. 2018

MARTINS, F. R., PEREIRA, E. B. Estudo comparativo da confiabilidade de estimativas de irradiação solar para o sudeste brasileiro obtidas a partir de dados de satélite e por interpolação/extrapolação de dados de superfície. Revista Brasileira de Geofísica, São Paulo, v.29, p. 265-276, 2011

RETSscreen International, National Resources Canada, 26th April 2009, <http://www.retscreen.net/>. Acesso em: 01 de ago 2018.

SHC-IEA – SOLAR HEATING & COOLING PROGRAMME - INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (SHC-IEA). Solar Heat Worldwide – Global Market Development and Trends in 2018. Ed. 2019.