

AVALIAÇÃO DO CUSTO-BENEFÍCIO DA SUBSTITUIÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA TRADICIONAL POR PLACAS FOTOVOLTAICAS

Abraão Emerick Melo¹
Vitor Santos dos Reis¹
Carlos Eduardo Marques Cerqueira²
Irlane Bastos Costa²
Douglas Delazari Martins²
Mateus Zanirate de Miranda²
Rieder de Oliveira Neto²

rieder.neto@gmail.com

Área de conhecimento: Engenharias

RESUMO

O estudo objetivou a análise comparativa entre dois métodos de fornecimento de eletricidade, a fim de determinar e compreender as relações de cada fonte de energia. O desenvolvimento do estudo, foi baseado em levantamento de dados de uma propriedade privada, que oferece serviços de hotelaria, em que foram verificados os processos realizados, desde a obtenção, implementação e a comparação de custos entre os métodos de energia elétrica comum e sua substituição por energia fotovoltaica. As placas foram fornecidas por empresa privada, a instalação do sistema fotovoltaico, foi adicionado em solo, a partir de aterramento SPDA individual, sendo dispostas em orientação a 24° referente ao norte. Foi realizada a comparação entre os custos e a projeção de preços futuros na obtenção da energia solar, assim como a perspectiva dos retornos da implementação do sistema fotovoltaico. Verificou-se que o uso de energia alternativa é uma possibilidade e oportunidade para a redução dos gastos com o consumo de energia. Demonstrando que o investimento em placas fotovoltaicas para o uso de energia, comparadas ao uso de energia elétrica tradicional é compensatório, a atratividade é demonstrada quando em 3,25 há o retorno total do valor do investimento, o que se compara a uma taxa anual de juros de 17,2%.

Palavras-chave: energia renovável; fotovoltaica; custo-benefício.

1. INTRODUÇÃO

¹ Acadêmicos do curso de Engenharia Mecânica – Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – Matipó/MG

² Professores do curso de Engenharia Civil e Mecânica – Faculdade Vértice – UNIVÉRTIX – Matipó/MG

A eletricidade é a forma de energia amplamente utilizada pela população Bittencourt (2011), sendo essencial para o desenvolvimento social e econômico de uma sociedade, é o recurso necessário para melhorar o padrão e qualidade de vida da população (AHLBORG, HAMMAR, 2011).

O sistema elétrico no Brasil é baseado em energia gerada por meio de reservatórios hídricos, em períodos secos outras fontes são utilizadas como as termelétricas, que determina um recurso oneroso e podem acarretar impactos na distribuição e consumo da população (DANNA, 2019).

Com o crescimento populacional há certa demanda global que apresenta fortes tendências ao aumento de consumo de energia, principalmente no quesito industrial, na qual, os países em desenvolvimento poderão sofrer com esse aumento do crescimento populacional e das demandas energéticas, que não crescem na mesma proporção de oferta (REIS, VICHI e MELLO, 2014).

Shayani, Oliveira e Camargo (2006) já observaram a necessidade de ações estratégicas integradas às áreas econômicas, sociais e ambientais, dentre elas, as fontes de energia alternativas como os recursos fósseis, nucleares e solares.

As fontes de energia empregue por unidades e centros de consumos, apresentam impactos socioambientais, tendo a geração de energia descentralizada, o que torna atraente e apresenta perspectivas de implementação de novas fontes energéticas, como é o caso da energia solar (FEARNSIDE, 2015).

A energia solar a partir de células fotovoltaicas, é a conversão direta de radiação solar em eletricidade, que são a partir de sistemas fotovoltaicos acoplados em telhados e/ou arranjos independentes (BANG *et al.*, 2000).

Com isso, o presente estudo objetivou a análise comparativa entre dois métodos de fornecimento de eletricidade, a fim de determinar e compreender as relações de cada fonte de energia.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ENERGIA ELÉTRICA

A energia elétrica é uma das descobertas mais importantes, feita pelo homem, facilitando a vida da humanidade. A energia sempre existiu em várias formas naturais, como de raios e até mesmo em animais, mas para ser usada em grande escala, necessitou de aprimoramento (LIMA, 2019).

Os métodos de aperfeiçoamento, juntamente com o desenvolvimento de novas formas de geração e aproveitamento de energia, são frutos de descobertas e aplicação no cotidiano. Nesse contexto, paralelo a expansão populacional, há aumento na demanda energética caracterizando relação de dependência com o desenvolvimento da população (AMARAL, 2019). A geração de energia é crescente e apresenta constante incentivo para o aproveitamento de recursos disponíveis, tendo como fontes, as energias: solar, hidrelétrica, nuclear e eólica, que são transformadas em energia elétrica (MORAIS, 2015).

2.2. PRINCIPAL FONTE DE ENERGIA ELÉTRICA NO BRASIL

Os tipos de energia utilizadas mundialmente na produção de energia elétrica são provenientes de fontes não renováveis, como petróleo, carvão e gás natural. As grandes dependências de fontes não renováveis de energia têm acarretado, além da preocupação permanente com o seu esgotamento, a emissão de gases tóxicos e poluentes e material particulado. Dos gases liberados para a atmosfera, o mais preocupante do ponto de vista mundial é o dióxido de carbono (FREITAS; DATHEIN, 2013).

No Brasil o processo de produção e desenvolvimento de energia é crescente e determina um período de desenvolvimento econômico incerto, em contrapartida, a demanda por energia elétrica tem crescido, sendo assim, é necessário destacar que o país possui um vasto potencial na produção de combustíveis fósseis e participa do grupo de países em que a produção de eletricidade é proveniente, na sua maior parte, de usinas hidrelétricas (consideradas limpas e renováveis) (MORAIS, 2015).

2.3. CUSTO DO SISTEMA ELÉTRICO TRADICIONAL BRASILEIRO

Consoante com Borges (2021), Rodrigues e Oliveira (2017), o Brasil conta notadamente com uma fonte de produção de eletricidade com reduzidos custos relativos (hidrelétricas) por um aspecto; por outro aspecto, os custos de energia elétrica no Brasil são bastante elevados em relação ao de outros países. Historicamente a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) é o órgão regulador relacionado a cobrança de tarifas cobradas pela distribuição de energia elétrica aos consumidores finais (MAGALHÃES *et al.*, 2018).

No contexto mundial, os custos de energia elétrica no país registravam em 2014 a 11ª colocação de mais onerosa no ranking das 28 nações (Firjan, 2014). No ano de 2015, o país passou para a 5ª colocação desta pesquisa de mais cara tarifa residencial. De acordo com a ANEEL (2015), a tarifa cobrada, junto as moradias, pela eletricidade no Brasil registrou US\$ 174 por megawatt-hora, ultrapassado pelo Canadá (US\$ 107/MWh), seguido por Coreia do Sul (US\$ 110/MWh).

A ANEEL implementou o método de regulação por incentivos conhecido como preço-teto, nesse sentido, o órgão estipula um preço inicial limite a ser cobrado pela distribuição que permanece até o reajuste tarifário próximo, atualizando pelos índices gerais de preços menos um fator de produtividade fixado pela ANEEL (MAGALHÃES *et al.*, 2018). O regime de tarifas permite refletir os elementos de um mercado competitivo na tarifa, possibilitando que os retornos de produtividade sejam apropriados tanto pelas distribuidoras, quanto pelos consumidores. A composição de custos varia entre concessionárias, sendo o preço variável em cada distribuidora, a característica do mercado local, densidade dos consumidores, fatores na distribuição, entre outros, isso é significativo e demonstra as variações de preços regionais (DIEESE, 2007). As figuras 1 e 2 demonstram gráficos, que apresentam a variação de preço da energia elétrica em diferentes setores de consumo no Brasil e em Minas Gerais.

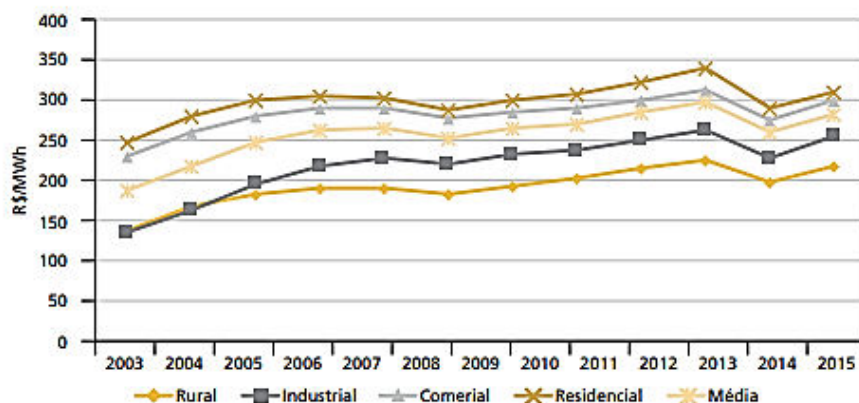


Figura 1: Evolução das tarifas médias de fornecimento por classe de consumo para o Brasil (2003-2015). (Valores correntes em R\$/MWh).
Fonte: ANEEL (2015).

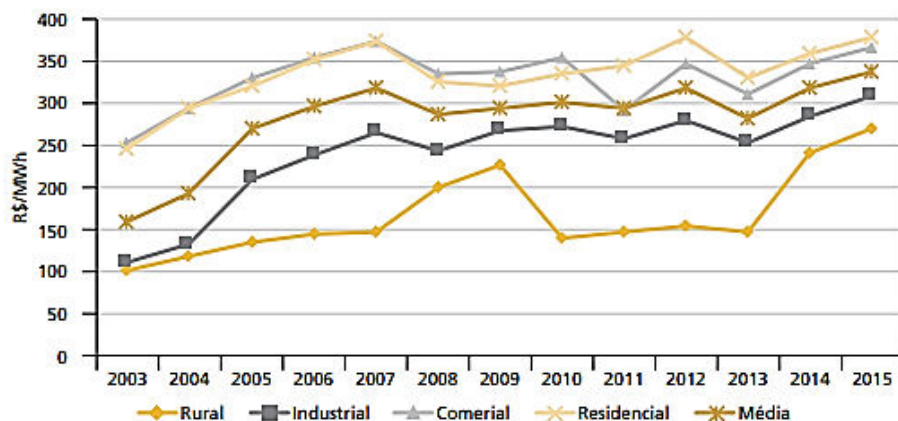


Figura 2: Evolução das tarifas médias de fornecimento por classe de consumo para Minas Gerais (2003-2015). (Valores correntes em R\$/MWh).
Fonte: ANEEL (2015).

O consumo de energia elétrica em Minas Gerais está concentrado no comércio, que responde por cerca de metade do gasto total em energia no estado. O outro grande usuário de energia são as famílias. O consumo residencial responde por quase 40% do gasto com energia.

2.4. ENERGIA FOTOVOLTAICA

A energia solar apresenta avanços e recuos como fonte de energia, uma das formas de uso são pela capacidade de converter diretamente luz solar em energia

elétrica, a partir de células fotovoltaicas. Apresentam-se como sistema promissor, com fonte sustentável e renovável energética (CARVALHO e CALVETE, 2010).

O método fotovoltaico utiliza uma célula solar, que é um aparelho conversor de luz solar em corrente elétrica, usando efeito fotoelétrico. Utilizando painéis solares foram desenvolvidos por Charles Fritts em 1883, que revestiu um semicondutor de selênio com uma camada fina de ouro para formar junções. Muitos estudos vieram desde então e há formas mais inovadoras de realizar essa condução, havendo formas mais simplificadas. É considerado um sistema inovador e na atualidade tem se tornado uma importante fonte de energia renovável (CARVALHO e CALVETE, 2010).

A produção do equipamento é predominantemente desenvolvida na Ásia, porém, seu uso é distribuído mundialmente. No ano de 2008 as vendas dos painéis solares totalizaram 5,6 gigawatts (GW), comparada a 2007 o aumento foi de 48%. Em 2009 houve um decréscimo nas vendas. Em 2010 foram publicados a partir da utilização de 7,1 GW, um aumento de 26%, 10,5 GW de novas instalações do sistema fotovoltaico (CARVALHO; CALVETE, 2010).

Atualmente existem vários exemplares de módulos produzidos, podendo ser rígidos ou flexíveis, de acordo com o tipo de célula empregada (PINHO e GALDINO, 2014). Em relação a fabricação dos painéis, a produção dos módulos solares tem tido incentivos governamentais, por meio de interferências fiscais e ambientais, com isso o aumento da produção dos componentes tem reduzido os custos da implementação do sistema.

2.5. CUSTO DE IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA FOTOVOLTAICO

A forma de uso do sistema é a partir de painéis de energia solar, é um método já utilizado por algumas empresas e domicílios, esta fonte de energia apresenta um custo inicial importante, em 2007 o custo da eletricidade produzida por células solares fotovoltaicas, representava 0,030 US\$/kWh, enquanto a eólica 0,005 US\$/kWh e do gás natural 0,003 US\$/kWh (CARVALHO; CALVETE, 2010).

Os valores relacionados à implantação do sistema fotovoltaico, é variável, varia desde o local a ser implantado, os materiais utilizados, quem oferece o serviço e a necessidade de cada local. A título de exemplo pode ser citado os valores para instalação determinados por uma empresa no estado do Pará, Brasil, que variaram entre R\$ 57.536,20 a R\$ 68.479,02 (SILVA *et al.*, 2019).

3. METODOLOGIA

3.1. LOCALIZAÇÃO E DESENVOLVIMENTO DO ESTUDO

O desenvolvimento do estudo foi baseado em um levantamento de dados de uma propriedade privada, que oferece serviços de hotelaria, localizado em Ubaporanga – MG, 19°64'24" S e 42°10'64" O. Foram verificados todos os processos realizados, desde a obtenção, implementação e a comparação de custos entre os métodos de energia elétrica tradicional e a substituição por energia fotovoltaica. A avaliação foi realizada no período de 01 de maio de 2019 a 30 de abril de 2021. A empresa responsável pela distribuição energética da cidade de Ubaporanga, Minas Gerais é a CEMIG, sendo a propriedade classificada como classe comercial monofásica, conforme art. 98. da resolução 414 da ANEEL. O custo de disponibilidade do sistema elétrico, aplicável ao faturamento mensal de consumidor responsável por unidade consumidora do grupo B, é o valor em moeda corrente equivalente a: 1 – 30 kWh, se monofásico ou bifásico a 2 (dois) condutores (CEMIG, 2021).

3.2. OBTENÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DAS PLACAS FOTOVOLTAICAS

As placas instaladas no hotel foram dimensionadas pela empresa privada Miraiva Solar- Soluções em energia solar. O sistema fotovoltaico foi adicionado em solo a partir de aterramento SPDA individual, sendo dispostas em orientação a 24 graus referente ao norte.

Foram utilizados 44 módulos fotovoltaicos Q-cells, 1 inversor fronius com potência de 15,02 kWp, estimando a base de consumo local de 1.750 kWh/mês, em uma área de 90 m², já que o local apresenta 40 quartos com banheiro dispendo de 20 m², 100 m² de lavanderia, 40 m² de refeitório, 30 m² de cozinha e 20 m² recepção, perfazendo um total de 1.000 m² de área construída.

No dimensionamento da área dos painéis fotovoltaicos foi utilizada a formula de Suzuki e Rezende (2013).

3.3. CUSTOS E ANÁLISES ECONÔMICAS

A avaliação foi realizada em um período de dois anos (2019-2021), sendo feita a comparação média anual. De maio de 2019 a abril de 2020 a verificação sem a instalação das placas fotovoltaicas verificando a média anual em kWh/mês, e de maio de 2020 a abril de 2021, com a instalação e a média anual em kWh/mês.

A relação econômica, para comparar os dados obtidos foram realizados a partir de cálculos de verificação do custo da eletricidade produzida (EPC – *Electricity Production Cost*) pela equação (1), segundo Neto (2021).

$$A = \text{Custo (anual)} \left[\frac{i(1+i)t}{(1+i)t-1} \right] \quad (1)$$

Determinando “A” como anuidade, “i” como a taxa anual de juros que o investimento será sujeito, sendo utilizada as taxas de 8 e 10%, adaptado de Neto (2021) e o tempo de operação da planta em anos (período de amortização) “t”.

Para se encontrar o EPC usa a equação (2), segundo Neto (2021):

$$EPC = \frac{A + f \cdot \text{Custo (anual)}}{W_{liq} \cdot H} \quad (2)$$

Sendo “A” o resultado obtido da fórmula anterior, “f” representa o custo com a operação, manutenção e seguro da instalação no valor de 1,65% do custo total da planta (TIAN, 2012). “H” é a quantidade em horas por ano de funcionamento do

sistema, que nesse caso é de 24 horas, totalizando 8.760 h/ano, com base em Tian (2012). O cálculo também leva em consideração a energia líquida produzida pelas placas fotovoltaicas.

O tempo de retorno do investimento foi baseado na ANEEL, sendo verificado o preço médio de venda da energia elétrica pelas residências para a ANEEL (2015), na região Sudeste, local onde foi realizada a avaliação, é de 0,55 R\$/kWh. Nesse sentido, a diferença entre o valor fornecido pela ANEEL, para o preço de compra da energia elétrica das residências e o EPC é, então, o ganho obtido pela implementação de placas fotovoltaicas. Vale lembrar que esse ganho assumirá valores negativos, ao variarem-se os anos em que o sistema será usado, até o momento em que o investimento seja pago (*payback*), tudo desse ponto em diante entende-se como lucro obtido ao implementar o sistema proposto. Quanto maior for o período de amortização, ou seja, o tempo que a planta está em operação, mais rápido acontece o retorno financeiro (NETO, 2021).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a instalação de placas fotovoltaicas do local que oferece serviços de hotelaria no estado de Minas Gerais, foram utilizados 44 módulos fotovoltaicos, em uma área de 90 m² em solo, com valor do investimento de R\$ 55.500 reais.

Silva *et al.*, (2019) realizaram instalação de placas fotovoltaicas no estado do Pará, usando 40 placas solares em telhado de 80 m², com valor de investimento de R\$ 68.479,02.

A diferença observada entre os trabalhos, deve-se às regiões, já que a eletricidade consumida e distribuída para as moradias, compreende vários aspectos relacionado a geração, transmissão, distribuição e comercialização de energia, e há variações de acordo com as regiões (BORGES, 2021). Como pode ser observado a partir dos dois orçamentos apresentados, verificou-se que o uso de energia

alternativa é uma possibilidade e oportunidade para a redução dos gastos com o consumo de energia.

De acordo com propósito realizado pela empresa responsável pelas placas, o projeto de instalação da energia fotovoltaica, apresentaria economia estimada no primeiro ano de R\$ 19.304,38 reais e economia estimada acumulada ao final do quarto ano de R\$ 86.294,58. O período de desenvolvimento do projeto o valor da tarifa paga por kW/h referente a avaliação anual do ano de 2018 foi de R\$ 0,92; o valor da conta de luz era em média de R\$ 1.780,00 e o valor estimado da conta com a energia solar foi de R\$ 95,00, tais dados previram um retorno total do investimento em 2,8 anos.

Os resultados obtidos a partir da avaliação média realizada pelo presente estudo, trouxe variação da média anual da tarifa para por kW/h em 2019 para R\$ 0,90, no ano de 2020 de R\$ 0,89 e por fim, a de 2021, R\$ 0,88.

O consumo de energia pago pela propriedade entre 2019 e 2020, foi evidenciado por valores em real da conta de luz, sendo verificado a média mensal e seu respectivo desvio padrão, demonstrado por R\$ 1544,58 \pm 359,46 antes da instalação, ou seja, no período prévio de uso de energia elétrica tradicional, comparados e apresentando-se diferentemente do período de implementação das placas fotovoltaicas de 2020/2021 que apresentaram média mensal de R\$ 48,92 \pm 12,52 no valor da conta de luz.

Verificou-se ainda, o consumo de energia a partir de kWh/mês usado pela propriedade em 2019/2020, determinado pela conta de luz, sendo verificado a média de kWh/mês de 1755,21 \pm 408,5 antes da instalação, usando a energia elétrica tradicional, e no período de implementação das placas fotovoltaicas de 2020/2021 que apresentou média mensal de kWh/mês de 55,59 \pm 14,23 (tabela 1). A tabela 1 mostrou os resultados reais de consumo da unidade, obtidos através do acompanhamento da unidade entre o período de (maio de 2019) a (abril de 2020), onde a energia usada era a tradicional fornecida pela concessionária, e (maio de 2020) a (abril de 2021), na qual a energia utilizada era proveniente da usina

fotovoltaica em questão. A tabela apresentou a quantidade de energia elétrica consumida da concessionária em valores mensais, antes da instalação da usina fotovoltaica (mostrada pela primeira coluna), e após a instalação da mesma (mostrada pela segunda coluna). Já na terceira, e quarta coluna foi evidenciado o mesmo período de consumo, porém expressado em kWh consumidos mensais.

Tabela 1. Consumos em reais e kwh/mês da comparação da utilização de energia elétrica tradicional – ET (maio/2019 a abril/2020) e da energia fotovoltaica – EF (maio/2020 a abril/2021) em uma propriedade privada prestadora de serviços de hotelaria no município de Ubaporanga-MG.

Meses	ET (R\$)	EF (R\$)	ET kWh/mês	EF kWh/mês
Maio	1.398,0	44,00	1.588,6	50,0
Junho	1.390,0	49,00	1.579,5	55,6
Julho	958,0	34,00	1.088,6	38,6
Agosto	1.448,0	54,00	1.645,4	61,6
Setembro	1.451,0	49,00	1.648,8	55,6
Outubro	1.451,0	51,00	1.648,8	57,9
Novembro	1.450,0	53,00	1.647,7	60,2
Dezembro	1.458,0	39,00	1.656,8	44,3
Janeiro	2.375,0	45,00	2.698,8	51,1
Fevereiro	1.524,0	74,00	1.731,8	84,0
Março	1.541,0	66,00	1.751,1	75,0
Abril	2.091,0	29,00	2.376,1	32,9

Fonte: Os autores (2020).

Os valores observados na tabela determinaram que os meses com maiores valores pagos de energia foram janeiro e abril de 2020, sendo associado a um maior consumo de energia pela verificação da contagem de quilowatts mensais. Diferindo dos valores observados pela substituição por placas fotovoltaicas, os valores são exorbitantemente menores, sendo que os meses de julho de 2020 e abril de 2021 os menores valores observados.

Com base na avaliação realizada e a comparação do presente estudo, a redução significativa do custo de energia elétrica tradicional pela substituição pela energia fotovoltaica, se dá pela ação de captação da energia solar pelas placas, que é feita a partir de uma conversão direta da luz em eletricidade, em nível atômico, de acordo com Miranda (2014), reduzindo então o gasto monetário de energia

proveniente das concessionárias de energia elétrica, já que irá “produzir” sua própria energia. Com o cálculo da EPC (custo da eletricidade produzida) foi possível determinar que cada kW/h produzido pela usina fotovoltaica apresentou um valor de R\$ 0,155, ao ser comparado ao valor cobrado pela concessionária que disponibiliza a energia elétrica tradicional esse valor foi de R\$ 0,88, perfazendo uma geração de economia de R\$ 0,725 em cada kW/h consumido pelo estabelecimento. Muitos fatores podem estar associados a redução de consumo, inclusive o momento vivido globalmente afetou diversos setores, inclusive o de hotelaria, associando ao período do ano de 2021.

Apesar do sistema de placas fotovoltaicas exigir um alto investimento inicial como demonstrado anteriormente pela empresa executora do projeto (R\$ 55.500,00), com o decorrer dos anos, o valor inicial gasto com o sistema é retomado, devido à redução dos gastos com energia elétrica, proporcionado pela geração de energia solar.

De maneira geral, os principais custos do empreendimento fotovoltaico são a partir do material-base (inversor, módulo e *balance of system components* – BOS), sendo representados pelos custos de investimentos básicos, o termo "*overnight costs*" ou "*engineering procurement construction costs* (EPC)" que é frequentemente utilizado para designar o custo de construção, excluídos os gastos com juros, segundo o Ministério de Minas e Energia, a perspectiva é que esses custos reduzam em torno de 30% entre 2020 e 2050. O aperfeiçoamento das tecnologias de armazenamento de eletricidade em grande escala deve revolucionar a geração fotovoltaica, no entanto, ainda constituem fatores de incertezas para o longo prazo no que se refere às perspectivas tecnológicas e custos (EPE, 2018).

No presente estudo, o investimento foi pago à vista e por isso, as taxas de juros não foram consideradas nos cálculos de retorno. A realização da avaliação de retorno é determinada pela figura 4, na qual verificou-se que em média de 3,25 anos haverá o retorno do investimento realizado pela instalação das placas fotovoltaicas. O que difere do planejamento realizado pela empresa que instituiu o

desenvolvimento do projeto, no qual descreveu que seria em 2,8 anos, uma diferença de em média 6 meses.

A avaliação da viabilidade econômica demonstrada pela figura 3, apresentando um indicador econômico, o *payback*, que determina o período de tempo mínimo para obtenção de retorno de um investimento. Amplamente utilizado em recursos elétricos e verificação de viabilidade econômica energética (MIRANDA, 2014). Evidenciando que no período de 3,25 anos é o tempo necessário de obtenção do retorno do investimento feito, que no presente estudo foi de R\$55.500,00, demonstrando o valor do lucro líquido igualado ao valor aplicado pelo investimento.

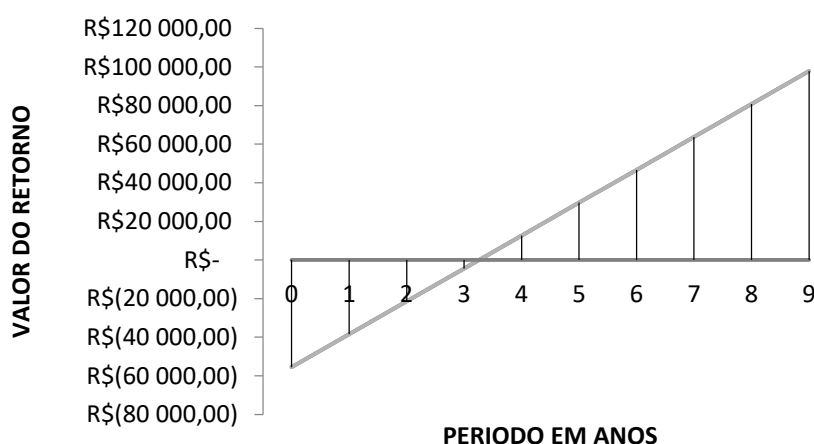


Figura 3. Indicador econômico: *Payback*, demonstrando o período de tempo necessário para obtenção de retorno de um investimento da instalação de placas fotovoltaicas do presente estudo.
Fonte: Os autores (2020).

Os resultados apontam uma taxa de atratividade do investimento (retorno sobre o capital investido ao longo do tempo – ROI) positiva variável, dependente do valor da taxa de juros, sendo demonstrada, a partir de 3,25 anos de financiamento da instalação, a uma taxa de 17,2% de juros, tendo um valor de R\$ 37.462,50, verificado pela figura 6. De acordo com Neto (2021) e Ristjansdottir, *et al.* (2018) o ROI é a razão do lucro obtido (ganho) com o custo do produto (EPC), o custo da eletricidade produzida é alterado, bem como o tempo de retorno financeiro.

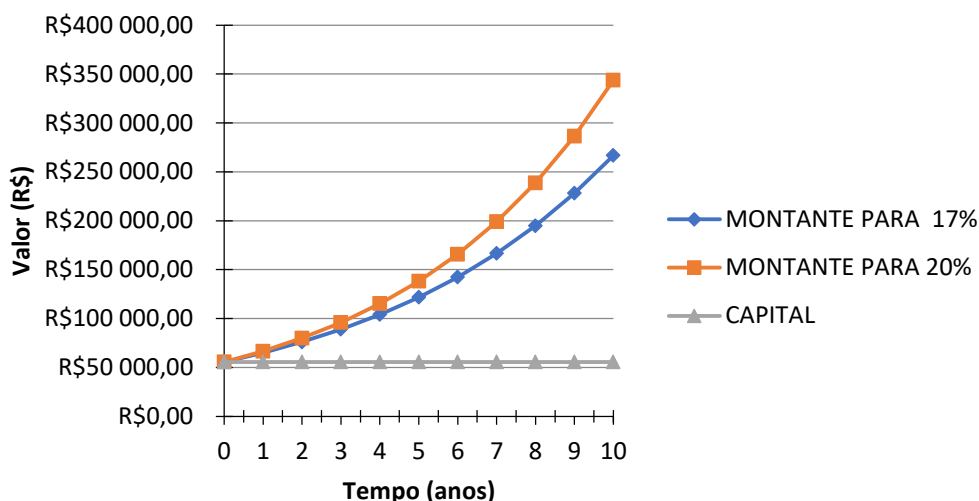


Figura 4. Retorno de capital com taxa atrativa em uma propriedade privada foco do estudo do presente trabalho.

Fonte: Os autores (2020).

A vista disso, a geração energética proveniente do sol por placas fotovoltaicas apresenta diminuição da influência do comportamento do tempo, como é notado pelas formas de energia hidrelétricas e eólicas. Demonstrando que a fonte alternativa solar, facilita a integração dessa alternativa energética ao sistema elétrico, uma vez que são relativamente reduzidas as incertezas quanto à sua disponibilidade, sua fonte e, as possíveis consequência, quanto ao retorno econômico do investimento (MIRANDA, 2014).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dois orçamentos apresentados, verificou-se que o uso de energia alternativa é uma possibilidade e oportunidade para a redução dos gastos com o consumo de energia. Apesar do sistema de placas fotovoltaicas exigir um alto investimento inicial como demonstrado, com o decorrer dos anos, calculado a média de 3,25 anos, o valor inicial gasto com o sistema é retomado devido à redução dos gastos com energia elétrica, proporcionado pela geração de energia solar. Demonstrando que o investimento em placas fotovoltaicas para o uso de energia,

comparadas ao uso de energia elétrica tradicional é compensatório, relacionado ao custo benefício, mas deve ser verificado para cada situação e proposta. No presente trabalho, a atratividade é demonstrada que em 3,25 há o retorno total do valor do investimento, o que se compara a uma taxa anual de juros de 17,2%.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL). (2015). **Tarifas da classe de consumo residencial de uma concessionária**, 2015.

AHLBORG, H.; HAMMAR, E. Dirigirrs e barriers para rural eletrification em Tanzanium e Mozambique – grid extensão, off-grade e renewable e fontes de energia. **World Renewable Energy Congress**, Sweden, 2011.

AMARAL, A.F.P. **Análise das viabilidades técnicas e econômica da energia solar fotovoltaica**. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Ouro Preto, Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas. Departamento de Engenharia Elétrica, 77 pp, 2018.

BANG H., *et al.* Consumer concern, knowledge, belief, and attitude toward renewable energy: an application of the reasoned action theory. **Psychology & Marketing**. v. 17, p.449– 468, 2000.

BITTENCOURT, F.T. **Estudo comparativo do aproveitamento da energia solar fotovoltaica em relação à rede de distribuição na eletrificação rural do estado de Tocantins**. Universidade Federal de Lavras (UFLA). Departamento de Engenharia (DEG), pós-graduação lato sensu. Lavras, 2011.

BORGES, F.Q. Energia elétrica e desenvolvimento sustentável paraense. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e 7210212275, 2021. (CCBY 4.0) | ISSN 2525-3409 | DOI: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v10i2.12275>

BORGES, F. Q.; RODRIGUES, I. M.; OLIVEIRA, A. S. P. (2017) Paradoxo da energia elétrica no estado do Pará: um estudo dos fatores que contribuem às altas tarifas residenciais (2005-2014), **Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana**, Espanha 23-39.

CARVALHO, E.F.A; CALVETE, M.J.F. Energia solar: Um passado, um presente...um futuro auspicioso. **Revista Virtual de Química**, v.2, n.3, p. 192-203, 2010.

CEMIG (2021) **Valores de tarifas e serviços** [online]. Disponível em: <https://www.cemig.com.br/atendimento/valores-de-tarifas-e-servicos/>.

DANNA, D.C. **Ensaio comportamentais aplicáveis a consumidores de energia elétrica para aperfeiçoamento das bandeiras tarifárias**. Dissertação – (Mestrado em Administração Pública) -- Instituto Brasiliense de Direito Público, Brasília – DF, 2019.

DIEESE. As tarifas de energia elétrica no Brasil: sistemática de correção e evolução dos valores. **Nota Técnica**, 58, dez. 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Nota técnica PR 07/18 – Premissas e Custos da Oferta de Energia Elétrica no Horizonte 2050**. Ministério de Minas e Energia, Rio de Janeiro, 2018.

FEARNSIDE, P.M. 2015. Impactos ambientais e sociais de barragens hidrelétricas na Amazônia brasileira: As implicações para a indústria de alumínio.pp. 261-288. In: P.M. Fearnside (ed.) Hidrelétricas na Amazônia: Impactos Ambientais e Sociais na Tomada de Decisões sobre Grandes Obras. Vol. 2. Editora do INPA, Manaus. 297 pp.

Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN). (2014). **Nota técnica.Perspectivas do custo da energia elétrica para a indústria no Brasil em 2014 e 2015**. nº.1, maio.

FREITAS, G.C.; DATHEIN, R. As energias renováveis no Brasil: uma avaliação acerca das implicações para o desenvolvimento socioeconômico e ambiental. **Revista Nexos Econômicos**, v. 7, n. 1, p. 71-94, 2013.

FRITTS, C.E. **American Journal of Science**, n.26 p.465 (1883).

RISTJANSDOTTIR, K. *et al.* **Return on investment from the use of product configuration systems – A case study**. Computers in Industry, v. 100, p. 57-69, 2018.

LIMA, J.S. **Energia Solar Fotovoltaica: Estudo de viabilidade técnica-financeira de implantação de sistema de geração de energia fotovoltaica para o Centro de Ciências Agrárias e Ambientais – CCAA, na cidade da Chapadinha-MA**. Monografia (Graduação). Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Maranhão, 86 pp, 2019.

MAGALHÃES, A.S., *et al.* Custo econômico da energia em Minas Gerais: Impactos das elevações de tarifas entre 2011 e 2015. **Pesquisa e planejamento econômico**, v. 48 | n. 1 | abr, 2018.

MIRANDA, A.B.C.M. **Análise de viabilidade econômica de um sistema fotovoltaico conectado à rede.** Monografia (Graduação). Curso de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 98 pp., 2014.

MORAIS, L.C. **Estudo sobre o panorama da energia elétrica no Brasil e tendências futuras.** Dissertação (Mestrado). Curso de Engenharia Elétrica, UNESP, Bauru - SP, 2015.

NETO, R.O. **Simulação off-design de um sistema ORC para recuperação do calor residual de um motor de combustão interna.** 2021. 131p. Tese de doutorado (Pós-graduação em Engenharia Mecânica) – Instituto de Engenharia Mecânica – Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, MG, 2021.

REIS, L.B.; VICHI, F.M.; MELLO, L.F. **Energia e Meio Ambiente** Tradução da 5ª edição norte-americana. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

SHAYANI, R.A.; OLIVEIRA, M.A.G.; CAMARGO, I.M.T. Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais. **Congresso Brasileiro de Planejamento Energético. Políticas públicas para a energia: Desafios para o próximo quadriênio-**, Brasília – DF, 2006.

SILVA, *et al.* Avaliação de custo benefício da utilização de energia fotovoltaica. Revista da Ciência e Tecnologia, n.9, v.5, p. 1-12, 2019.

SUZUKI, E.V.; REZENDE, F.D. **Estudo da utilização da geração fotovoltaica para auxiliar a suprir a demanda crescente de energia elétrica no Brasil.** 2013. 59 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

PINHO, J.; GALDINO, M. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos.** Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.

TIAN H., SHU G., WEI H., LIANG X., LIU L. Fluids and parameters optimization for the organic Rankine cycles (ORCs) used in exhaust heat recovery of Internal Combustion Engine (ICE). **Energy**, v.47, p.125-136, 2012.