

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EDUARDO BACHES

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA *SMART-GRID* EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE
DOURADOS-MS

DOURADOS-MS
2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS – UFGD
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

EDUARDO BACHES

ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA IMPLANTAÇÃO DE UM
SISTEMA *SMART-GRID* EM UMA RESIDÊNCIA NA CIDADE DE
DOURADOS-MS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
banca examinadora da Universidade Federal da
Grande Dourados para obtenção do título de
bacharel em Engenharia de Produção sob a
orientação do Prof^o Dr. Rogério da Silva
Santos

DOURADOS-MS
2016

RESUMO

O termo *Smart Grid* pode ser entendido como a sobreposição dos sistemas unificados de comunicação e controle, a partir da infraestrutura de fornecimento de energia elétrica existente. É um sistema que aperfeiçoa o suprimento de energia, minimizando perdas de várias naturezas, sendo auto recuperável (*self-healing*), possibilitando o surgimento de uma nova geração de aplicações energeticamente eficientes.

O presente estudo busca responder as seguintes perguntas: o prazo de retorno de investimento num sistema *smart grid*, em uma residência na cidade de Dourados, compensa em função da depreciação dos equipamentos instalados? Quanto tempo é necessário para que o investimento tenha retorno?

Sendo assim, o estudo analisou a situação presente da energia solar fotovoltaica no Brasil e no mundo para proporcionar informações a respeito do assunto, convergindo para um melhor entendimento, a fim de identificar os pontos positivos da implantação de um sistema fotovoltaico. A principal motivação para se fazer o presente estudo é mostrar que há a possibilidade de obter uma fonte alternativa de energia que é compensatória a longo prazo e ao mesmo tempo contribui com o meio ambiente, reduzindo os gases de efeito estufa. O estudo de viabilidade econômica averiguou qual o tempo necessário para se pagar o sistema com a economia na conta de luz, ou seja, qual o tempo para obter retorno sobre o investimento e a depreciação destes equipamentos nesse período.

Ao final, vemos que o investimento em um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica compensa, proporcionando um alto retorno no investimento em um período de aproximadamente 7 anos, tendo em vista o alto custo da energia elétrica no Brasil.

Palavras chave: Energia solar fotovoltaica; viabilidade econômica; *Smart grid*;

ABSTRACT

The term Smart Grid can be understood as the overlap of unified communication and control systems, from the existing electricity supply infrastructure. It's a system that optimizes the power supply, minimizing losses of various kinds, being recoverable self (self-healing), enabling the emergence of a new generation of energy-efficient applications.

This study seeks to answer the following questions: the return on investment period a smart grid system in a residence in the city of Dourados, offsets due to the depreciation of the equipment installed? How long it takes for that the investment return?

Thus, the study analyzed the present situation of photovoltaic solar energy in Brazil and in the world to provide information on the subject, converging to a better understanding in order to identify the strengths of the implementation of a photovoltaic system. The main motivation for doing this study is to show that there is the possibility of obtaining an alternative source of energy that is compensatory in the long term and at the same time contributes to the environment by reducing greenhouse gases. The economic feasibility study ascertained that the time needed to pay for the system with the savings in electricity bill, that is, what the time for return on investment and depreciation of this equipment in that period.

At the end, we see that investment in a photovoltaic system connected to the grid pays off, providing a high return on investment over a period of about 7 years, in view of the high cost of electricity in Brazil.

Keywords: photovoltaic solar energy; economic viability; Smart grid

Lista de Ilustrações

Figura 1 - Oferta interna de energia elétrica no ano de 2014	12
Figura 2 - Ilustração de um sistema <i>Off Grid</i>	13
Figura 3 - Ilustração de um sistema fotovoltaico conectado à rede.....	14
Figura 4 - Célula de silício monocristalino.	16
Figura 5 - Célula de silício policristalino.	16
Figura 6 - Componentes de um módulo fotovoltaico.....	17
Figura 7 - Cálculo do valor gerado no ano.	31

Lista de Tabelas

Tabela 1- Irradiação solar diária média mensal na cidade de Dourados –MS.	25
Tabela 2 - Orçamento 1.	27
Tabela 3 - Orçamento 2..	28
Tabela 4 - Tipos de tarifas..	30
Tabela 5 - Cálculo do consumo de energia mensal	30

SUMÁRIO

RESUMO	2
ABSTRACT	3
Lista de Ilustrações	4
Lista de Tabelas	5
1 INTRODUÇÃO	8
1.1 Problemática	9
1.2 Justificativa	9
1.3 Objetivo	10
1.3.1 <i>Objetivo geral</i>	10
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Energia solar no Brasil.....	11
2.2 Os tipos de sistema <i>Smart Grid</i>	12
2.2.1 <i>Sistemas fotovoltaicos autônomos (Of Grid)</i>	13
2.2.2 <i>Sistemas conectados à rede (On Grid)</i>	14
2.2.3 <i>Sistemas híbridos</i>	15
2.3 Tipos de células	15
2.3.1 <i>Célula de silício monocristalino</i>	15
2.3.2 <i>Células de silício policristalino</i>	16
2.3.3 <i>Painéis/módulos fotovoltaicos</i>	16
2.4 Irradiação solar	17
2.5 Energia elétrica no Brasil.....	18
2.6 O custo da energia elétrica.....	18
2.7 Programa de bandeiras tarifárias	19
2.8 Sistema de compensação de créditos	20
2.9 Método do valor presente líquido (VPL).....	21
2.10 <i>Payback</i>	21
2.10.1 <i>Payback Original</i>	21
2.10.2 <i>Payback Descontado</i>	22
2.10.3 <i>Payback Total</i>	22
2.11 Taxa Interna de Retorno (TIR)	23
3 METODOLOGIA	24
3.1 Classificação da pesquisa	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	27
4.1 Orçamentos	27
4.2 Custos da mão de obra para instalação	28
4.2.1 <i>Método 1 - Por estimativa de esforços</i>	28
4.2.2 <i>Método 2 - Por porcentagem dos custos totais do projeto</i>	29
4.2.3 <i>Método 3 - Por horas trabalhadas</i>	29
4.3 Tipos de tarifas	29
4.4 Cálculo do consumo de energia mensal.....	30
4.5 Análise do retorno do investimento	31

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	33
	REFERÊNCIAS	34
	APÊNDICE A	38
	APÊNDICE B.....	39

1 INTRODUÇÃO

A produção de energia de forma segura e livre de perigo se tornou uma das maiores preocupações do mundo. Muitas análises mostraram que a substituição de fontes de energia convencionais (tais como gás natural, carvão, etc.) por fontes renováveis (como a solar, eólica, etc.) para a geração de eletricidade, resultaria em redução no impacto ao meio ambiente. Desde o início do Protocolo de Kyoto, que foi adotado em 1997 e entrou em vigor em Fevereiro de 2005, os países começaram a adotar medidas diferentes para redução de emissões que vão desde a geração de eletricidade a partir de fontes renováveis de energia até a redução das emissões de gases de efeito estufa (GEE) possibilitando a redução nos preços para que os investimentos em fontes renováveis de energia aumentassem [ADAM; APAYDIN, 2015].

Segundo Adaramola (2015), a tecnologia tem sido melhorada e o custo da energia fotovoltaica tem reduzido ao longo dos anos, devido ao desenvolvimento de novas tecnologias e novos métodos de produção de células e placas fotovoltaicas. A previsão é de que a energia solar passe a desempenhar um papel substancial no futuro contribuindo para o mix energético global, tanto nos países desenvolvidos e em desenvolvimento. A capacidade global instalada desses sistemas aumentou rapidamente a partir de 1.288 GW em 2000 para 138,833 GW no final de 2013.

No Brasil, a energia solar residencial começou efetivamente a se desenvolver após a regulamentação normativa 482 de 2012 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) que possibilita fazer a "troca de energia" com a rede elétrica. Este sistema é conhecido como sistema de compensação de créditos de energia, onde o relógio medidor de energia mensura a quantidade que o consumidor utilizou da energia da rede elétrica e o quanto ele produziu de energia. Caso o consumidor produza mais do que consome, o excedente de energia que é injetado na rede elétrica é transformado em créditos para as próximas contas de luz, caso haja necessidade de usar (ANEEL, 2013).

Como se sabe, o ano de 2014 foi marcado pelo aprofundamento de condições hidrológicas desfavoráveis, que secaram não só os reservatórios das hidrelétricas, mas também alguns importantes reservatórios de abastecimento de água, como o da maior cidade do nosso país. O baixo nível dos reservatórios das usinas fez com que a geração de energia das hidrelétricas ficasse bem abaixo da capacidade instalada, o que exigiu o acionamento integral e contínuo das usinas termoelétricas, fontes mais caras de geração (SOCIOECONÔMICOS, 2015).

Com o aumento do custo da energia elétrica nos últimos anos, os consumidores brasileiros tendem a procurar algumas formas para reduzir esse custo mensal. Uma solução para esse problema é a energia solar fotovoltaica que é a energia solar absorvida por painéis solares que transforma a irradiação solar em energia elétrica. Essa energia elétrica produzida pelos painéis solares pode ser conectada a rede elétrica da concessionária que fornece energia, fazendo com que o consumidor utilize a energia dos painéis enquanto houver incidência solar e no momento em que o sol se por, o consumidor utiliza a energia elétrica da concessionária (VILLALVA, 2015).

1.1 Problemática

O estudo de viabilidade econômica averiguou qual o tempo necessário para se pagar o sistema com a economia na conta de luz, ou seja, qual o tempo para obter retorno sobre o investimento e a depreciação destes equipamentos nesse período. Para isso, foi levado em consideração algumas variáveis como o consumo da residência ou comércio na região da grande Dourados, a quantidade e o custo de placas solares, a escolha do tamanho do sistema necessário e a localização do imóvel.

A principal motivação para se fazer o presente estudo é mostrar que há a possibilidade de obter uma fonte alternativa de energia que é compensatória a longo prazo e ao mesmo tempo contribui com o meio ambiente, reduzindo os gases de efeito estufa. Assim, o foco está na busca pelo menor tempo de retorno do investimento. Para isso é necessário uma análise do melhor sistema a ser instalado buscando preços competitivos com qualidade dos equipamentos, pois são bens de alto investimento e dependem de sua boa qualidade para prolongar sua vida útil.

O prazo de retorno de investimento num sistema *Smart Grid* em uma residência na cidade de Dourados compensa em função da depreciação dos equipamentos instalados? Quanto tempo é necessário para que o investimento tenha retorno?

1.2 Justificativa

No ano de 2015 entrou em vigor a Resolução Normativa nº 547, de 16 de abril de 2013, da ANEEL que estabelece os procedimentos comerciais para aplicação do sistema de bandeiras tarifárias. Este sistema sinaliza aos consumidores os custos reais da geração de energia elétrica. O funcionamento é simples: as cores das bandeiras (verde, amarela ou

vermelha) indicam se a energia custará mais ou menos em função das condições de geração de eletricidade.

A produção de energia elétrica de forma limpa e segura é uma tendência a ser seguida, já que no passado, houve alguns traumas causados pela energia nuclear através de acidentes onde os efeitos da radiação são sentidos até hoje.

Quando se pretende fazer um estudo de economia, a primeira aquisição que se deve fazer é o orçamento do que se deseja implantar, para saber qual o valor a ser investido. Isso depende de várias variáveis como o quanto se quer produzir de energia, qual o tipo de placa solar a ser adquirida, a taxa de juros empregada, dentre outros.

Portanto, a energia solar fotovoltaica vem crescendo a fim de trazer o uso mais comum dessa energia renovável e com o objetivo de amenizar os impactos ambientais reduzindo a utilização de outras fontes não renováveis. Além disso, uma contribuição importante trazida por esse tipo de sistema *Smart Grid* é a economia na conta de luz, tendo em vista o alto custo da energia elétrica no Brasil.

1.3 Objetivo

1.3.1 Objetivo geral

Avaliar a viabilidade econômica na implantação de um sistema de painéis fotovoltaicos, em uma residência, conectados à rede elétrica na cidade de Dourados-MS e qual o tempo para o retorno do investimento.

1.3.2 Objetivos específicos

- Avaliar os tipos de sistemas e suas particularidades,
- Avaliar o preço dos equipamentos a serem instalados,
- Avaliar o tempo de vida útil de acordo com o fabricante e a sua frequência de substituição,
- Avaliar o custo da energia elétrica ao longo dos últimos anos e uma estimativa futura,
- Avaliar a média do consumo de energia elétrica na cidade de Dourados,
- Determinar a Taxa Interna de Retorno e
- Determinar o ponto de equilíbrio do sistema e impacto do preço da energia.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Energia solar no Brasil

No Brasil, há algum tempo atrás a energia solar fotovoltaica era empregada somente em pequenos sistemas isolados instalados em locais não atendidos pela rede elétrica e locais de difícil acesso. Atualmente, os sistemas fotovoltaicos conectados à rede vêm aumentando no Brasil e a expectativa é que aumente ainda mais nos próximos anos devido a aprovação do uso de sistemas de geração conectados às redes de distribuição pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (VILLALVA, 2015). O autor ressalta ainda alguns obstáculos nesse cenário referente à energia solar fotovoltaica, como por exemplo, o custo da energia elétrica gerada com a energia fotovoltaica é considerado alto em relação à energia hidrelétrica, tornando-se um fator negativo para o incentivo da energia fotovoltaica no país. Outro obstáculo apontado é a presença de um alto potencial hidrelétrico que ainda não foi explorado no país. Em contra partida, os altos investimentos e o longo prazo para a implantação de usinas hidrelétricas faz com que o setor de energia solar tenha um ponto positivo sobre a energia hídrica.

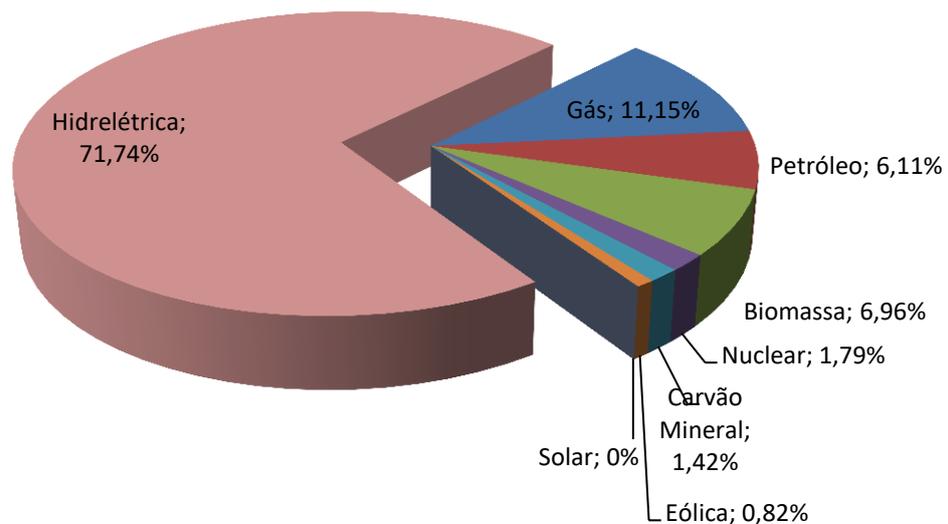
Com a redução de preço dos painéis fotovoltaicos no mercado internacional, o qual contém os principais fabricantes destes sistemas, tem proporcionado a propagação desta fonte alternativa. Porém, ainda é uma tecnologia que requer incentivos públicos para a sua implementação, principalmente no Brasil (IPEA, 2013).

Outra forma de incentivos também pode ser implementada no Brasil como já vem sendo em alguns estados, como é o caso do Tocantins. Recentemente, foi aprovada uma lei que oferece incentivos fiscais aos moradores de Palmas-TO que aderirem ao Programa Palmas Solar, o qual consiste em dar descontos no valor do Imposto Predial e Territorial Urbano (IPTU) e também no Imposto sobre a Transmissão de Bens Imóveis (ITBI) para os moradores que optarem por utilizar a fonte de energia solar em sua residência (TOCANTINS, 2016).

A figura 1 mostra a oferta interna de energia elétrica no ano de 2014, onde vemos as fontes de energia que foram utilizadas para a produção de energia elétrica. Percebe-se que no Brasil, as fontes de energia hidrelétrica possuem uma atuação bastante representativa na oferta interna de energia elétrica. É possível caracterizá-las como uma alternativa de produção de energia limpa, no entanto, a instalação de usinas hidrelétricas causa danos socioambientais

consideráveis, como a expulsão de povoados, os alagamentos de extensas áreas, os quais podem gerar desequilíbrio do ecossistema local, dentre outros impactos negativos (CABRAL; VIEIRA, 2012).

Figura 1 - Oferta interna de energia elétrica no ano de 2014



Fonte: (CRESESB, 2014)

2.2 Os tipos de sistema *Smart Grid*

O termo *Smart Grid* pode ser entendido como a sobreposição dos sistemas unificados de comunicação e controle, a partir da infraestrutura de fornecimento de energia elétrica existente, para prover a informação correta para a entidade correta (equipamentos de uso final, sistemas de controle de T&D, consumidores, etc.), no instante correto, para tomar a decisão certa. É um sistema que aperfeiçoa o suprimento de energia, minimizando perdas de várias naturezas, sendo auto recuperável (*self-healing*), e possibilita o surgimento de uma nova geração de aplicações energeticamente eficientes (THE GREEN GRID, 2008).

Atualmente, os tipos mais comuns de sistemas fotovoltaicos são os sistemas autônomos (*Of Grid*), conectados à rede (*On Grid*) e os sistemas híbridos que são a utilização destes dois sistemas citados (VILLALVA, 2015)

2.2.1 Sistemas fotovoltaicos autônomos (*Of Grid*)

Também conhecido como sistemas isolados, esse tipo de sistema tem como característica ser utilizado onde o acesso à rede elétrica é difícil ou nem há a existência do mesmo. Este sistema pode ser utilizado para o fornecimento de eletricidade para residências em lugares como praia, *camping*, ilhas, bem como na zona rural e em qualquer outro lugar cuja rede elétrica não esteja disponível. Esse tipo de sistema é encontrado também na iluminação pública de algumas cidades, na sinalização de estradas, em radares de velocidade e no carregamento das baterias de veículos elétricos (VILLALVA, 2015).

Na mesma perspectiva o autor ressalta que nos lugares isolados em que não há o fornecimento pela rede elétrica, a melhor opção para a substituição de geradores movidos a diesel são os sistemas fotovoltaicos autônomos, o que contribui ainda com a redução de ruídos e da poluição. Esses sistemas exigem pouca manutenção, são silenciosos, ecológicos e não precisam ser abastecidos com combustível.

De forma geral, o sistema fotovoltaico autônomo é composto por um conjunto de painéis fotovoltaicos, um controlador de carga, uma bateria ou um banco de baterias dependendo do tamanho do sistema e, conforme a aplicação, um inversor de tensão contínua para corrente alternada, como é mostrado na figura 2.

Figura 2 - Ilustração de um sistema *Off Grid*



Fonte: (SOLAR, 2016)

2.2.2 Sistemas conectados à rede (*On Grid*)

Um sistema fotovoltaico conectado à rede é um conjunto de equipamentos que converte energia solar em energia elétrica, injetando a energia produzida diretamente na rede elétrica de alta ou baixa tensão. Este sistema geralmente utiliza um grande número de painéis fotovoltaicos e não possui banco de baterias para armazenamento, tornando-se uma fonte de energia complementar ao sistema elétrico a que está conectado (GONÇALVES, 2013).

Os sistemas *On Grid* operam em paralelo com a rede de distribuição de energia elétrica, e não requer o armazenamento de energia, pois toda a energia produzida e não utilizada pela residência é introduzida diretamente na rede (BENEDITO, 2009). Sendo assim, o sistema necessita da rede pública para seu completo funcionamento, pois em caso de queda de energia, ocorrerá imediatamente a interrupção do fornecimento, como mostra a figura 3.

Figura 3 - Ilustração de um sistema fotovoltaico conectado à rede.



Fonte: (SOLAR, 2016)

Podemos afirmar que em relação às questões ambientais, a tecnologia fotovoltaica não gera qualquer tipo de resíduos sólidos, efluentes líquidos ou gasosos durante o processo de produção da eletricidade, sendo seus impactos restritos ao visual e à ocupação de áreas. Dependendo da qualidade do equipamento que está sendo utilizado, essa tecnologia não emite ruídos nem utiliza recursos naturais esgotáveis. Porém há a preocupação com as reais possibilidades de reciclagem dos painéis, pois não se sabe se é possível que seja reaproveitado depois de sua vida útil que é de aproximadamente 25 anos (PINHO, J.T. et al. 2008).

2.2.3 Sistemas híbridos

O sistema híbrido é composto pela união do sistema fotovoltaico com a utilização de outras fontes de geração de energia, cujo papel é suprir a ausência da energia solar quando esta não estiver disponível por algum motivo. Este sistema se torna mais complicado devido a junção de duas fontes de energia diferentes. Mesmo sendo formado por duas fontes de energia, o sistema híbrido necessita de inversor para a transformação de corrente contínua em corrente alternada tendo a possibilidade de usar um sistema de armazenamento, como em baterias, para acumular energia caso ocorra algum problema no sistema ou para uso em horários alternativos (CRESESB, 2014).

2.3 Tipos de células

Segundo Villalva (2015), a conversão direta da luz em eletricidade é um fenômeno físico chamado efeito fotovoltaico. O efeito ocorre quando a luz solar, ou a radiação eletromagnética do Sol, incide sobre uma célula feita de materiais semicondutores com suas propriedades específicas.

2.3.1 Célula de silício monocristalino

A característica de uma célula monocristalina é uniforme, normalmente azulado escuro ou preto, porém pode obter alguma coloração diferente devido ao tipo de tratamento antireflexivo que receber. Esse tipo de células são as mais eficientes que possam ser produzidas em larga escala e estão disponíveis no mercado. Sua eficiência está entre 15% a 18%, porém seu custo de produção é mais elevado (VILLALVA, 2015).

Figura 4 – Célula de silício monocristalino.



Fonte: América do Sol (2016).

2.3.2 Células de silício policristalino

Seu processo de fabricação é mais barato. Tem como característica algumas manchas em sua coloração devido ao tipo de silício utilizado em sua fabricação. Sua eficiência está entre 13% e 15%, inferior à célula monocristalina, porém tem seu custo de fabricação menor o que compensa a redução na eficiência (VILLALVA,2015).

Figura 5 – Célula de silício policristalino.



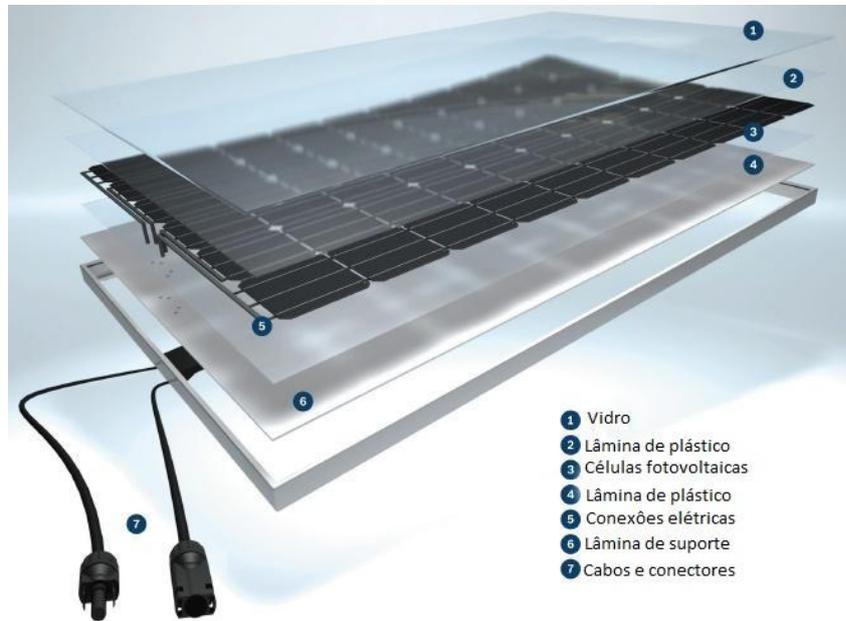
Fonte: América do Sol (2016).

2.3.3 Painéis/módulos fotovoltaicos

Os painéis ou módulos fotovoltaicos são formados por arranjos de células ligadas eletricamente sobre uma estrutura rígida. As células são conectadas em série para

conseguirem produzir tensões maiores. Uma célula produz no máximo 0,6 V (volts) (VILLALVA, 2015).

Figura 6 – Componentes de um módulo fotovoltaico.



Fonte: (ENERGY, 2016)

Segundo a Norma Brasileira NBR 10899, o módulo fotovoltaico é uma unidade básica formada por um conjunto de células fotovoltaicas, interligadas eletricamente e encapsuladas, com o objetivo de gerar energia elétrica.

2.4 Irradiação solar

No Brasil, um aspecto favorável à inserção da energia solar fotovoltaica é a irradiação solar presente no país. Por estar localizado na sua maior parte na região intertropical, há um grande potencial de aproveitamento da energia solar.

O país possui um grande potencial para gerar eletricidade a partir do sol. Ao compararmos com outros países, por exemplo, a Alemanha que é um dos líderes no uso da energia fotovoltaica, onde a radiação solar na região mais ensolarada, é 40% menor do que na região menos ensolarada da Brasil. Segundo o Atlas Brasileiro de Energia Solar, diariamente incide entre 4.500 Wh/m² a 6.300 Wh/m² no país (PEREIRA et al., 2006).

2.5 Energia elétrica no Brasil

É possível destacar que o consumo médio de energia por consumidor possui relação direta com a renda da população e com PIB – Produto Interno Bruto, uma vez que a população passa a ter maior poder aquisitivo, a tendência é que haja uma elevação do consumo de energia (CABRAL; VIEIRA, 2012).

O Ministério de Minas e Energia do Brasil prevê que para o ano de 2030, haverá no Brasil um consumo de energia elétrica entre 950 a 1.250 TWh/ano. Mesmo tendo um aproveitamento de 80% do potencial hidráulico brasileiro ainda não será suficiente para atender esta demanda. A energia solar fotovoltaica, implantada gradativamente, pode ser uma boa opção para complementar essa demanda por energia elétrica.

A energia elétrica é um insumo essencial para o atendimento das necessidades humanas básicas, tais como alimentação, abastecimento de água, iluminação, serviços de saúde, comunicação e educação. Com o desenvolvimento das atividades humanas e do sistema econômico mundial, a demanda por energia elétrica vem aumentando e é correlacionada ao desenvolvimento humano (BORGES, 2007).

O Plano Nacional de Energia (PNE) 2030 é um dos primeiros estudos de longo prazo orientado para o exame integrado do uso dos recursos energéticos realizado na esfera governamental brasileira. Para os valores previstos de consumo de energia elétrica no ano de 2030, o PNE 2030 contempla grandes investimentos em energia hidrelétrica e promove algumas fontes alternativas, mas também prevê um aumento da dependência de combustíveis fósseis de 10% para 14% da matriz de geração elétrica. Como consequência, o PNE 2030 prevê uma triplicação nas emissões de gases do setor no período, passando de 30 MtCO₂ e para 90 MtCO₂ em 2030 (HASHIMURA, 2012).

2.6 O custo da energia elétrica

A composição da tarifa de energia brasileira no mercado residencial é formada pela quantidade em kWh de energia consumida mais a soma dos tributos (PIS, Confins e ICMS). Atualmente o custo médio do kW está em 0,499250 R\$. A metodologia de cálculo de uma tarifa deve buscar princípios como eficiência, equidade, justiça, equilíbrio financeiro, simplicidade e estabilidade, mostrando aos consumidores o caminho do custo mínimo e promovendo o uso racional da energia elétrica (BITU; BORN, 1993).

Ao mesmo tempo é necessário garantir o equilíbrio econômico-financeiro da concessão para a prestação do serviço, de acordo com a qualidade exigida, assim como uma tarifa justa que possibilite a correta alocação dos custos ao consumidor (FUGIMOTO, 2010).

No Brasil, há um pagamento mínimo de tarifa energética de acordo com o tipo de ligação elétrica utilizada na residência. Para as residências que utilizam ligação monofásica o pagamento mínimo é de 25 kW, para residências com ligação bifásica o pagamento mínimo é de 50kW e para ligações trifásicas o mínimo a pagar é por 100kW.

2.7 Programa de bandeiras tarifárias

No ano de 2015 entrou em vigor o programa de bandeiras tarifárias determinado pelo governo federal através da ANEEL. O sistema possui três bandeiras: verde, amarela e vermelha (as mesmas cores dos semáforos) e indicam se a energia custa mais ou menos, em função das condições de geração de eletricidade:

- Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;
- Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,015 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;
- Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora kWh consumido.
- Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,045 para cada quilowatt-hora kWh consumido.

A cada mês, as condições de operação do sistema são reavaliadas pelo Operador Nacional do Sistema Elétrico - ONS, que define a melhor estratégia de geração de energia para atendimento da demanda. A partir dessa avaliação, definem-se as térmicas que deverão ser acionadas. Se o custo variável da térmica mais cara for menor que R\$ 200/MWh, então a bandeira é verde. Se estiver entre R\$ 200/MWh e R\$ 388,48/MWh, a bandeira é amarela. E se for maior que R\$ 388,48/MWh, a bandeira será vermelha (ANEEL, 2016).

2.8 Sistema de compensação de créditos

Durante o dia, nos períodos em que o consumo de eletricidade é baixo, pode ocorrer excedente de energia – ou seja, o sistema fotovoltaico produz mais energia do que o consumidor precisa. Neste caso o consumidor exporta energia para a rede pública, tornando-se um gerador de eletricidade. Ao exportar eletricidade, o proprietário do sistema fotovoltaico recebe um crédito de energia. Este crédito pode ser utilizado posteriormente através de um desconto na conta de eletricidade do próximo mês, podendo também ser acumulado em meses posteriores caso não seja utilizado. O sistema de créditos de energia foi criado no Brasil com a publicação da resolução N° 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) em abril de 2012. Segundo as novas regras, que começaram a valer em 1° de março de 2016, é permitido o uso de qualquer fonte renovável, além da cogeração qualificada, denominando-se microgeração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (KW) e minigeração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica), conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras. Quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período, o consumidor fica com créditos que podem ser utilizados para diminuir a fatura dos meses seguintes.

De acordo com as novas regras, o prazo de validade dos créditos passou de 36 para 60 meses, sendo que eles podem também ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado “autoconsumo remoto”. Caso a energia injetada na rede seja superior à consumida, cria-se um “crédito de energia” que não pode ser revertido em dinheiro, mas pode ser utilizado para abater o consumo da unidade consumidora nos meses subsequentes ou em outras unidades de mesma titularidade (desde que todas as unidades estejam na mesma área de concessão), com validade de 60 meses.

Assim, compete ao consumidor a iniciativa de instalação de micro ou mini geração distribuída – a ANEEL não estabelece o custo dos geradores e tampouco eventuais condições de financiamento que é o objeto de estudo deste trabalho. Por fim, é importante ressaltar que, para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de

disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico).

2.9 Método do valor presente líquido (VPL)

Segundo Kassai et al. (2005), o método do valor presente líquido (VPL) é um dos sofisticados instrumentos mais utilizados na avaliação de propostas de investimentos de capital. Ele mostra a quantia em valores monetários do investimento medida através da diferença entre as entradas de fluxo de caixa e a saídas do fluxo de caixa, a determinada taxa de desconto. O VPL pode ser obtido através da seguinte fórmula:

$$VPL = \frac{FC_0}{(1+i)^0} + \frac{FC_1}{(1+i)^1} + \frac{FC_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+i)^n} \quad (1)$$

Onde: FC = Fluxos de caixa esperados (entradas ou saídas)

i = Taxa de atratividade (desconto)

A análise é feita a partir do valor resultante do VPL, no qual o investimento se torna atraente se o VPL for maior ou igual a zero.

Motta e Calôba (2013) descrevem que geralmente o fluxo de caixa padrão é constituído no início por fluxos de caixa pontuais negativos e do meio ao fim por fluxos positivos. Desta forma, o ponto crucial são os fluxos de caixa líquidos do projeto em cada período.

2.10 Payback

Segundo Rezende e Oliveira (2001), o período de *payback* é calculado com o intuito de verificar o intervalo de tempo necessário para que o capital investido seja recuperado. Não há uma definição previamente definida do tempo necessário para que isso ocorra, porém quanto mais rápido os recursos investidos forem recuperados, mais conveniente ou mais viável economicamente é o projeto.

2.10.1 Payback Original

Também chamado de prazo de recuperação do capital, o *payback* original é calculado somando-se os valores dos fluxos de caixa negativos com os valores dos fluxos de caixa positivos, até que essa soma seja igual ou próximo a zero. Vale ressaltar que este método não considera o “valor do dinheiro no tempo”, ou seja, os valores não são baseados em valores descontados. Pode-se ainda destacar mais duas deficiências deste método:

- Não é dada importância à magnitude dos fluxos de caixa e sua divisão nos períodos que antecipam ao período de *payback*;
- Não é ressaltada a importância dos fluxos de caixa que acontece após o período de *payback*.

Contudo, independente de ser um método chamado “não exato”, este método é utilizado para complementar a análise de risco dos projetos (KASSAI, et al.2005).

2.10.2 *Payback* Descontado

O *payback* descontado considera o valor temporal do dinheiro, ou seja, atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de aplicação no mercado financeiro, trazendo os fluxos a valor presente, para depois calcular o período de recuperação. É imprudente considerar este método como decisão de investimento, pois não contempla os fluxos de caixa após o período de recuperação. Este método pode levar a escolha de um projeto que tenha um prazo de retorno inferior a outro com período mais longo, mas que possa gerar maior riqueza para o proprietário, ou seja, que apresente um VPL maior.

A análise deste método é similar ao do *payback* original, porém é fundamentada em valores descontados, que são os valores os quais foram levados ao período zero através da taxa mínima de atratividade (TMA) do projeto e assim pode-se verificar o prazo de recuperação do capital (FONSECA, 2016).

2.10.3 *Payback* Total

O *payback* total trás uma metodologia na qual busca minimizar as falhas deixadas pelos outros métodos de *payback* já descritos anteriormente. Com isso, este método, além de trabalhar com os fluxos de caixa descontados pela TMA e considerar os fluxos existentes após os períodos apurados anteriormente, é feito o cálculo que consiste em comparar o total de investimentos (fluxos negativos) com os lucros (fluxos positivos) e multiplicar essa razão pelo número total de período do projeto. Assim, a fórmula fica:

$$Payback\ Total = \frac{\text{investimentos}}{\text{lucros}} \times n^{\circ}\ \text{anos} \quad (2)$$

Diferente do modelo original, este método não mostra exatamente o período de recuperação do projeto, mas mostra um período de equilíbrio ao longo de todo o prazo do projeto. Pode-se ainda obter o *payback* total multiplicando o inverso do índice de lucratividade pelo número total de períodos do projeto. Portanto, esse novo método do cálculo do *payback* denomina-se “*duration* do projeto”, no qual um projeto dito mais “jovem” indica maior flexibilidade diante de riscos a que estão sujeitos (KASSAI, et al, 2005).

2.11 Taxa Interna de Retorno (TIR)

Segundo Hoji (2006), a Taxa Interna de Retorno (TIR) também é conhecida como taxa de desconto do fluxo de caixa. A TIR é uma taxa de juros, a qual está implícita numa série de pagamentos (saídas) e recebimentos (entradas), cuja função é de descontar um valor futuro ou aplicar o fator de juros sobre um valor presente, dependendo do caso, para trazer ou levar cada valor do fluxo de caixa para uma data focal (data base de comparação de valores correntes de diversas datas) e é calculada pela fórmula (3):

$$VPL = \frac{FC_0}{(1+TIR)^0} + \frac{FC_1}{(1+TIR)^1} + \frac{FC_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{FC_n}{(1+TIR)^n} \quad (3)$$

Para Gitman (2002), o método da Taxa de Retorno, usado para análise de investimentos, assume implicitamente que todos os fluxos intermediários de caixa são reinvestidos à própria TIR calculada para o investimento. As decisões do tipo “aceitar-rejeitar” acontecem da seguinte forma: quando a TIR for maior que o custo de capital (taxa mínima de atratividade), se aceita o projeto; se for menor, rejeita-se o projeto. Esse critério garante que a empresa esteja obtendo, pelo menos, sua taxa requerida de retorno. Tal resultado pode fazer com que o valor de mercado da empresa aumente e, conseqüentemente, a riqueza dos seus proprietários.

3 METODOLOGIA

3.1 Classificação da pesquisa

A natureza da presente pesquisa é classificada como pesquisa aplicada, pois segundo Gil (2010), a pesquisa aplicada está voltada à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação numa situação específica, envolvendo verdades e interesses locais.

Portanto, para o presente estudo serão feitas pesquisas referente ao assunto abordado visando o desenvolvimento científico com maior conhecimento do tema a fim de fazer uma análise dos custos de investimentos e proporcionar um retorno mais rápido deste capital investido.

Em sua dissertação, Gonçalves (2013), faz a análise de investimento do estudo feito iniciando pelo levantamento dos custos iniciais para que na sequência aplique o método do valor presente líquido e do *Payback* no fluxo de caixa realizado.

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa é classificada como quantitativa tendo em vista que os resultados serão traduzidos em informações as quais serão classificadas e analisadas. Para justificativa desta abordagem, será utilizado as ferramentas VPL (Valor Presente Líquido) e *Payback*.

Do ponto de vista de seus objetivos, a pesquisa exploratória é considerada uma pesquisa preliminar, mais superficial, que se caracteriza pela existência de poucos dados disponíveis. “Muitas vezes, por não ter clareza sobre um determinado problema, o pesquisador vale-se inicialmente desse tipo de pesquisa [...] Alguns autores a veem como um estudo inicial para a realização de outro tipo de pesquisa” (RODRIGUES, 2006, p. 90).

O tipo de metodologia utilizada será a pesquisa bibliográfica e o estudo de caso. Para Barros e Lehfeld (2007), a pesquisa bibliográfica é um tipo de pesquisa cujo efeito é tentar resolver um problema ou adquirir conhecimento a partir do emprego predominante de informação advinda de material gráfico, sonoro e informatizado. Esta tipologia permite obter uma postura científica quanto à elaboração de informações da produção científica já existente, quanto à elaboração de relatórios e quanto à sistematização do conhecimento que lhe é transmitido no dia-a-dia.

Referente ao estudo de caso, Gil (2010) afirma que essa modalidade consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que permita seu amplo e detalhado conhecimento. Para o autor, os propósitos do estudo de caso não são os de proporcionar o conhecimento preciso das características de uma população, mas sim o de proporcionar uma

visão global do problema ou de identificar possíveis fatores que o influenciam ou são por ele influenciados.

Para a cidade de Dourados-MS, utilizamos uma plataforma que disponibiliza os valores da irradiação solar diária média ao informarmos a latitude e longitude do local a ser estudado. Abaixo, a tabela 1 mostra os valores obtidos para cada mês e a média anual.

Tabela 1- Irradiação solar diária média mensal na cidade de Dourados –MS.

Irradiação solar diária média mensal (kWh/m².dia)	
Jan	5,09
Fev	5,12
Mar	5,37
Abr	5,03
Mai	5,02
Jun	4,53
Jul	4,94
Ago	4,82
Set	4,38
Out	5,37
Nov	5,57
Dez	5,15
Média	5,03

Fonte: Elaborada pelo autor baseado em: CRESESB/SunData.

Para a elaboração do estudo de viabilidade econômica, foi considerada uma residência na cidade de Dourados - MS cujo consumo médio mensal de energia elétrica é de 280 kWh/mês onde o tipo de rede é de baixa tensão classificada no grupo B em sistema bifásico. Foi usada a planilha presente no apêndice B para o dimensionamento do sistema fotovoltaico, onde o resultado nos deu o número necessário de placas fotovoltaicas para atender a demanda exigida assim como a potência do inversor a ser utilizado.

Referente aos orçamentos pesquisados, quando pretende fazer um estudo de economia, a primeira aquisição que se deve fazer é o orçamento do que se deseja implantar, para saber qual o valor a ser investido. Visando a viabilidade econômica, foram feitos dois orçamentos com as empresas que trabalham no ramo de energia solar com sistema fotovoltaico conectado à rede. As empresas foram contatadas pela internet, onde disponibilizam os kits prontos de acordo com a necessidade de cada empreendimento. Foram analisados alguns orçamentos de

kits prontos para instalação, dentre os quais foi escolhido àquele que supre as necessidades do consumo estipulado no presente estudo.

Foi levado em consideração o valor do projeto elétrico e da mão de obra, que foram valores estipulados, pois nenhuma empresa consegue informar ao certo quanto custaria um projeto deste porte. Porém, essa dificuldade encontrada não foi um empecilho para a realização do estudo.

Desta forma, acredita-se que o método de análise de dados escolhido contribui para a organização de novas informações, fornece ao leitor uma melhor compreensão e, ainda, promove a discussão do assunto no meio acadêmico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Orçamentos

O orçamento 1 foi escolhido pois atende a necessidade de nosso sistema estudado, tanto em capacidade de geração como na disposição completa dos materiais necessários. Ao compararmos com o outro orçamento, vemos que a capacidade de geração do segundo não nos atende.

Orçamento 1

Tabela 2 - Orçamento 1 Fonte: Elaborada pelo autor.

Empresa: Neosolar	Capacidade de geração: 290 kWh/mês
Produto	Quantidade
Painel solar fotovoltaico 260Wp - <i>Canadian</i> CSI CS6P-260p	8
Inversor Fronius Galvo 2.0-1 (2.000W)	1
Quadro Elétrico Fotovoltaico (<i>Stringbox</i>), 2 <i>string</i> IP65 25A 1000V	1
Cabo solar Prysmian Afumex 4mm ² Preto 1kV	15 m
Cabo solar Prysmian Afumex 4mm ² Vermelho 1kV	15 m
Conector MC4 (par)	2
Kit de montagem Thesan para telhado metálico e fibrocimento inclinado - 4 painéis fotovoltaicos	2
Jogo de conexão para perfis Thesan Universal Medium	1
Valor total do Kit	R\$ 17.730,84
Mão de obra (5%)	R\$ 886,54
Projeto elétrico	R\$ 500,00
Medidor Bidirecional	R\$ 240,00
Valor Total	R\$ 19.357,38

Orçamento 2

Tabela 3 - Orçamento 2. Fonte: elaborada pelo autor.

Empresa: EnergyShop	Capacidade de geração: 253 kWh/mês	
	Produto	Quantidade
	Painéis Solares Fotovoltaicos <i>Canadian</i> ou afim	8
	Inversor ABB	1
	Kit Estrutural para fixação de 8 painéis solares	1
	Cabo solar 6 mm preto	20 m
	Cabo solar 6 mm verde	20 m
	Quadro elétrico fotovoltaico (<i>string box</i>) 1 corda / 1 saída DC 3/5kW	1
	Kit conectores <i>multicontact_MC4</i> .	2
	Valor total do Kit	R\$ 19.957,94
	Mão de obra (5%)	R\$ 886,54
	Projeto elétrico	R\$ 500,00
	Valor Total	R\$ 21.344,48

4.2 Custos da mão de obra para instalação

Quando se fala no custo da mão de obra, seja para qual for o serviço, há sempre muitas divergências sobre o assunto em relação ao preço e ao tipo de método aplicado para a cotação. A seguir, listaram-se alguns métodos utilizados na estimativa do custo da mão de obra e ao final foi escolhido um método para ser aplicado no estudo.

4.2.1 Método 1 - Por estimativa de esforços

Nesse método, você levanta o esforço para cada etapa de serviço a ser executada, define a(s) equipe(s) que vai trabalhar nessa etapa e o somatório total seria seu custo direto. Paralelo a isso, levamos em consideração os custos de mão de obra indireta (exemplo, visitas do engenheiro ou supervisor a obra) e outros custos como treinamentos de NR10/35, PPRA, PCMSO e outros que possam incidir.

Somando tudo obtemos os custos dos serviços (em contabilidade, isso seria o Custo dos Serviços Vendidos). Com isso em mãos, a priori podemos chegar a seu preço de venda.

4.2.2 Método 2 - Por porcentagem dos custos totais do projeto

Este é um dos métodos mais utilizados no mercado devido ao fato de se levar em consideração o tamanho do sistema a ser instalado. Quanto maior, mais caro será o custo deste sistema e, portanto, leva-se em consideração uma porcentagem desse custo para calcular a mão de obra. As porcentagens são:

5% para sistemas até 10 kWp.(kilo-watt-pico)

4% entre 11 kWp e 30 kWp.

3% acima de 30 kWp.

4.2.3 Método 3 - Por horas trabalhadas

Essa metodologia de cobrar por hora é mais aplicada a serviços intelectuais, em serviços que eu tenho um escopo determinado e claro, a cobrança por hora trabalhada passa os riscos para o cliente (exemplo, chuvas, greves de ônibus, etc).

O senso comum entende que essas atividades são riscos do negócio, então, o cliente não deveria topá-lo.

Portanto, para o estudo, o mais viável e o que vem sendo mais praticado no mercado é o método 2. Como nosso sistema estimado está abaixo de 10 kWp, o custo da mão de obra ficará em 5% do valor total do kit.

4.3 Tipos de tarifas

Na região de Dourados, a concessionária responsável pela distribuição de energia elétrica é a Energisa. A empresa contém tarifas que diferencia o preço de acordo com a classe e isso pode afetar o estudo de acordo com a classe em que a residência se encaixa. A tabela 4 mostra as diferentes classes e o valor cobrado por cada uma delas.

Tabela 4 - Tipos de tarifas. Fonte: Energisa.

MODALIDADE TARIFÁRIA CONVENCIONAL - BAIXA TENSÃO		TUSD + TE
TARIFAS	CLASSES	CONSUMO (R\$/KWh)
B1	RESIDENCIAL SEM BENEFÍCIO	0,49925
	RESIDENCIAL BR - CONSUMO ATÉ 30 KWH	0,17152
	RESIDENCIAL BR - CONSUMO DE 31 A 100 KWH	0,29403
	RESIDENCIAL BR - CONSUMO DE 101 A 220 KWH	0,44106
	RESIDENCIAL BR - CONSUMO ACIMA DE 220 KWH	0,49006
B2	RURAL	0,34497
	RURAL IRRIGAÇÃO	0,11532
	COOPERATIVA ELETRIF RURAL	0,34559
	SERVIÇO DE IRRIGAÇÃO	0,29954
B3	COMERCIAL SERVIÇOS E OUTROS	0,49925
	INDUSTRIAL	0,49925
	PODERES PÚBLICOS	0,49925
	SERVIÇO PÚBLICO	0,42436
B4	ILUMINAÇÃO PÚBLICA	-
	B4A - REDE DE DISTRIBUIÇÃO	0,27459
	B4B - BULBO DA LÂMPADA	0,29954

4.4 Cálculo do consumo de energia mensal

O consumo médio a ser calculado é de 280 kWh/mês. O custo tarifário da energia elétrica na cidade de Dourados-MS é de R\$ 0,499250, como mostrado na tabela 4 na classe residencial sem benefício. Nessa faixa de consumo, a alíquota do ICMS é de 20%, PIS 1,3% e o Cofins de 6%. Para o consumo acima de 100 kWh/mês, é cobrada a taxa de iluminação pública de 10%. Na tabela 5 é possível ver como foi calculado o consumo de energia mensal utilizado no estudo.

Tabela 5 - Cálculo do consumo de energia mensal. Fonte: Elaborada pelo autor.

Descrição	Base de Cálculo	Índice	Total
Tarifa de energia	280 kW	0,49925	R\$ 139,79
PIS	139,79	1,30%	R\$ 1,82
Cofins	139,79	6%	R\$ 8,39
ICMS	139,79	20%	R\$ 27,96
Taxa de iluminação	139,79	10%	R\$ 13,98
Total	-	37,3%	R\$ 191,93

Portanto, o valor base a ser utilizado no estudo é R\$ 191,93, como mostrado na tabela 5. Esse valor é o que o consumidor pagaria mensalmente se não houvesse um sistema fotovoltaico instalado em sua residência.

4.5 Análise do retorno do investimento

Para chegar ao período de retorno do investimento foram feitos alguns cálculos. A tabela presente no apêndice A mostra os valores obtidos. Primeiramente adotou-se uma taxa de inflação de 10% para o custo da energia elétrica ao longo dos anos. Em seguida calculou-se o custo da energia no mês, o qual é o custo atual da energia elétrica multiplicada pelo valor consumido em kW/h, adotado como 280 kWh/mês neste estudo.

Com isso, obtêm-se o valor dos impostos no qual a soma total foi de 37,3% como pode ser visto na tabela 5. Para chegar ao valor gerado no ano, somou-se o valor dos impostos com o custo da energia mensal multiplicando este resultado por 12 meses.

Figura 7 - – Cálculo do valor gerado no ano.

	A	B	C	D	E	F	G
	RETORNO DO INVESTIMENTO						
1							
2			Inflação	10%	Valor atual da energia		R\$ 0,49925
3							
4	Ano	Custo da energia	Custo da energia/mês	Impostos	Valor dos impostos	Valor gerado no ano	Ganho Acumulado
5	1	R\$ 0,50	R\$ 139,79	37,3%	R\$ 52,14	$=(C5+E5)*12$	R\$ 2.303,18

Fonte: elaborado pelo autor.

Esse valor gerado no ano é o valor economizado todo ano, portanto o ganho acumulado ao longo dos anos nos dá o *payback*, ou seja, quando o valor acumulado chegar ao valor investido, este será o tempo de retorno do investimento. O apêndice A apresenta que neste estudo que o valor investido se pagará em aproximadamente 7 anos.

O apêndice B apresenta uma imagem da planilha utilizada para fazer o dimensionamento do sistema, onde os campos em amarelo foram inseridos os dados deste estudo de viabilidade econômica. No que se refere ao custo do projeto, foi inserido os valores de cada item do orçamento escolhido e os valores estipulados do projeto elétrico e do relógio medidor bidirecional.

Para efeito dos cálculos, foram levados em consideração os impostos cobrados na conta de energia elétrica, porém não há como estimar esse valor ao longo de 30 anos, então se adotou como base o valor que é cobrado hoje.

A vida útil de um painel solar fotovoltaico está entre 25 e 30 anos podendo ser superior a isso, segundo a maioria dos fabricantes. Por isso, o estudo levou em consideração o prazo de 30 anos para a estimativa do investimento.

Para encontrar o valor presente líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR), usou-se a função VPL e TIR, respectivamente, do Excel, na qual o resultado nos deu um VPL de R\$ 43.456,62 e a TIR de 21%. Através desta análise quantitativa, vemos que esse investimento é compensatório dentro do prazo estipulado, tendo em vista que o cálculo do VPL é positivo, isso nos faz pensar que o investimento é viável.

$$VPL = -19.357,38 + \frac{2.303,18}{(1 + 0,1)^1} + \frac{2.533,50}{(1 + 0,1)^2} + \frac{2.786,85}{(1 + 0,1)^3} + \dots + \frac{36.535,56}{(1 + 0,1)^{30}}$$

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo permitiu ao leitor ter uma compreensão e um conhecimento maior da energia solar fotovoltaica, além de uma visão mais ampla de um sistema conectado à rede elétrica, tendo como objetivo mostrar a viabilidade econômica de um projeto desse porte. Através da revisão bibliográfica vemos quão importante é olhar para o desenvolvimento sustentável auxiliando a sociedade como um todo sem acabar com os recursos naturais dos quais temos disponíveis, de modo que podemos incluir os aspectos econômicos, ecológicos e sociais.

O estudo mostrou plena viabilidade econômica, levando em consideração a inflação da tarifa de energia elétrica e os impostos cobrados na conta de energia elétrica, nota-se que com a implantação de um sistema de placas solar fotovoltaicas conectadas à rede em uma residência com consumo mensal de energia elétrica de 280 kWh, o consumidor deixaria de pagar R\$ 191,93 por mês, tendo uma economia de aproximadamente R\$ 2303,18 anualmente e com isso o sistema se pagaria em cerca de 7 anos.

Fica evidente que a implantação de um sistema fotovoltaico conectado à rede tem relevada importância em relação ao meio ambiente, pois reduz a produção de gás carbônico devido à sua produção de energia ser de forma limpa e sem resíduos. O sistema serve como base para empresas que tenham interesse no investimento em novas fontes de energia renováveis.

Ao compararmos este estudo com o de Teixeira, Carvalho e Leite (2011) vemos que, apesar de algumas diferenças no propósito de estudo, os custos e o valor do investimento de ambos foi muito parecido, tornando de forma equivalente a viabilidade do projeto.

Como o estudo foi feito para uma residência com um consumo médio de 280 kWh/mês, podemos ver que um sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica é viável para casas a partir desse padrão que foi utilizado no estudo.

Portanto, ao longo de todo o estudo, nota-se a necessidade de investimentos nesse tipo de tecnologia no Brasil, pois só assim é possível fazer com que os preços diminuam tendo em vista que a maioria dos painéis é importada, devido à sua qualidade em relação a eficiência e tempo de vida útil se comparados com painéis fabricados no Brasil.

REFERÊNCIAS

ADAM, Aminu Dankaka; APAYDIN, Gokhan. Grid connected solar photovoltaic system as a tool for green house gas emission reduction in Turkey. **Renew Able And Sustainable Energy Reviews**. Gaziantep, p. 1086-1091. set. 2015.

ADARAMOLA, Muyiwa S.. Techno-economic analysis of a 2.1 kW rooftop photovoltaic-grid-tied system based on actual performance. **Energy Conversion And Management**. Ås, Norway, p. 85-93. maio 2015

ANEEL, Agência Nacional de Energia Elétrica – **RESOLUÇÃO NORMATIVA Nº 547, DE 16 DE ABRIL DE 2013.**:Estabelecer os procedimentos comerciais para aplicação do sistema de bandeiras tarifárias.. 2013. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2013547.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2016.

ANEEL. **Bandeiras Tarifárias**. 2016. Disponível em: <<http://www.aneel.gov.br/bandeiras-tarifarias>>. Acesso em: 05 abr. 2016.

BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. A pesquisa e a iniciação científica: Pesquisa bibliográfica. In: BARROS, Aidil Jesus da Silveira; LEHFELD, Neide Aparecida de Souza. **Fundamentos de Metodologia científica**. São Paulo: Pearson, 2007. p. 85

BENEDITO, R. S. **Caracterização de Geração Distribuída de Eletricidade por Meio de Sistemas Fotovoltaicos Conectados á Rede, no Brasil, Sob os Aspectos Técnicos, Econômico e Regulamento**. São Paulo, 2009.

BITU, R. S.; BORN, P. H. **Tarifas de Energia: Aspectos Conceituais e Metodológicos**, 1. ed. São Paulo; MM Editora Ltda, 1993. 173 p.

BORGES, Cristiano M. Energia, **capitalismo inclusivo e desenvolvimento sustentável**: chaves para a quebra de um paradigma. Dissertação de Mestrado em Energia, Programa de Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, SP. 2007.

CABRAL, Isabelle; VIEIRA, Rafael. **Viabilidade econômica x viabilidade ambiental do uso de energia fotovoltaica no caso brasileiro**: uma abordagem no período recente. In: III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, 2012,. Goiania: Ibeas, 2012. P. 1 - 12.

CRESESB. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. 2014. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf>.

Acesso em: 26 mar. 2016

ENERGISA. **Tipos de tarifas**. 2016. Disponível em: <<http://www.energisa.com.br/Paginas/informacoes/taxas-prazos-e-normas/tipos-tarifas.aspx>>.

Acesso em: 13 ago. 2016

ENERGY, Bosch Solar. **Bosch Solar Energy. Corporate Presentation. Solar Energy**. Disponível em: <<http://docplayer.org/5846594-Bosch-solar-energy-corporate-presentation-solar-energy.html>>. Acesso em: 25 mar. 2016.

FONSECA, Yonara Daltro da. **TÉCNICAS DE AVALIAÇÃO DE INVESTIMENTOS: UMA BREVE REVISÃO DA LITERATURA**. Disponível em: <http://www.infinitaweb.com.br/albruni/artigos/a0303_CAR_AvalInvest.pdf>. Acesso em: 02 maio 2016.

FUGIMOTO, Sérgio Kinya. **Estrutura de tarifas de energia elétrica análise crítica e proposições metodológicas**. 2010. 207 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Elétrica, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010.

GITMAN, Lawrence J. **Princípios de Administração Financeira**, 7ª ed. São Paulo: HARBRA, 2002. 841 p.

GONÇALVES, Franciane Andreza Veloso dos Santos. **Avaliação técnica e econômica da implantação de sistemas fotovoltaicos no aeroporto internacional de Belém**. 2013. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Elétrica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2013.

HASHIMURA, Luís de M. **Aproveitamento do Potencial de Geração de Energia Elétrica por Fontes Renováveis Alternativas no Brasil: Instrumentos de Política e Indicadores e Progresso**. Dissertação de Mestrado em Planejamento Energético, Programa de PósGraduação em Planejamento Energético, Universidade Federal do Rio de Janeiro, RJ. 2012.

HOJI, Masakazu. **Administração Financeira: uma abordagem pratica**. 5ª ed. São Paulo: ATLAS, 2006. 525.

IPEA. **Energia fotovoltaica ligada à rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico**. 2013. Disponível em:

<http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/963/1/TD_1812.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2016

KASSAI, José Roberto et al. **Retorno de Investimento: Abordagem Matemática e Contábil do Lucro Empresarial**. São Paulo: Atlas, 2005

MOTTA, Regis da Rocha; CALÔBA, Guilherme Marques. **Análise de Investimentos: Tomada de decisão em projetos industriais**. São Paulo: Atlas, 2013

PEREIRA, Enio Bueno et al. Atlas Brasileiro de Energia Solar. **Swera**, São José dos Campos, Ed. 1, p.1-64, 2006.

PINHO, J.T. et al. **Sistemas Híbridos – Soluções energéticas para Amazônia**. MME, Brasília, 2008.

REZENDE, J. L. P.; OLIVEIRA, A. D. **Análise econômica e social de projetos florestais**. Viçosa: Editora UFV, 2001. 389 p.

SOCIOECONÔMICOS, Departamento Intersindical de Estatísticas e Estudos - DIEESE. **Comportamento das tarifas de energia elétrica no Brasil**. 2015. Disponível em: <<http://www.dieese.org.br/notatecnica/2015/notaTec147eletricidade.pdf>>. Acesso em: 25 fev. 2016

SOL, América do. **Silício Cristalino**. Disponível em: <<http://www.americadosol.org/silicio-cristalino/>>. Acesso em: 24 mar. 2016.

SOLAR, Portal. **Energia Solar no Brasil**. Disponível em: <<http://www.portalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil.html>>. Acesso em: 16 fev. 2016

SOLAR, Real. **Os sistemas conectados à rede**. Disponível em: <<http://real-solar.com/como-funciona.php>>. Acesso em: 24 mar. 2016

SUZUKI, Eimi Veridiane; REZENDE, Fernanda Dutra. **ESTUDO DA UTILIZAÇÃO DA GERAÇÃO FOTOVOLTAICA PARA AUXILIAR A SUPRIR A DEMANDA CRESCENTE DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL**. 2013. 63 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Eficiência Energética, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

TEIXEIRA, Alexandre de Almeida; CARVALHO, Matheus Costa; LEITE, Leonardo Henrique de Melo. **ANÁLISE DE VIABILIDADE PARA A IMPLANTAÇÃO DO**

SISTEMA DE ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL. **E-xacta**, Belo Horizonte, v. 4, n. 3, p.117-136, dez. 2011.

THE GREEN GRID: **Energy Savings and Carbon Emissions Reductions Enabled by a Smart Grid**, EPRI Technical Update Report 1016905, June 2008.

TOCANTINS, G1. **Lei concede benefícios para morador que usar energia solar em Palmas**. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2016/03/lei-concede-beneficios-para-morador-que-usar-energia-solar-em-palmas.html>>. Acesso em: 04 abr. 2016.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações**. 2. ed. São Paulo: érica | Saraiva, 2015. 224 p

APÊNDICE A

RETORNO DO INVESTIMENTO

RETORNO DO INVESTIMENTO						
		Inflação	10%	Valor atual da energia		R\$ 0,49925
Ano	Custo da energia	Custo da energia/mês	Impostos	Valor dos impostos	Valor gerado no ano	Ganho Acumulado
1	R\$ 0,50	R\$ 139,79	37,3%	R\$ 52,14	R\$ 2.303,18	R\$ 2.303,18
2	R\$ 0,55	R\$ 153,77	37,3%	R\$ 57,36	R\$ 2.533,50	R\$ 4.836,68
3	R\$ 0,60	R\$ 169,15	37,3%	R\$ 63,09	R\$ 2.786,85	R\$ 7.623,53
4	R\$ 0,66	R\$ 186,06	37,3%	R\$ 69,40	R\$ 3.065,53	R\$ 10.689,06
5	R\$ 0,73	R\$ 204,67	37,3%	R\$ 76,34	R\$ 3.372,09	R\$ 14.061,14
6	R\$ 0,80	R\$ 225,13	37,3%	R\$ 83,97	R\$ 3.709,29	R\$ 17.770,44
7	R\$ 0,88	R\$ 247,65	37,3%	R\$ 92,37	R\$ 4.080,22	R\$ 21.850,66
8	R\$ 0,97	R\$ 272,41	37,3%	R\$ 101,61	R\$ 4.488,25	R\$ 26.338,91
9	R\$ 1,07	R\$ 299,65	37,3%	R\$ 111,77	R\$ 4.937,07	R\$ 31.275,98
10	R\$ 1,18	R\$ 329,62	37,3%	R\$ 122,95	R\$ 5.430,78	R\$ 36.706,76
11	R\$ 1,29	R\$ 362,58	37,3%	R\$ 135,24	R\$ 5.973,86	R\$ 42.680,61
12	R\$ 1,42	R\$ 398,84	37,3%	R\$ 148,77	R\$ 6.571,24	R\$ 49.251,86
13	R\$ 1,57	R\$ 438,72	37,3%	R\$ 163,64	R\$ 7.228,37	R\$ 56.480,22
14	R\$ 1,72	R\$ 482,59	37,3%	R\$ 180,01	R\$ 7.951,20	R\$ 64.431,42
15	R\$ 1,90	R\$ 530,85	37,3%	R\$ 198,01	R\$ 8.746,32	R\$ 73.177,75
16	R\$ 2,09	R\$ 583,94	37,3%	R\$ 217,81	R\$ 9.620,95	R\$ 82.798,70
17	R\$ 2,29	R\$ 642,33	37,3%	R\$ 239,59	R\$ 10.583,05	R\$ 93.381,75
18	R\$ 2,52	R\$ 706,56	37,3%	R\$ 263,55	R\$ 11.641,36	R\$ 105.023,11
19	R\$ 2,78	R\$ 777,22	37,3%	R\$ 289,90	R\$ 12.805,49	R\$ 117.828,60
20	R\$ 3,05	R\$ 854,94	37,3%	R\$ 318,89	R\$ 14.086,04	R\$ 131.914,64
21	R\$ 3,36	R\$ 940,44	37,3%	R\$ 350,78	R\$ 15.494,64	R\$ 147.409,28
22	R\$ 3,69	R\$ 1.034,48	37,3%	R\$ 385,86	R\$ 17.044,11	R\$ 164.453,39
23	R\$ 4,06	R\$ 1.137,93	37,3%	R\$ 424,45	R\$ 18.748,52	R\$ 183.201,91
24	R\$ 4,47	R\$ 1.251,72	37,3%	R\$ 466,89	R\$ 20.623,37	R\$ 203.825,28
25	R\$ 4,92	R\$ 1.376,89	37,3%	R\$ 513,58	R\$ 22.685,71	R\$ 226.510,98
26	R\$ 5,41	R\$ 1.514,58	37,3%	R\$ 564,94	R\$ 24.954,28	R\$ 251.465,26
27	R\$ 5,95	R\$ 1.666,04	37,3%	R\$ 621,43	R\$ 27.449,71	R\$ 278.914,97
28	R\$ 6,55	R\$ 1.832,65	37,3%	R\$ 683,58	R\$ 30.194,68	R\$ 309.109,65
29	R\$ 7,20	R\$ 2.015,91	37,3%	R\$ 751,93	R\$ 33.214,14	R\$ 342.323,79
30	R\$ 7,92	R\$ 2.217,50	37,3%	R\$ 827,13	R\$ 36.535,56	R\$ 378.859,35

APÊNDICE B

Dimensionamento de sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica				
Dados do módulo fotovoltaico em STC			Cálculo da eficiência (se não for informada no catálogo)	
Modelo:	CS6P-260 265P	Canadian	Área do módulo:	1,60 m ²
Potência de pico:	260	Wp	Eficiência:	16,3 %
Eficiência informada no catálogo:	16,0	%		
Dados da localidade				
Cidade:	Dourados-MS			
Energia diária (média anual):	5030	Wh/m ² /dia		
Dados do inversor				
Modelo:	Inversor Genérico			
Potência nominal	2000	W		
Eficiência:	95	%		
Dimensionamento				
Energia mensal desejada	280	kWh		
Energia produzida por módulo	36,69888	kWh		
Número de módulos	8			
Área dos módulos	13	m ²		
Potência de pico dos módulos	2080	Wp		
Fator de dimensionamento dos inversores	80	%		
Potência necessária dos inversores	1664	W		
Número de inversores	1			
Custos do projeto				
	Quantidade	Unidade	Unitário	Total
Módulo	8	Unidade	R\$ 1.200,00	R\$ 9.600,00
Inversor	1	Unidade	R\$ 6.480,50	R\$ 6.480,50
Estrutura de montagem (para 4 módulos)	2	Unidade	R\$ 330,00	R\$ 660,00
Quadro Elétrico (stringbox)	1	Unidade	R\$ 630,84	R\$ 630,84
Cabo Solar	30	metros	R\$ 10,15	R\$ 304,50
Jogo de conexão	1	Unidade	R\$ 55,00	R\$ 55,00
Instalação (mão de obra)	1	-	R\$ 886,54	R\$ 886,54
Medidor de energia bidirecional	1	Unidade	R\$ 240,00	R\$ 240,00
Projeto elétrico	1	-	R\$ 500,00	R\$ 500,00
Valor do investimento:				R\$ 19.357,38
Análise econômica				
Custo por watt-pico do projeto			R\$ 9,31	/Wp