UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO ELÉTRICO COM APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

MARCELA DE LIMA AMARAL

Orientador: Prof. Dr. FLÁVIO EDUARDO GOMES DINIZ

Caruaru, Dezembro 2015.

MARCELA DE LIMA AMARAL

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO ELÉTRICO COM APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Área de concentração: Construção Civil

Orientador: Prof. Dr. Flávio Eduardo G. Diniz

Caruaru, Dezembro 2015.

Catalogação na fonte:
Bibliotecária - Simone Xavier CRB/4-1242

A485aAmaral, Marcela de Lima.
Análise da viabilidade econômica do projeto elétrico com aproveitamento de energia solar para residências unifamiliares. / Marcela de Lima Amaral. - Caruaru: O Autor, 2015.
46f. il. ; 30 cm.

Orientador: Flávio Eduardo Gomes Diniz
Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Engenharia Civil, 2015.
Inclui referências bibliográficas

1. Energia solar. 2. Análise econômica. 3. Fontes renováveis de energia. I. Diniz, Flávio Eduardo Gomes. (Orientador). II. Título

620 CDD (23. ed.) UFPE (CAA 2015-235)

MARCELA DE LIMA AMARAL

ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICA DO PROJETO ELÉTRICO COM APROVEITAMENTO DE ENERGIA SOLAR PARA RESIDÊNCIAS UNIFAMILIARES

Trabalho de Conclusão de Curso a ser apresentado ao Curso de Engenharia Civil do Centro Acadêmico do Agreste - CAA, da Universidade Federal de Pernambuco - UFPE, como requisito para a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II.

Área de concentração: Construção Civil

A banca examinadora composta pelos professores abaixo, considera a candidata MARCELA DE LIMA AMARAL aprovada com NOTA____.

Caruaru, 11 de dezembro de 2015.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Flávio Eduardo Gomes Diniz _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Orientador)

Prof. Dr. Humberto Correia Lima Júnior _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinador)

Profa. Dra. Michele Mara de Araújo E. Lima_____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Examinadora)

Profa. Dra. Sylvana Melo dos Santos _____
Universidade Federal de Pernambuco – UFPE (Coordenadora da disciplina)

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus que me guiou e me deu forças durante esta longa caminhada, não me deixando desistir.

Aos meus pais e irmã que me acompanharam desde o início desta trajetória, sempre torcendo por mim.

Aos meus pais de coração Fabrícia e Eronides, que mesmo longe sempre estiveram comigo, aconselhando e dando forças.

Aos meus amigos e namorado que me foram companheiros, compartilhando momentos bons e ajudando em momentos ruins.

Aos professores do curso de Engenharia Civil – UFPE/CAA pela paciência, dedicação e ensinamentos, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Flávio Diniz, que me aconselhou nos momentos de dúvidas e acreditou na minha proposta.

Por fim, agradeço a todos que fizeram parte desta longa caminhada e acreditaram que este momento chegaria.

RESUMO

Diante da atual crise energética, o uso de fontes renováveis de energia está sendo amplamente utilizada em todo o país. A energia solar é uma alternativa para solucionar essa crise, já que é uma fonte renovável e não poluidora. O presente trabalho aborda a viabilidade econômica o uso da energia solar como fonte de energia elétrica usando placas fotovoltaicas para residências unifamiliares de padrões R1-B, R1-N e R1-A. Inicialmente são apresentadas tabelas para o cálculo do consumo e dimensionamento das placas, feitas de acordo com cada padrão de residência. Em seguida é feita a análise econômica de cada investimento e encontrado o tempo de retorno dos mesmos. O investimento para a instalação do sistema fotovoltaico na residência de padrão R1-B foi de R$11.327,80, nas residências de padrão R1-N o investimento foi de R$30.356,70 e para o padrão R1-A o investimento foi R$ 43.105,70. Já o tempo de retorno para as residências de padrão R1-B foi de 12 anos e para residências de padrões R1-N e R1-A foram de 11 anos. O sistema apesar de bastante eficiente ainda é uma tecnologia de valor elevado, já que os materiais são em maioria importados, ficando vulnerável, portanto a oscilações do mercado financeiro.

Palavras-chave: Energia Solar; Placas Fotovoltaicas; Análise Econômica;

ABSTRACT

On the current energy crisis, the use of renewable sources of energy is being widely used in entire country. Solar energy is an alternative to solve the crisis , since it is a renewable and non-polluting. This paper addresses the economic viability of the use of solar energy as a power source using photovoltaic panels for single-family residences of standards R1- B, R1-N and R1 - A. Initially tables are presented for calculating the consumption and dimensioning of the plates made in accordance with each residence pattern. This is followed by the economic analysis of each investment, and found the turnaround time from them. The investment for the installation of the photovoltaic system on the R1- B residence pattern was R $ 11,327.80, in standard residences R1 -N investment was R $ 30,356.70 and the R1 -A standard investment was R $ 43,105 70. But the turnaround time for standard residences R1- B was 12 years and for residences R1 -N standards and R1 -A were 11 years. The system although very effective is still a high value technology, since the materials are mostly imported , being vulnerable , so the fluctuations in the financial market.

Keywords: Solar energy. Photovoltaic Plates. Economic Analysis.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Variação da radiação solar no Brasil.....14
Figura 2– Potencial de utilização de energia solar na Terra.....15
Figura 3 – Potencial de utilização de energia solar no Brasil.....15
Figura 4– Sistema isolado de energia fotovoltaico.....17
Figura 5– Sistema de energia fotovoltaica conectada a rede.....18
Figura 6- Fluxo de caixa.....25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Projetos-padrão Residenciais 19
Tabela 2- Caracterização dos projetos-padrão 19
Tabela 3- Custo da tarifa de energia 27
Tabela 4- Simulação do consumo - R1-B 28
Tabela 5- Simulação do consumo - R1-N 29
Tabela 6-- Simulação do consumo - R1-A 30
Tabela 7- Simulação de dimensionamento de placas para residências padrão R1-B 32
Tabela 8-Simulação de dimensionamento de placas para residências padrão R1-N 32
Tabela 9- Simulação de dimensionamento de placas para residências padrão R1-A 32
Tabela 10- Custo para implantação do sistema para residências padrão R1-B 34
Tabela 11- Custo para implantação do sistema para residências padrão R1-N 34
Tabela 12- Custo para implantação do sistema para residências padrão R1-A 34
Tabela 13- Valores consumidos e economizados nas residências R1-B 35
Tabela 14- Valores consumidos e economizados nas residências R1-N 35
Tabela 15- Valores consumidos e economizados nas residências R1-A 36
Tabela 16- Análise Financeira do Investimento para Residências R1-B 38
Tabela 17- Análise Financeira do Investimento para residências R1-N 39
Tabela 18- Analise Financeira do Investimento para residências R1-A 40
Tabela 19- Análise comparativa para residências R1-B 41
Tabela 20- Análise comparativa para residências R1-N 41
Tabela 21- Análise comparativa para residências R1-A 41

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 10
1.1 Justificativa 11
1.2 Motivação 12
1.3 Objetivos 12
1.3.1 Objetivo Geral 12
1.3.2 Objetivos Específicos 12
2 REFERENCIAL TEÓRICO 13
2.1 Energia Solar 13
2.2 Radiação Solar 13
2.3 Energia Solar Fotovoltaica 16
2.4 Principais Componentes para o Sistema de Energia Fotovoltaica 16
2.5 Projetos Padrão da ABNT NBR 12.721/2006 18
2.6 Dimensionamento das Placas Fotovoltaicas 23
2.7 Avaliação Econômica do Investimento 23
2.8 Valor Presente (VP) 24
2.9 Fluxo de Caixa 24
3 METODOLOGIA 26
3.1 Simulação do Consumo Residencial Mensal 26
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 27
4.1 Projetos-Padrão 27
4.2 Cálculo do Consumo Residencial Mensal 27
4.3 Cálculo do Consumo Residencial Mensal 27
4.4 Dimensionamento das Placas Fotovoltaicas 31
4.5 Cálculo do Custo com a Implantação do Sistema Fotovoltaico 33
4.6 Viabilidade Econômica do Investimento 35
4.7 Análise Comparativa 41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS 42
REFERÊNCIAS 43
ANEXO A 45

1 INTRODUÇÃO

A energia elétrica é uma das formas de energia mais utilizadas no mundo, além de ser uma fonte de desenvolvimento social e econômico. Em algumas regiões, a energia elétrica é gerada principalmente nas usinas hidrelétricas, utilizando a força da água, podendo também ser produzida em usinas eólicas, termoelétricas, solares e nucleares. Sua grande aplicabilidade e versatilidade fazem com que seu uso seja imprescindível para todos os setores produtivos existentes em um país.

No Brasil, a energia elétrica é produzida quase em sua totalidade através das usinas hidrelétricas, com a necessidade de recursos naturais, a água, para a sua obtenção. As chuvas irregulares e até mesmo a falta de chuvas em algumas regiões tem conduzido o Brasil a uma crise hídrica que, consequentemente, está afetando diretamente na produção de energia.

A crise energética e a busca por energias renováveis têm reacendido o debate sobre fontes alternativas de energia. Nesses debates, a energia solar vem ganhando cada vez mais espaço, uma vez que é de fácil implantação, possui custo de “manutenção baixo”, é uma fonte renovável e ideal para locais onde as radiações solares são abundantes. Mas no Brasil, país que pela área, geografia e localização, entre outros fatores, é potencialmente favorável para o desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos, existe um atraso nesta área em relação a outros países (LANDIN, 2010).

A energia solar se caracteriza como inesgotável e é considerada uma alternativa energética muito promissora para enfrentar os desafios da expansão da oferta de energia e com menor impacto ambiental.

Segundo a Neosolar, há três tipos de captação da energia solar: Sistema solar térmico, onde a energia é captada através de painéis solares térmicos; Sistema solar fotovoltaico, em que a energia elétrica e gerada através das chamadas células fotovoltaicas e Sistema termossolar, que produzem inicialmente calor, através de espelhos (ou concentradores) que concentram a radiação solar e então transformam este calor em energia elétrica.

Das fontes de energia renováveis, a energia solar fotovoltaica é a que mais cresce no mundo. Segundo Carvalho (2013), nos últimos anos, o Brasil tem concentrado alguns esforços no desenvolvimento de estudos para aproveitamento do potencial energético fotovoltaico. Nesse sentido, a disponibilidade de radiação solar em território brasileiro fora estimada através do Atlas Solarimétrico Brasileiro (2000) e do Atlas de Irradiação Solar no Brasil (1998). Mais recentemente, em 2006, o INEP (Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas) publicou, no Brasil, o Projeto SWERA (*Solar and Wind Energy Resource*

Assessment), o Atlas Brasileiro de Energia Solar onde se percebe, claramente, que as maiores médias anuais de irradiação encontram-se no semiárido nordestino, embora as demais regiões, com menores taxas, disponham de grande potencial de aproveitamento energético.

Para a implantação de um sistema de aproveitamento solar é necessário uma análise prévia do consumo de energia elétrica da residência. Para que essa análise seja feita é de total importância a existência de um projeto elétrico. Nesse projeto devem estar especificadas as potências de cada equipamento da residência, além da carga total que será consumida. É a partir daí que as placas serão dimensionadas.

Existem vários tipos de edificação, unifamiliares, multifamiliares e de interesse social. Segundo a NBR 12721 (2006) elas são classificadas de acordo com suas características principais e acabamentos em padrões tipo baixo, normal e alto. Para esse estudo serão analisadas edificações unifamiliares de padrão baixo (R1-B), normal (R1-N) e alto (R1-A).

1.1 Justificativa

Com a crise hídrica que afeta não só o Brasil, mas também o mundo, o uso de fontes renováveis de energia vem sendo cada vez mais procuradas. A energia solar é uma fonte de energia que tem como principal fator a não modificação do equilíbrio térmico da terra, além de não ser necessária uma grande infraestrutura para a sua instalação. Apesar de seu uso ainda não ser tão extensivo, o crescimento de seu uso já é notável. De acordo com a ANEEL, dos anos de 1996 até 2006 seu uso aumentou de 2000%. Com relação à potência instalada, já atinge aproximadamente 13,9 mil MW, corresponde a mais da metade da capacidade instalada da hidroelétrica de Itaipu.

O Brasil é um país privilegiado em termos de radiação solar, o que torna o uso da energia solar viável em praticamente todo o território nacional. A região Nordeste, possui radiação comparável as melhores regiões do mundo nessa variável. Além disso, a crise hídrica nessa região é ainda mais acentuada. Tais fatores justificam a necessidade de investimentos e estudos para que o uso dessa forma de energia renovável seja difundido ainda mais. Um sistema eficiente que transforma radiação direta do sol em energia elétrica é o sistema fotovoltaico, que apesar de ser uma tecnologia razoavelmente recente, por volta de 1950, apresenta um alto grau de confiabilidade e vida útil dos equipamentos.

Segundo Abrava (2001), outro elemento incentivador dessa tecnologia é a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de conservação e Uso

Racional de Energia que visa a alocação de diversos recursos energéticos e a preservação do meio ambiente e também a divulgação da eficiência nas edificações construídas no país.

1.2 Motivação

No Brasil, a energia elétrica é gerada na maioria dos casos por usinas hidroelétricas. No entanto, a atual crise hídrica vem ocasionando também uma crise energética, fazendo com que o custo da energia tenha aumentado consideravelmente no início do ano de 2015.

Diante da atual situação de crise hídrica e energética, é necessário buscar formas sustentáveis para a produção de energia. Tal fato incentivou esse estudo, que irá avaliar o projeto elétrico utilizando o aproveitamento da energia solar usando placas fotovoltaicas em residências.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo Geral

O principal objetivo desse estudo é avaliar a viabilidade econômica do projeto elétrico com uso da energia solar utilizando placas fotovoltaicas em residências unifamiliares de diferentes padrões.

1.3.2 Objetivos Específicos

- ✓ Calcular o custo e o consumo de energia elétrica em residências unifamiliares dos padrões R1-B, R1-N e R1-A.
- ✓ Calcular o custo com a implantação do sistema de aproveitamento solar em cada tipo de residência.
- ✓ Analisar o tempo de retorno do investimento no sistema de aproveitamento de energia solar com o uso das placas fotovoltaicas

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia Solar

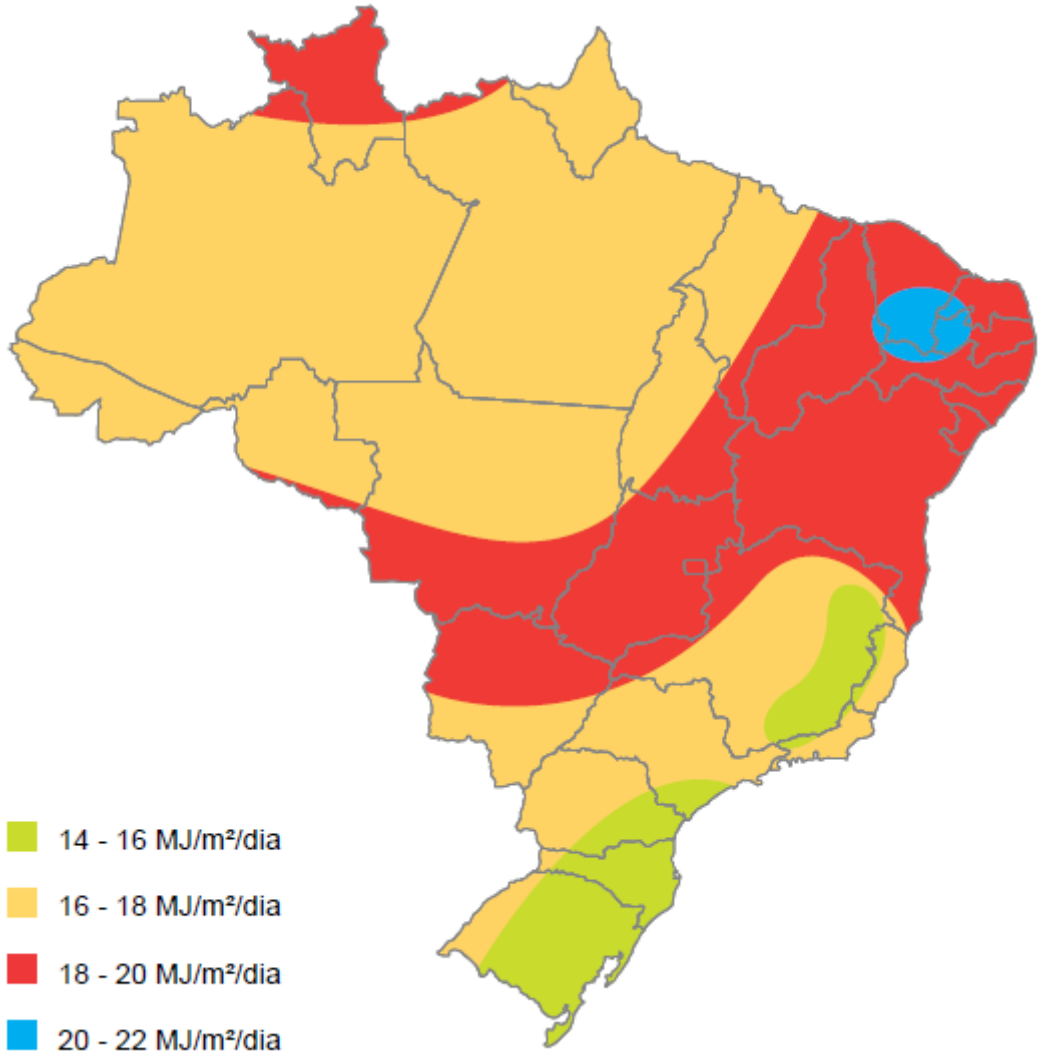
A energia solar, como o próprio nome já diz, é uma energia que vem do sol, uma fonte intermitente cuja utilização para geração de energia elétrica pode ser bem aproveitada em regiões de clima tropical como o Brasil, onde os níveis de radiação solar são excelentes. De acordo com a Neosolar, para se ter uma ideia, em apenas um segundo, o sol produz mais energia (internamente) que toda energia usada pela humanidade desde o começo dos tempos. Esta energia pode ser aproveitada de diversas maneiras. Além das formas mais simples como secagem de produtos e aquecimento de água (energia térmica solar) pode-se utilizá-la também para produzir eletricidade (eletricidade solar ou energia fotovoltaica).

Conforme dados da ANEEL (2010), entre os vários processos de aproveitamento da energia solar, os mais usados atualmente são o aquecimento de água e a geração fotovoltaica de energia elétrica. No Brasil, o primeiro é mais encontrado nas regiões Sul e Sudeste, devido às características climáticas, e o segundo, nas regiões Norte e Nordeste, em comunidades isoladas da rede de energia elétrica.

2.2 Radiação Solar

De acordo com a ANEEL (2010), assim como ocorre com os ventos, o Brasil é privilegiado em termos de radiação solar. Essa radiação varia de 8 a 22 MJ (megajoules) por metro quadrado (m^2) durante o dia, sendo que as menores variações ocorrem nos meses de maio a julho, variando de 8 a 18 MJ/m^2. Na Figura 1 ilustra-se essa variação.

Figura 1– Variação da radiação solar no Brasil



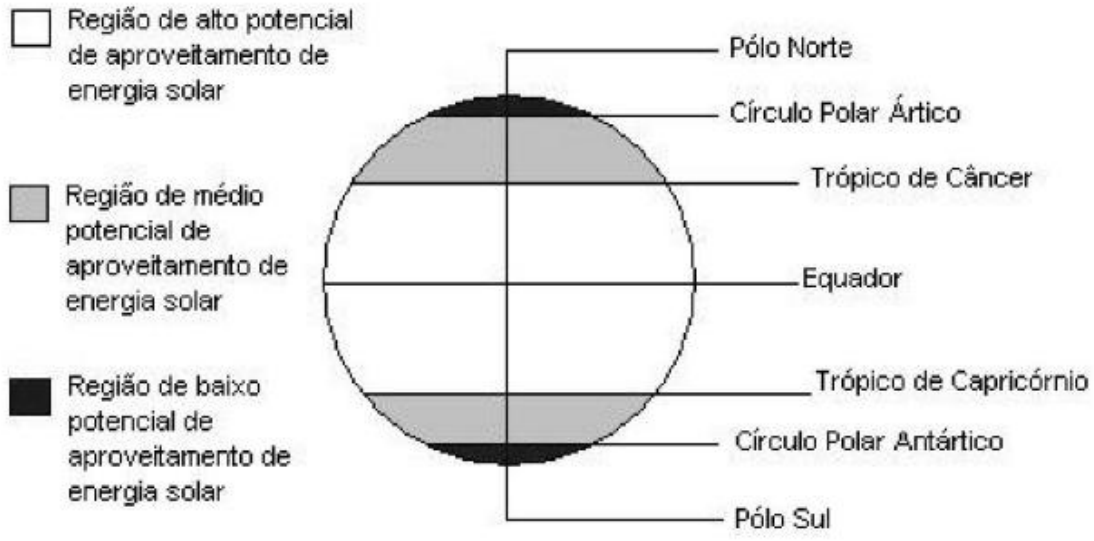
Fonte: EPE, (2007).

É importante ressaltar que mesmo as regiões com baixa variação de energia solar apresentam bons potenciais de aproveitamento.

Segundo Manual de Energia Alternativa do Centro de Pesquisas de Energia Elétrica – CEPEL (2001 apud Sáles, 2008), o potencial de aproveitamento da energia solar de uma determinada região é determinado, principalmente, em função de sua localização no Globo Terrestre. As regiões localizadas entre os círculos polares e os trópicos podem ser consideradas como de médio potencial de energia solar e as regiões localizadas entre as linhas tropicais podem ser consideradas de alto potencial. Na Figura 2 representa-se esta situação. O Brasil encontra-se em uma região entre os trópicos e próxima à linha do Equador, sendo

privilegiado pelos elevados índices solarimétricos, fator determinante para o crescente aproveitamento da energia solar.

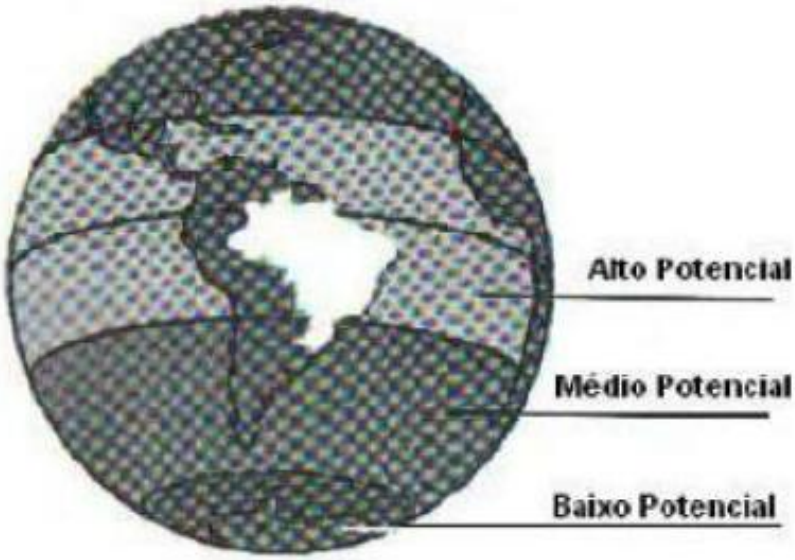
Figura 2– Potencial de utilização de energia solar na Terra



Fonte: Sales, (2008).

Na Figura 3 pode-se ver que o Brasil possui grande parte de seu território (cerca de 90%) na região considerada de alto potencial de energia solar.

Figura 3 – Potencial de utilização de energia solar no Brasil



Fonte: Sales, (2008)

2.3 Energia Solar Fotovoltaica

Segundo Landin (2010), ao conjunto de células fotoelétricas chama-se Placa Fotovoltaica cujo uso hoje é bastante comum em lugares afastados da rede elétrica convencional. O sistema de energia solar fotovoltaico é obtido através da conversão direta de luz em energia elétrica. O efeito fotovoltaico foi descoberto pela primeira vez em 1839 por Edmond Becquerel. Entretanto, só após 1883 que as primeiras células fotoelétricas foram construídas, por Charles Fritts.

A conversão direta de energia solar em corrente elétrica permite que esta seja utilizada com sua ligação feita diretamente a rede ou conectada a baterias, podendo ser utilizada como única forma de eletrificação ou como uma maneira complementar paralela a rede pública.

Segundo a REN21 (Rede de Políticas de Energias Renováveis para o século 21), os sistemas fotovoltaicos conectados à rede continuaram a ser, em 2006 e 2007, a tecnologia de geração com maior crescimento no mundo.

2.4 Principais Componentes para o Sistema de Energia Fotovoltaica

Segundo o site neosolar.com.br existem dois tipos básicos de sistemas fotovoltaicos: Sistemas Isolados (Off-grid) e Sistemas Conectados à Rede (Grid-tie). Os sistemas isolados são aqueles que não se integram a rede elétrica e geralmente são utilizados em locais remotos ou onde o custo de acesso a rede é maior que o custo do próprio sistema. São utilizados em casas de campo, refúgios, iluminação, telecomunicações, bombeio de água, etc. Normalmente estes sistemas utilizam bateria para armazenar a energia.

Segundo o site solenerg.com.br, um sistema fotovoltaico de energia funcionando isoladamente é composto por um conjunto de módulos fotovoltaicos e por um conjunto de equipamentos complementares, incluindo baterias, controladores de carga e inversores.

Os painéis fotovoltaicos fazem o papel de coração, “bombeando” a energia para o sistema. Podem ser um ou mais painéis e são dimensionados de acordo com a energia necessária. São responsáveis por transformar energia solar em energia em corrente contínua.

O Sistema Isolado (Off-Grid) é mostrado na Figura 4:

Figura 4– Sistema isolado de energia fotovoltaico

Fonte: Neosolar, (2013).

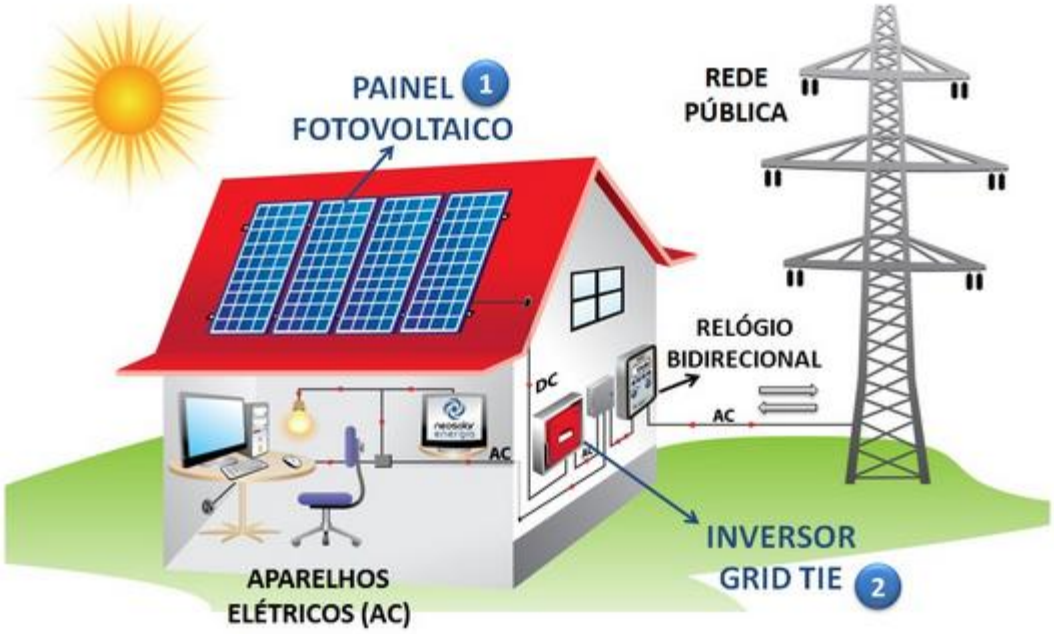
Segundo Biggi (2013), o controlador de carga é instalado entre os módulos e as baterias para gerenciar o processo de carga e descarga das baterias, evitando que as mesmas sejam sobrecarregadas ou descarregadas além de limites pré-determinados, aumentando assim sua vida útil. As baterias armazenam a eletricidade obtida da luz solar durante o dia, possibilitando o funcionamento das lâmpadas e dos aparelhos elétricos à noite ou em períodos nublados. Os inversores funcionam como cérebro do sistema, eles são responsáveis por transformar os 12 V de corrente contínua (CC) das baterias em 110 ou 220 V de corrente alternada (AC), ou outra tensão desejada. No caso de sistemas conectados, também são responsáveis pela sincronia com a rede elétrica.

Já os Sistemas Conectados à rede, substituem ou complementam a energia elétrica convencional disponível na rede elétrica. Segundo Biggi (2013), juntamente com a rede elétrica, um sistema fotovoltaico conectado à rede é um gerador de eletricidade que tem como combustível a energia solar. O painel fotovoltaico gera eletricidade em corrente contínua, e o inversor de frequência converte em corrente alternada e 'injeta' na rede elétrica. Antes de 'injetar' a energia, o inversor 'lê' os valores de voltagem e frequência da rede, para que não haja nenhuma 'modificação' na energia. Toda energia gerada é aproveitada pelo consumidor, sejam em residências, indústrias, comércios, etc, extraindo da rede elétrica somente quando os aparelhos eletrônicos começam a consumir mais do que o sistema fotovoltaico está gerando naquele momento. Quando o sistema fotovoltaico está gerando mais potência do que

necessita, toda a energia excedente 'automaticamente' sai pela rede. Nesse momento, o medidor de energia 'gira ao contrário' e o cliente têm um crédito energético aplicado a sua conta. Esse crédito poderá ser consumido em até 36 meses de acordo com a CELPE.

O sistema conectado a rede (Grid-tie) é mostrado na Figura 5:

Figura 5– Sistema de energia fotovoltaica conectada a rede



Fonte: Neosolar, (2013)

Existe hoje no Brasil a regulamentação por parte da ANEEL, (RN482/12), que permite o pleno funcionamento do sistema fotovoltaico conectado à rede assim como o sistema de compensação energético, habilitando o consumidor de energia elétrica das distribuidoras a produzirem sua própria energia e pagar apenas uma taxa mínima em sua conta de luz referente à acessibilidade a rede de distribuição elétrica.

2.5 Projetos-Padrão da ABNT NBR 12.721/2006

Segundo a ABNT NBR 12.721/2006, projetos-padrão são projetos selecionados para representar os diferentes tipos de edificações, que são usualmente objeto de incorporação para construção em condomínio e conjunto de edificações. Os projetos padrão são definidos de acordo com as seguintes características:

a) número de pavimentos;

b) número de dependências por unidade;

c) áreas equivalentes à área de custo padrão privativas das unidades autônomas;

d) padrão de acabamento da construção;

e) número total de unidades

Com relação às construções residenciais, a norma define três tipos de padrão:

Tabela 1 – Projetos-padrão Residenciais

Padrão Baixo	Padrão Normal	Padrão Alto
R-1	R-1	R-1
PP-4	PP-4	R-8
R-8	R-8	R-16
PIS	R-16	

Fonte: ABNT NBR 12.721, (2006).

Será mostrada a seguir, na Tabela 4, a caracterização completa dos projetos-padrão.

Tabela 2- Caracterização dos projetos-padrão

Sigla	Nome e descrição	Dormitórios	Área real (m^2)	Área equivalente (m^2)
R1-B	Residência unifamiliar padrão baixo: 1 pavimento, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque.	2	58,64	51,94
R1-N	Residência unifamiliar padrão normal: 1 pavimento, 3 dormitórios, sendo um suíte com banheiro, banheiro social, sala, circulação, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda (abrigo para automóvel).	3	106,44	99,47
R1-A	Residência unifamiliar padrão alto: 1 pavimento, 4 dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda (abrigo para automóvel).	4	224,82	210,44
RP1Q	Residência unifamiliar popular: 1 pavimento, 1 dormitório, sala, banheiro e cozinha.	1	39,56	39,56

PIS	Residência multifamiliar - Projeto de interesse social: Térreo e 4 pavimentos/tipo. Pavimento térreo: Hall, escada, 4 apartamentos por andar, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Na área externa estão localizados o cômodo da guarita, com banheiro e central de medição. Pavimento-tipo: Hall, escada e 4 apartamentos por andar, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço.	2	991,45	978,09
PP-B	Residência multifamiliar - Prédio popular - padrão baixo: térreo e 3 pavimentos-tipo. Pavimento térreo: Hall de entrada, escada e 4 apartamentos por andar com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço. Na área externa estão localizados o cômodo de lixo, guarita, central de gás, depósito com banheiro e 16 vagas descobertas. Pavimento-tipo: Hall de circulação, escada e 4 apartamentos por andar, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço.	2	1.415,07	927,08
PP-N	Residência multifamiliar - prédio popular - padrão normal: Pilotis e 4 pavimentos-tipo. Pilotis: Escada, elevador, 32 vagas de garagem cobertas, cômodo de lixo, depósito, hall de entrada, salão de festas, copa, 3 banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: Hall de circulação, escada, elevadores e quatro apartamentos por andar, com três dormitórios, sendo um suíte, sala de estar/jantar, banheiro social, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda.	3	2.590,35	1.840,45
R8-B	Residência multifamiliar padrão baixo: Pavimento térreo e 7 pavimentos-tipo. Pavimento térreo: Hall de entrada, elevador, escada e 4 apartamentos por andar, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque. Na área externa estão localizados o cômodo de lixo e 32 vagas descobertas. Pavimento-tipo: Hall de circulação, escada e 4 apartamentos por andar, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque.	2	2.801,64	1.885,51

R8-N	Residência multifamiliar, padrão normal: Garagem, pilotis e oito pavimentos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 64 vagas de garagem coberta, cômodo de lixo depósito e instalação sanitária. Pilotis: Escada, elevadores, hall de entrada, salão de festas, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: Hall de circulação, escada, elevadores e quatro apartamentos por andar, com três dormitórios, sendo um suíte, sala estar/jantar, banheiro social, cozinha, área de serviço com banheiro e varanda.	3	5.998,73	4.135,22
R8-A	Residência multifamiliar, padrão alto: Garagem, pilotis e oito pavimentos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 48 vagas de garagem coberta, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: Escada, elevadores, hall de entrada, salão de festas, salão de jogos, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: Halls de circulação, escada, elevadores e 2 apartamentos por andar, com 4 dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda.	4	5.917,79	4.644,79
R16-N	Residência multifamiliar, padrão normal: Garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 128 vagas de garagem coberta, cômodo de lixo depósito e instalação sanitária. Pilotis: Escada, elevadores, hall de entrada, salão de festas, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: Hall de circulação, escada, elevadores e quatro apartamentos por andar, com três dormitórios, sendo um suíte, sala de estar/jantar, banheiro social, cozinha e área de serviço com banheiro e varanda.	3	10.562,07	8.224,50

R16-A	Residência multifamiliar, padrão alto: Garagem, pilotis e 16 pavimentos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 96 vagas de garagem coberta, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pilotis: Escada, elevadores, hall de entrada, salão de festas, salão de jogos, copa, 2 banheiros, central de gás e guarita. Pavimento-tipo: Halls de circulação, escada, elevadores e 2 apartamentos por andar, com 4 dormitórios, sendo um suíte com banheiro e closet, outro com banheiro, banheiro social, sala de estar, sala de jantar e sala íntima, circulação, cozinha, área de serviço completa e varanda.	4	10.461,85	8.371,40
CSL-8	Edifício comercial, com lojas e salas: Garagem, pavimento térreo e 8 pavimentos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 64 vagas de garagem coberta, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pavimento térreo: Escada, elevadores, hall de entrada e lojas. Pavimento-tipo: Halls de circulação, escada, elevadores e oito salas com sanitário privativo por andar.	-	5.942,94	3.921,55
CSL-16	Edifício comercial, com lojas e salas: Garagem, pavimento térreo e 16 pavimentos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 128 vagas de garagem coberta, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pavimento térreo: Escada, elevadores, hall de entrada e lojas. Pavimento-tipo: Halls de circulação, escada, elevadores e oito salas com sanitário privativo por andar.	-	9.140,57	5.734,46
CAL-8	Edifício comercial andar-livre: Garagem, pavimento térreo e oito pavimentos-tipo. Garagem: Escada, elevadores, 64 vagas de garagem coberta, cômodo de lixo, depósito e instalação sanitária. Pavimento térreo: Escada, elevadores, hall de entrada e lojas. Pavimento-tipo: Halls de circulação, escada, elevadores e oito andares corridos com sanitário privativo por andar.	-	5.290,62	3.096,09
GI	Galpão industrial: Área composta de um galpão com área administrativa, 2 banheiros, um vestiário e um depósito.	-	1.000,00	-

Fonte: ABNT NBR 12.721, (2006).

2.6 Dimensionamento das Placas Fotovoltaicas

Para dimensionar um sistema fotovoltaico conectado à rede são necessários alguns dados básicos da residência como: potência necessária para suprir as necessidades mensais, tipo de sistema (mono ou trifásico) e o local da instalação para obter a irradiação da localidade. A potência e o tipo do sistema são encontrados no projeto elétrico da residência. Já a irradiação pode ser encontrada no site da CRESESB.

Segundo Siqueira (2013), com o conhecimento da capacidade do sistema (potência) é possível calcular quantos painéis serão necessários. Parte-se do consumo de energia em kWh da unidade consumidora - o sistema deve ser dimensionado para produzir no máximo 100% da energia média consumida. O tamanho do sistema também fica restrito à área disponível para instalação dos painéis.

Siqueira (2013) afirma que, a produção máxima se dará em função da disponibilidade de sol, da orientação e inclinação dos painéis. A melhor orientação é voltada para a linha do Equador (direção Norte, para a maioria dos Estados brasileiros). A inclinação dos painéis de maior produção é aquela onde a luz incide o mais perpendicular possível ao plano do painel e é função da latitude do local. A inclinação ótima pode variar se houver meses historicamente muito nublados. Por fim, recomenda-se inclinação mínima de 10º para evitar o acúmulo de água e facilitar a limpeza natural com a chuva.

A quantidade de painéis é determinada de acordo com a energia que se deseja produzir. O arranjo fotovoltaico (combinação dos painéis em série ou em paralelo) deverá ser compatível com o inversor utilizado. Para isso, as especificações técnicas dos painéis e inversores devem ser consultadas de modo a determinar o tamanho e a quantidade das séries de painéis, bem como a quantidade de inversores necessários.

2.7 Avaliação Econômica do Investimento

A escolha da utilização de sistemas de geração de energia solar ocorre principalmente pelo fator econômico, onde o uso do mesmo gera uma redução significativa nos gastos mensais com a conta de energia. Algumas análises devem ser feitas para determinar qual a real economia do sistema.

Para realizar a análise financeira são necessários que alguns dados do sistema de geração de energia sejam levados em consideração. Os principais lançamentos para a análise

do ciclo de vida do sistema de geração de energia fotovoltaica são o custo com a aquisição do sistema e as despesas com manutenção.

2.8 Valor Presente (VP)

Valor presente é o valor atual de pagamentos futuros descontados a uma taxa de juros apropriados.

$$VP = \frac{Ft}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Onde:

Ft – representa o valor do fluxo de caixa

i- taxa de juros adotada

n- representa os períodos

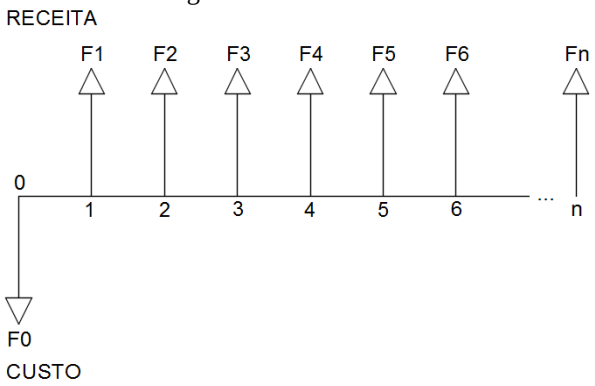
2.9 Fluxo de Caixa

Segundo Netto (1998), o estudo da matemática financeira é desenvolvido, basicamente, através do seguinte raciocínio: ao longo do tempo existem entradas de dinheiro (receitas) e saídas de dinheiro (custos) nos caixas das empresas e nas finanças das pessoas. Essa circulação de valores é denominada, em seu conjunto, fluxo de caixa.

No caso do sistema em questão, a receita será a economia com a energia mensalmente e os custos serão as despesas com a aquisição das placas e a manutenção quando necessária.

Conforme Sobrinho (2000), no eixo horizontal do fluxo de caixa é representado o tempo, subdividido em períodos unitários (dia, mês, trimestre, ano etc.), orientados da esquerda para a direita, de tal forma que todos os pontos são considerados como momentos futuros em relação ao ponto “zero”. Os recebimentos (entradas de caixa) são representados na parte superior do eixo horizontal, indicados por setas orientadas para cima; os pagamentos (saídas de caixa) são representados na parte inferior daquele eixo, indicados por setas orientadas para baixo. Caso haja pagamentos e recebimentos num mesmo ponto, poder-se-á representar somente a diferença entre os dois. Na Figura 6 exemplifica-se um fluxo de caixa.

Figura 6- Fluxo de caixa



Fonte: Do Autor, (2015).

3 METODOLOGIA

Para atingir os objetivos desejados pelo trabalho, foram escolhidas três residências unifamiliares que se encaixam nos padrões baixo (R1-B), normal (R1-N) e alto (R1-A). Foram desenvolvidos os projetos elétricos de cada residência seguindo os parâmetros da NBR 5410.

Com os dados de potência e tipo de sistema (monofásico ou trifásico) obtidos a partir do projeto elétrico, junto com os dados da radiação da região obtidos através do site da CRESESB, foram dimensionadas as placas fotovoltaicas. Concluído o dimensionamento foi feito o orçamento que mostrou os custos com a implantação do sistema. O valor de cada placa depende dos distribuidores.

Para realizar o estudo da viabilidade econômica do sistema de aproveitamento de energia solar com o uso de placas fotovoltaicas, foi necessário o consumo de cada residência para que se pudesse encontrar uma comparação da economia mensal.

Ao final do trabalho, foram apresentados os resultados da análise econômica através das simulações realizadas.

3.1 Simulação do Consumo Residencial Mensal

Para a simulação do consumo residencial foi elaborada uma planilha que calcula o custo e o consumo mensais de cada residência. Nesta tabela calcula-se separadamente o custo em reais de cada equipamento de acordo com o cômodo. As potências e o tempo de utilização de cada equipamento foram encontrados de acordo com pesquisas e escolhidos os valores mais próximos da realidade de cada tipo de residência.

O consumo em kWH/mês foi obtido multiplicando a potência do equipamento, o tempo de uso e o número de dias em 1 mês, fazendo-se as devidas transformações para que a conversão das unidades. A equação abaixo resume o cálculo:

$$\frac{kWh}{mês} = \frac{Potência(W)}{1000} * 30 * \frac{Tempo\ de\ uso\left(\frac{min}{dia}\right)}{60} \quad (2)$$

O custo mensal foi encontrado multiplicando o valor da tarifa mensal pelo consumo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Projetos-Padrão

Foram utilizados para este trabalho 3 tipos de projetos-padrão, R1-B, R1-N, R1-A. Os projetos escolhidos são de residências unifamiliares que encontram-se localizadas na cidade de Caruaru- PE. A localização dos projetos foi a mesma para que fosse usado o mesmo índice solarimétrico.

Os projetos escolhidos também se enquadram os padrões normatizados com relação a área e aos cômodos.

Os projetos elétricos de cada residência utilizada seguem no anexo A.

4.2 Cálculo da tarifa de energia

Para a simulação do consumo residencial é necessário que inicialmente seja feito o cálculo da tarifa de energia que é cobrada do consumidor. O cálculo do custo da tarifa final é a tarifa da empresa concessionária mais impostos como está demonstrado na Tabela 3. Os dados para o cálculo da tarifa final de energia foram obtidos a partir do site da CELPE.

Tabela 3- Custo da tarifa de energia

DADOS NECESSÁRIOS PARA CALCULAR O TEMPO DE RETORNO					
Custo da tarifa de energia			0,395	R$/kWH	
CLASSE	TARIFA (R$/kWH)	Pis/ Pasep(%)	Confins(%)	ICMS (%)	Custo Final do Consumidor (R$/kWH)
RESIDENCIAL	0,395	0,98	4,59	25	0,516

Fonte: Do Autor, (2015)

4.3 Cálculo do Consumo Residencial Mensal

Para o cálculo do consumo de cada residência, foi feita uma pesquisa dos equipamentos que são usados normalmente nas residências dos padrões utilizados neste trabalho (R1-B, R1-N, R1-A), do tempo médio de utilização de cada equipamento e da potência de cada um deles. As Tabelas 4, 5 e 6 resumem os resultados obtidos para as residências de padrões R1-B, R1-N, R1-A, respectivamente.

Tabela 4- Simulação do consumo - R1-B

SIMULAÇÃO DE CONSUMO RESIDENCIAL PARA RESIDÊNCIA PADRÃO R1-B

CÔMODO:	**COZINHA**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
SANDUICHEIRA	1	750	10	MIN/DIA	3,75	1,94
MICROONDAS	1	1200	10	MIN/DIA	6,00	3,10
LIQUIDIFICADOR	1	300	5	MIN/DIA	0,75	0,39
LÂMPADA FLUORESCENTE	1	9	300	MIN/DIA	1,35	0,70
GELADEIRA	1	130	600	MIN/DIA	39,00	20,12

CÔMODO:	**QUARTO**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
LÂMPADA FLUORESCENTE	2	9	100	MIN/DIA	0,90	0,46
COMPUTADOR	2	300	15	MIN/DIA	4,50	2,32
VENTILADOR	2	120	300	MIN/DIA	36,00	18,58

CÔMODO:	**BANHEIRO**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
CHUVEIRO	2	4400	8	MIN/DIA	35,20	18,16
LÂMPADA FLUORESCENTE	2	9	50	MIN/DIA	0,45	0,23

CÔMODO:	**SALA**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
TELEVISOR	1	75	110	MIN/DIA	4,13	2,13
LÂMPADA FLUORESCENTE	1	9	100	MIN/DIA	0,45	0,23
DVD	1	50	10	MIN/DIA	0,25	0,13

CÔMODO:	**LAVANDERIA**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
MÁQUINA DE LAVAR	1	350	10	MIN/DIA	1,75	0,90
LÂMPADA FLUORESCENTE	1	9	30	MIN/DIA	0,14	0,07

	CUSTO TOTAL MENSAL (R$)	**69,46**
	CONSUMO (kWH/Mês)	**134,61**

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 5- Simulação do consumo - R1-N

SIMULAÇÃO DE CONSUMO RESIDENCIAL PARA RESIDÊNCIA PADRÃO R1-N

CÔMODO:	**COZINHA**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
SANDUICHEIRA	1	750	10	MIN/DIA	3,75	1,94
MICROONDAS	1	1200	10	MIN/DIA	6,00	3,10
LIQUIDIFICADOR	1	300	5	MIN/DIA	0,75	0,39
FOGÃO ELÉTRICO	1	6000	30	MIN/DIA	90,00	46,44
LÂMPADA FLUORESCENTE	1	9	300	MIN/DIA	1,35	0,70
GELADEIRA	1	130	600	MIN/DIA	39,00	20,12

CÔMODO:	**QUARTO**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
LÂMPADA FLUORESCENTE	3	9	100	MIN/DIA	1,35	0,70
COMPUTADOR	3	300	15	MIN/DIA	6,75	3,48
AR COND.	3	1350	100	MIN/DIA	202,50	104,49

CÔMODO:	**BANHEIRO**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
CHUVEIRO	2	4400	8	MIN/DIA	35,20	18,16
LÂMPADA FLUORESCENTE	2	9	50	MIN/DIA	0,45	0,23

CÔMODO:	**SALA**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
TELEVISOR	1	75	110	MIN/DIA	4,13	2,13
LÂMPADA FLUORESCENTE	1	9	100	MIN/DIA	0,45	0,23
DVD	1	50	10	MIN/DIA	0,25	0,13

CÔMODO:	**LAVANDERIA**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
MÁQUINA DE LAVAR	1	350	10	MIN/DIA	1,75	0,90
LÂMPADA FLUORESCENTE	1	9	30	MIN/DIA	0,14	0,07

	CUSTO TOTAL MENSAL(R$)	**203,21**
	CONSUMO (kWH/Mês)	**393,81**

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 6-- Simulação do consumo - R1-A

SIMULAÇÃO DE CONSUMO RESIDENCIAL PARA RESIDÊNCIA PADRÃO R1-A

CÔMODO:	**COZINHA**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
SANDUICHEIRA	1	750	10	MIN/DIA	3,75	1,94
MICROONDAS	1	1200	10	MIN/DIA	6,00	3,10
LIQUIDIFICADOR	1	300	5	MIN/DIA	0,75	0,39
FOGÃO ELÉTRICO	1	6000	30	MIN/DIA	90,00	46,44
LÂMPADA FLUORESCENTE	1	9	300	MIN/DIA	1,35	0,70
EXAUSTOR	1	170	30	MIN/DIA	2,55	1,32
GELADEIRA	1	130	600	MIN/DIA	39,00	20,12

CÔMODO:	**QUARTO**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
LÂMPADA FLUORESCENTE	4	9	100	MIN/DIA	1,80	0,93
COMPUTADOR	4	300	15	MIN/DIA	9,00	4,64
AR CONDICONADO	4	1450	100	MIN/DIA	290,00	149,64

CÔMODO:	**BANHEIRO**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
CHUVEIRO	2	4400	8	MIN/DIA	35,20	18,16
LÂMPADA FLUORESCENTE	2	9	50	MIN/DIA	0,45	0,23

CÔMODO:	**SALA**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
TELEVISOR	1	75	110	MIN/DIA	4,13	2,13
TV A CABO	1	80	120	MIN/DIA	4,80	2,48
LÂMPADA FLUORESCENTE	1	9	100	MIN/DIA	0,45	0,23
HOME THEATER	1	350	10	MIN/DIA	1,75	0,90

CÔMODO:	**LAVANDERIA**				kWH/mês = R$ 0,516	
ITEM	QUANTIDADE	POTÊNCIA(W)	TEMPO DE USO	PERÍODO	kWH/Mês	CUSTO/MÊS
MÁQUINA DE LAVAR	1	350	10	MIN/DIA	1,75	0,90

SECADORA DE ROUPAS	1	3500	60	MIN/DIA	105,00	54,18
LÂMPADA FLUORESCENTE	1	9	30	MIN/DIA	0,14	0,07

	CUSTO TOTAL MENSAL (R$)	**308,50**
	CONSUMO (kWH/Mês)	**597,86**

Fonte: Do Autor, (2015).

4.4 Dimensionamento das Placas Fotovoltaicas

O dimensionamento de placas do sistema Grid Tie (Conectado à rede) depende de alguns dados da residência como: consumo médio mensal (kWh), local da instalação para obter a irradiação da localidade, a quantidade de energia que o sistema deve produzir. A quantidade de energia produzida esta relacionada a eficiência do sistema, que deve ser de no máximo 100%, já que a empresa concessionária responsável pelo fornecimento de energia elétrica (CELPE) não compra a energia em excesso. Para esta análise será considerado que as placas gerarão 80% da energia para todos os tipos de residência.

Para o dimensionamento das placas foi necessário converter o valor encontrado do consumo residencial mensal de kWh/mês para Wh/dia, esse valor foi encontrado multiplicando o valor em kWh/mês por 1000 e dividindo por 30.

A partir dos dados citados acima, pode-se encontrar a capacidade do sistema (potência) que é a razão entre o consumo e o índice solarimétrico, e então calcular quantos painéis serão necessários.

A irradiação no local de instalação é obtida a partir de um mapa solarimétrico. A radiação geralmente é dada em kWh/m²/dia. No Brasil, a radiação fica entre 4 kWh/m²/dia no Sul e 6,5 kWh/m²/dia no interior do Nordeste. Para este trabalho, a radiação foi encontrada através do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica (CRESESB).

As Tabelas 7, 8 e 9 resumem o cálculo do dimensionamento das placas.

Tabela 7- Simulação de dimensionamento de placas para residências padrão R1-B

SIMULAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DE PLACAS PARA RESIDÊNCIA PADRÃO R1-B		
Consumo residencial	4487	Wh/dia
Índice Solarimétrico	5	kWh/m²/dia
Potência necessária das placas	897,4	Watts
80% Energia Consumida	717,92	Watts
Placas de 240w e 100% de eficiência	**3**	Unidades

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 8-Simulação de dimensionamento de placas para residências padrão R1-N

SIMULAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DE PLACAS PARA RESIDÊNCIA PADRÃO R1-N		
Consumo residencial	13127	Wh/dia
Índice Solarimétrico	5	kWh/m²/dia
Potência necessária das placas	2625,4	Watts
80% Energia Consumida	2100,32	Watts
Placas de 240w e 100% de eficiência	**9**	Unidades

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 9- Simulação de dimensionamento de placas para residências padrão R1-A

SIMULAÇÃO DE DIMENSIONAMENTO DE PLACAS PARA RESIDÊNCIA PADRÃO R1-A		
Consumo residencial	19928,67	Wh/dia
Índice Solarimétrico	5	kWh/m²/dia
Potência necessária das placas	3985,73	Watts
80% Energia Consumida	3188,59	Watts
Placas de 240w e 100% de eficiência	**14**	Unidades

Fonte: Do Autor, (2015).

Os valores obtidos foram conferidos a partir do simulador online da Neosolar, para que o resultado fosse o mais real possível.

4.5 Cálculo do Custo com a Implantação do Sistema Fotovoltaico

Apesar das vantagens do uso da energia solar, o custo dessa tecnologia ainda é bastante elevado já que as placas são importadas e dependem das variações do mercado. Outro fator que tende a elevar o custo do sistema é a demanda relativamente pequena.

Como citado no tópico anterior, o dimensionamento do sistema depende de alguns dados, consequentemente o valor varia de acordo com esse dimensionamento.

A partir do dimensionamento do sistema, pôde-se fazer um levantamento de materiais que serão necessários para a instalação e funcionamento adequado do sistema. Os valores obtidos foram retirados de empresas que fornecem os materiais, para tornar o orçamento o mais real possível.

Foram adotados kits de montagem para estruturas planas, já que as placas serão dispostas em laje plana impermeabilizada. Esse kit possui trilhos, suportes e conexões que serão necessários para a instalação, além de suportar até 6 painéis, atendendo com folga a necessidade.

Para transformar a corrente contínua gerada pelas placas, em corrente alternada para abastecer a casa, é necessário um inversor. Esse equipamento é dimensionado de acordo com a potência requerida. Para residências cuja demanda é pequena, pode ser usado um microinversor.

O relógio bidirecional ou medidor bidirecional mede a energia consumida da rede e a energia que é gerada pelo sistema solar. Esse relógio é instalado pela própria empresa concessionária, e o valor varia entre R$100,00 e R$ 200,00 de acordo com estudos.

O projeto elétrico deve ser elaborado de acordo com o a norma vigente. Porém, não há nenhuma exigência especifica para a instalação do sistema. Como o orçamento foi feito separadamente, deve-se incluir o valor da instalação dos equipamentos. As Tabelas 10,11 e 12 mostram os orçamentos detalhadamente.

O acréscimo de 10% citado nas tabelas é referente ao frete, já que os materiais vêm de empresas de outros estados que não disponibilizam entrega.

Tabela 10- Custo para implantação do sistema para residências padrão R1-B

CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA RESIDÊNCIAS PADRÃO R1-B			
DESCRIÇÃO DO MATERIAL	QUANT.	UNIT.	TOTAL
Painéis fotovoltaicos de 240W	3	R$ 1.000,00	R$ 3.000,00
Kit de Montagem para coberturas planas	1	R$ 2.899,00	R$ 2.899,00
Microinversor Grid Tie	1	R$ 1.699,00	R$ 1.699,00
Relógio Bidirecional	1	R$ 200,00	R$ 200,00
Projeto Elétrico	1	R$ 500,00	R$ 500,00
Instalação dos materiais e equipamentos			R$ 2.000,00
TOTAL			R$ 10.298,00
TOTAL COM ACRÉSCIMO	10%		R$ 11.327,80

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 11- Custo para implantação do sistema para residências padrão R1-N

CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA RESIDÊNCIAS PADRÃO R1-N			
DESCRIÇÃO DO MATERIAL	QUANT.	UNIT.	TOTAL
Painéis fotovoltaicos de 240W	9	R$ 1.000,00	R$ 9.000,00
Kit de Montagem para coberturas planas	2	R$ 2.899,00	R$ 5.798,00
Inversor Grid Tie	1	R$ 10.099,00	R$ 10.099,00
Relógio Bidirecional	1	R$ 200,00	R$ 200,00
Projeto Elétrico	1	R$ 500,00	R$ 500,00
Instalação dos materiais e equipamentos			R$ 2.000,00
TOTAL			R$ 27.597,00
TOTAL COM ACRÉSCIMO	10%		R$ 30.356,70

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 12- Custo para implantação do sistema para residências padrão R1-A

CUSTO PARA IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA SOLAR FOTOVOLTAICO PARA RESIDÊNCIAS PADRÃO R1-A			
DESCRIÇÃO DO MATERIAL	QUANT.	UNIT.	TOTAL
Painéis fotovoltaicos de 240W	14	R$ 1.000,00	R$ 14.000,00
Kit de Montagem para coberturas planas	3	R$ 2.899,00	R$ 8.697,00
Inversor Grid Tie	1	R$ 10.099,00	R$ 12.890,00
Relógio Bidirecional	1	R$ 200,00	R$ 200,00
Projeto Elétrico	1	R$ 1.400,00	R$ 1.400,00
Instalação dos materiais e equipamentos			R$ 2.000,00
TOTAL			R$ 39.187,00
TOTAL COM ACRÉSCIMO	10%		R$ 43.105,70

Fonte: Do Autor, (2015)

4.6 Viabilidade Econômica do Investimento

Para o cálculo da viabilidade econômica do sistema será necessária a tarifa de energia que já foi calculada acima.

Contando que o sistema irá abastecer 80% do consumo das casas, pode-se calcular o quanto será economizado de energia mensalmente e anualmente, em kWh e em dinheiro. Nas Tabelas 13,14 e 15, encontra-se a discriminação dos valores consumidos e economizados.

Tabela 13- Valores consumidos e economizados nas residências R1-B

% Geração de energia	80%	
Consumo mensal de energia	134,61	kWh
Economia mensal	107,688	kWh
Valor do investimento	R$ 11.327,80	
Custo da energia para o consumidor	0,516	R$/kWH
Valor mensal da economia	R$ 55,54	
Valor da economia anual	R$ 666,48	
Custo da energia para o consumidor	0,516	R$/kWH
Valor do consumo mensal	R$ 69,43	
Valor do consumo anual	R$ 833,10	

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 14- Valores consumidos e economizados nas residências R1-N

% Geração de energia	80%	
Consumo mensal de energia	393,81	kWh
Economia mensal	315,048	kWh
Valor do investimento	R$ 30.356,70	
Custo da energia para o consumidor	0,516	R$/kWH
Valor mensal da economia	R$ 162,49	
Valor da economia anual	R$ 1.949,84	
Custo da energia para o consumidor	0,516	R$/kWH
Valor do consumo mensal	R$ 203,11	
Valor do consumo anual	R$ 2.437,30	

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 15- Valores consumidos e economizados nas residências R1-A

% Geração de energia	80%	
Consumo mensal de energia	597,86	kWh
Economia mensal	478,288	kWh
Valor do investimento	R$ 43.105,70	
Custo da energia para o consumidor	0,516	R$/kWH
Valor mensal da economia	R$ 246,68	
Valor da economia anual	R$ 2.960,13	
Custo da energia para o consumidor	0,516	R$/kWH
Valor do consumo mensal	R$ 308,35	
Valor do consumo anual	R$ 3.700,17	

Fonte: Do Autor, (2015).

A avaliação do tempo de retorno do investimento foi feita de maneira simples utilizando o valor economizado anualmente e o investimento. Foi considerado um reajuste anual de 10%, esse valor é derivado de uma média, já que em anos anteriores a taxa variava em torno de 6%, porém este ano o reajuste já ultrapassa 17,5%.

Na análise foi considerado um acréscimo de 20% do valor do investimento a cada 10 anos, referente à manutenção do sistema. E considerando que o sistema tem uma vida útil de 25 anos, a análise foi feita considerando 20 anos.

Nas Tabelas 16,17 e 18 encontram-se as análises financeiras e o tempo de retorno dos investimentos. O topo de cada coluna está numerado, e segue abaixo conforme a ordem numérica das colunas algumas informações para facilitar o entendimento.

Coluna 1 – Período

Representa o tempo em que ocorre uma entrada ou uma saída do fluxo de caixa. Cada período na presente planilha representa um ano. O estudo foi realizado considerando um fluxo de caixa de 20 anos, sendo que foram adotados 21 períodos, iniciando no instante 0 que representa a instalação do sistema, seguindo com os próximos períodos e seus respectivos valores de fluxo de caixa.

Coluna 2 – Ano

Numeração dos anos utilizados no fluxo de caixa.

Coluna 3 – Valor de economia de energia

Esta coluna representa o valor final de economia anual com o uso do sistema de aquecimento solar.

Coluna 4 – Reajuste de energia

Nesta coluna está contemplado o valor do reajuste da tarifa de energia elétrica, que é de 10% ao ano. Percentual que é adicionado ao valor de economia apresentado na coluna 3.

Coluna 5 – Valor de economia com reajuste

Nesta coluna são apresentados os valores de economia com a utilização do sistema de aquecimento solar acrescidos do reajuste da tarifa de energia elétrica. O valor reajustado é acumulativo e o reajuste inicia-se a partir do segundo ano de uso.

Coluna 6 – Manutenção

Está coluna representa os gastos com a manutenção do sistema durante toda a sua vida útil. O valor adotado para manutenção foi de 20% do valor do investimento a cada 10 anos. Para o cálculo do valor atual do investimento, o valor da manutenção foi trazido para a data atual, utilizando o conceito de Valor Presente já citado. A taxa utilizada para o cálculo do Valor Presente foi o rendimento anual da poupança de 2015, 7,27%.

Coluna 7 – Fluxo de caixa

Estão apresentados nesta coluna todos os valores utilizados no fluxo de caixa construído para a análise do sistema. Fluxo que se inicia com uma saída de caixa, que se refere ao investimento para aquisição do sistema. Logo após são apresentadas as entradas de caixa que representam os valores da economia de energia reajustada subtraídos dos valores da manutenção do sistema.

Coluna 8 – Retorno do investimento

Nesta coluna, são subtraídos do valor do investimento o valor da economia com reajuste. Vale ressaltar, que no valor do investimento já foram incluídas as despesas com a manutenção do equipamento.

Tabela 16- Análise Financeira do Investimento para Residências R1-B

1	2	3	4	5	6	7	8
PERÍODO (ANO)	ANO	VALOR DE ECONOMIA DE ENERGIA (R$)	REAJUSTE DE ENERGIA	VALOR DE ECONOMIA COM REAJUSTE (R$)	MANUTENÇÃO (20% A 10A)	Fluxo de Caixa (R$)	Retorno do Investimento
0	2015				R$ 1914,76 + R$ 634,76	-11327,80	-13877,32
1	2015	666,48		666,48		666,48	-13210,84
2	2016	666,48	10%	733,13		733,13	-12477,71
3	2017	666,48	10%	806,44		806,44	-11671,26
4	2018	666,48	10%	887,09		887,09	-10784,17
5	2019	666,48	10%	975,80		975,80	-9808,37
6	2020	666,48	10%	1073,38		1073,38	-8735,00
7	2021	666,48	10%	1180,72		1180,72	-7554,28
8	2022	666,48	10%	1298,79		1298,79	-6255,50
9	2023	666,48	10%	1428,67		1428,67	-4826,83
10	2024	666,48	10%	1571,53	R$ 2265,56	-343,23	-3255,30
11	2025	666,48	10%	1728,69		1385,46	-1526,61
12	2026	666,48	10%	1901,55		1901,55	374,94
13	2027	666,48	10%	2091,71		2091,71	
14	2028	666,48	10%	2300,88		2300,88	
15	2029	666,48	10%	2530,97		2530,97	
16	2030	666,48	10%	2784,06		2784,06	
17	2031	666,48	10%	3062,47		3062,47	
18	2032	666,48	10%	3368,72		3368,72	
19	2033	666,48	10%	3705,59		3705,59	
20	2034	666,48	10%	4076,15	R$ 2265,56	3441,39	

Fonte: Do Autor, (2015).

Os 20% do valor do investimento referente à manutenção (R$ 2.265,56) no décimo ano e no vigésimo ano, trazidos para o valor presente foram de R$ 1.914,76 e R$ 634,76, respectivamente. Esses valores foram somados ao investimento inicial, cujo resultado é o constante na primeira linha da última coluna da Tabela 16.

Após análise, verificou-se que para este tipo de residência padrão, mesmo que a taxa de reajuste anual fosse inferior ao proposto o sistema se tornaria viável, e o tempo de retorno se seria inferior aos 20 anos analisados. Observou-se também, que para este caso, o tempo de retorno do investimento seria de 12 anos.

Tabela 17- Análise Financeira do Investimento para residências R1-N

1	2	3	4	5	6	7	8
PERÍODO (ANO)	ANO	VALOR DE ECONOMIA DE ENERGIA (R$)	REAJUSTE DE ENERGIA	VALOR DE ECONOMIA COM REAJUSTE (R$)	MANUTENÇÃO (20% A 10A)	Fluxo de Caixa (R$)	Retorno do Investimento
0	2015				R$ 3.009,45+ R$1.491,83	-30356,70	-34858,08
1	2015	1949,84		1949,84		1949,84	-32908,24
2	2016	1949,84	10%	2144,82		2144,82	-30763,42
3	2017	1949,84	10%	2359,30		2359,30	-28404,12
4	2018	1949,84	10%	2595,23		2595,23	-25808,88
5	2019	1949,84	10%	2854,76		2854,76	-22954,13
6	2020	1949,84	10%	3140,23		3140,23	-19813,89
7	2021	1949,84	10%	3454,26		3454,26	-16359,64
8	2022	1949,84	10%	3799,68		3799,68	-12559,95
9	2023	1949,84	10%	4179,65		4179,65	-8380,30
10	2024	1949,84	10%	4597,62	R$ 6.071,34	1588,07	-3782,69
11	2025	1949,84	10%	5057,38		6645,44	1274,69
12	2026	1949,84	10%	5563,11		5563,11	
13	2027	1949,84	10%	6119,43		6119,43	
14	2028	1949,84	10%	6731,37		6731,37	
15	2029	1949,84	10%	7404,51		7404,51	
16	2030	1949,84	10%	8144,96		8144,96	
17	2031	1949,84	10%	8959,45		8959,45	
18	2032	1949,84	10%	9855,40		9855,40	
19	2033	1949,84	10%	10840,94		10840,94	
20	2034	1949,84	10%	11925,03	R$ 6.071,34	10433,20	

Fonte: Do Autor, (2015).

Os 20% do valor do investimento referente à manutenção (R$ 6.071,34) no décimo ano e no vigésimo ano, trazidos para o valor presente foram de R$ 3.009,55 e R$ 1.491,83, respectivamente. Esses valores foram somados ao investimento inicial, cujo resultado é o constante na primeira linha da última coluna da Tabela 17.

Assim como para a residência de padrão inferior calculada anteriormente, para residências de padrão R1-N, pode-se ter uma taxa de reajuste inferior à calculada e o sistema continuará sendo viável. Verificou-se também que houve uma redução no tempo de retorno quando comparado às residências de padrão R1-B.

Tabela 18- Analise Financeira do Investimento para residências R1-A

1	2	3	4	5	6	7	8
PERÍODO (ANO)	ANO	VALOR DE ECONOMIA DE ENERGIA (R$)	REAJUSTE DE ENERGIA	VALOR DE ECONOMIA COM REAJUSTE (R$)	MANUTENÇÃO (20% A 10A)	Fluxo de Caixa (R$)	Retorno do Investimento
0	2015				R$ 4.273,48 + R$ 2.118,36	-43105,70	-49497,54
1	2015	2960,13		2960,13		2960,13	-46537,41
2	2016	2960,13	10%	3256,15		3256,15	-43281,26
3	2017	2960,13	10%	3581,76		3581,76	-39699,50
4	2018	2960,13	10%	3939,94		3939,94	-35759,56
5	2019	2960,13	10%	4333,93		4333,93	-31425,63
6	2020	2960,13	10%	4767,32		4767,32	-26658,31
7	2021	2960,13	10%	5244,06		5244,06	-21414,25
8	2022	2960,13	10%	5768,46		5768,46	-15645,79
9	2023	2960,13	10%	6345,31		6345,31	-9300,48
10	2024	2960,13	10%	6979,84	R$ 8.621,14	2706,36	-2320,64
11	2025	2960,13	10%	7677,82		10384,18	5357,18
12	2026	2960,13	10%	8445,61		8445,61	
13	2027	2960,13	10%	9290,17		9290,17	
14	2028	2960,13	10%	10219,18		10219,18	
15	2029	2960,13	10%	11241,10		11241,10	
16	2030	2960,13	10%	12365,21		12365,21	
17	2031	2960,13	10%	13601,73		13601,73	
18	2032	2960,13	10%	14961,90		14961,90	
19	2033	2960,13	10%	16458,09		16458,09	
20	2034	2960,13	10%	18103,90	R$ 8.621,14	15985,54	

Fonte: Do Autor, (2015).

Os 20% do valor do investimento referente à manutenção (R$ 8.621,14) no décimo ano e no vigésimo ano, trazidos para o valor presente foram de R$ 4.273,48 e R$ 2.118,36, respectivamente. Esses valores foram somados ao investimento inicial, cujo resultado é o constante na primeira linha da última coluna da Tabela 18.

Para a residência padrão R1-A, o tempo de retorno do investimento foi igual ao tempo de retorno para residências de padrão R1-N. No entanto, o lucro no 11º ano foi superior ao obtido com a residência de padrão mais inferior.

4.7 Análise Comparativa

Para fins de comparação de resultados, foi feita uma análise utilizando a mesma metodologia citada acima considerando diferentes percentuais de geração pelo sistema fotovoltaico da energia consumida. As Tabelas 19, 20 e 21 resumem os resultados encontrados.

Tabela 19- Análise comparativa para residências R1-B

TIPO DE RESIDÊNCIA	R1-B
% GERAÇÃO DE ENERGIA	100%
CONSUMO MENSAL(kWh)	134,61
ECONOMIA MENSAL(kWh)	134,61
QUANTIDADE DE PLACAS	4
TEMPO DE RETORNO	11

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 20- Análise comparativa para residências R1-N

TIPO DE RESIDÊNCIA	R1-N
% GERAÇÃO DE ENERGIA	50%
CONSUMO MENSAL(kWh)	393,81
ECONOMIA MENSAL(kWh)	196,91
QUANTIDADE DE PLACAS	6
TEMPO DE RETORNO	13

Fonte: Do Autor, (2015).

Tabela 21- Análise comparativa para residências R1-A

TIPO DE RESIDÊNCIA	R1-A
% GERAÇÃO DE ENERGIA	50%
CONSUMO MENSAL(kWh)	597,86
ECONOMIA MENSAL(kWh)	298,93
QUANTIDADE DE PLACAS	9
TEMPO DE RETORNO	13

Fonte: Do Autor, (2015).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho teve como objetivo principal analisar a viabilidade econômica do uso de energia solar com placas fotovoltaicas em 3 tipos de residências unifamiliares (R1-B, R1-N, R1-A). Verificou-se que para as residências de padrão R1-B, encontra-se um tempo de retorno de 12 anos sendo, portanto maior quando comparado à residências de outros padrões. Apesar do tempo de retorno encontrado para residências de padrão R1-B não ser tão elevado, o que ainda é um empecilho para a instalação desse tipo de tecnologia nesse padrão de residência é o valor elevado do material e até mesmo da mão de obra para a instalação das placas.

Nas residências padrão R1-N, o resultado foi um pouco superior já que o consumo é maior. Para este tipo de residência o tempo de retorno foi de 11 anos. Esse mesmo resultado foi observado no padrão R1-A, no entanto, no 11º ano o lucro foi superior ao padrão R1-N.

Os cálculos para todos os padrões de residência unifamiliares foram feitos considerando que as placas gerariam 80% da energia consumida, para fins de comparação a mesma análise foi feita utilizando 100% da energia consumida para a residência R1-B, o resultado foi o aumento de 1 ano no tempo de retorno do investimento.

Já para as residências de padrão R1-N e R1-A, a análise comparativa foi feita considerando que as placas gerariam 50% da energia consumida, porém o resultado obtido não foi satisfatório, já que houve um aumento de 2 anos no tempo de retorno do investimento. Concluindo-se, portanto que de acordo com a eficiência o sistema pode tornar-se inviável.

Portanto, conclui-se que apesar do desenvolvimento sustentável atender as necessidades do homem sem esgotar os recursos naturais, incorporando aspectos sociais, econômicos e ecológicos, o uso de uma energia renovável como a solar ainda tem um valor relativamente alto.

O sucesso desse sistema seria garantido se ele fosse acessível a toda população, isso poderia ser alcançado com a fabricação nacional dos equipamentos, pois os custos poderiam ser reduzidos. Com a redução dos custos o Brasil será sem dúvidas um grande consumidor dessa tecnologia.

Como sugestão para trabalhos futuros pode ser feita uma análise da viabilidade do uso da energia solar fotovoltaica para residências multifamiliares e edificações comerciais que demandem um consumo elevado de energia.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12.721/2006 – Avaliação de custos unitários de construção para incorporação imobiliária e outras disposições para condomínios e edifícios - Procedimento.** Rio de Janeiro: ABNT, 2006. 91p.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica Disponível em: <www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/pdf/03-Energia_Solar(3).pdf> Acesso em: 04 Jul. 2015.

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica Disponível. **Atlas de Energia Elétrica do Brasil**. Disponível em: <www.aneel.gov.br/aplicacoes/atlas/energia_solar/3_3.htm> Acesso em: 04 Jul. 2015.

Associação Brasileira de Refrigeração, Ar-Condicionado, Ventilação E Aquecimento (ABRAVA). Portal Abrava. São Paulo, c2001. Disponível em: Acesso em: 07 Julho 2015.

ATOMRA – Engenharia em Energia Renovável Disponível em: <www.atomra.com.br/dimensionamento-projeto-solar-fotovoltaico> Acesso em: 18 Out. 2015

BIGGI, R. R. **O Uso da Luz Solar como Fonte de Energia Elétrica através de Sistema Fotovoltaico**, Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2013.

CARVALHO, C. R. F. S**istema fotovoltaico isolado: uma aplicação pratica no projeto xapuri,** Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2013.

COPEL – Companhia Paranaense de Energia. Simulador de Consumo. Disponível em: <www.copel.com/hpcopel/simulador/> Acesso em: 19 Set. 2015.

FILHO, N. C. e KOPITTKE, B. H. **Análise de Investimentos**. 9ª Ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000. 458p.

HOCHHEIM, N. **Engenharia Econômica**. Curso do IBAPE – Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia, Florianópolis, 2002.

INSTALAÇÃO DE SISTEMA DE PRODUÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA PARA AUTOCONSUMO, COMO CONSTRUIR, Téchne, 2012. Disponível em: <://www.revistatechne.com.br/engenharia-civil/188/artigo273352-2.asp> Acesso em: 04 Jul. 2015.

LANDIN, E. P. **Energia Solar Fotovoltaica**. Unidade Integrada SESI SENAI, Niquelândia, 2010.

MAGAGNIN, A.L. **Impactos econômicos do uso de energia solar para aquecimento de água em residências unifamiliares.** Universidade do Extremo Sul Matogrossense, Criciúma, 2010.

NEOSOLAR – Disponível em: <http://www.neosolar.com.br/ > Acesso em: 05 Jul. 2015

REIS, E. P. - **Análise do Desempenho Térmico de Um Sistema de Aquecimento Solar Utilizando Coletor Com Superfície Absorvedora Em Chapas de Forro de Pvc.** 84 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Salvador, 2009.

SÁLES, I. C. F. **Análise da Substituição do Chuveiro Elétrico por Aquecedor Solar: Uma Contribuição ao Setor Elétrico na Conservação de Energia.** 158 f. Dissertação (mestrado) – Unidade Acadêmica Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2008.

SIQUEIRA, L. M. P. **Viabilidade da microgeração de energia elétrica em uma residência por um sistema composto por painéis fotovoltaicos conectados à rede.** Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

SOBRINHO, J. D. V. **Matemática Financeira**. 7ª ed. São Paulo: Editora Atlas, 2000. 409p.

TEIXEIRA, J. e NETTO, S. D. P. **Matemática Financeira**. São Paulo: Makron Books, 1998. 134p.

ANEXO A

Os projetos utilizados para análise da viabilidade econômica seguem em anexo.