

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS**  
**Faculdade de Ciências Econômicas**  
**Centro de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração**

Cláudio Oliveira Faria  
Dra. Sabrina Amélia de Lima e Silva

**ANÁLISE DE UM INVESTIMENTO EM GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR  
RESIDENCIAL NA CIDADE DE BELO HORIZONTE E SUA VIABILIDADE  
FINANCEIRA QUANDO COMPARADO A INSTRUMENTOS DE RENDA FIXA**

Belo Horizonte  
2019

Cláudio Oliveira Faria

**ANÁLISE DE UM INVESTIMENTO EM GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR  
RESIDENCIAL NA CIDADE DE BELO HORIZONTE E SUA VIABILIDADE  
FINANCEIRA QUANDO COMPARADO A INSTRUMENTOS DE RENDA FIXA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Centro de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração da Universidade Federal de Minas Gerais como requisito para obtenção do título de Especialização em Gestão Estratégica em Finanças Empresariais.

Orientadora: Dra. Sabrina Amélia de Lima e Silva

Belo Horizonte

2019



**Universidade Federal de Minas Gerais**  
**Faculdade de Ciências Econômicas**  
**Departamento de Ciências Administrativas**  
**Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração**  
**Curso de Especialização em Gestão Estratégica**

ATA DA DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO do Senhor **CLÁUDIO OLIVEIRA FARIA**, REGISTRO N° **2018702798**. No dia 14/11/2019 às 14:00 horas, reuniu-se na Faculdade de Ciências Econômicas da Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, a Comissão Examinadora de Trabalho de Conclusão de Curso - TCC, indicada pela Coordenação do Curso de Especialização em Gestão Estratégica - CEGE, para julgar o Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "**ANÁLISE DE UM INVESTIMENTO EM GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL NA CIDADE DE BELO HORIZONTE E SUA VIABILIDADE FINANCEIRA QUANDO COMPARADO A INSTRUMENTOS DE RENDA FIXA**", requisito para a obtenção do **Título de Especialista**. Abrindo a sessão, a orientadora e Presidente da Comissão, Professora Sabrina Amélia de Lima e Silva, após dar conhecimento aos presentes do teor das Normas Regulamentares de apresentação do TCC, passou a palavra ao aluno para apresentação de seu trabalho. Seguiu-se a arguição pelos examinadores, seguido das respostas do aluno. Logo após, a Comissão se reuniu sem a presença do aluno e do público, para avaliação do TCC, que foi considerado:

APROVADO

APROVAÇÃO CONDICIONADA A SATISFAÇÃO DAS EXIGÊNCIAS CONSTANTES NO VERSO DESTA FOLHA, NO PRAZO FIXADO PELA BANCA EXAMINADORA - PRAZO MÁXIMO DE 60 (SESSENTA) DIAS

NÃO APROVADO

90 pontos (noventa pontos) trabalhos com nota maior ou igual a 60 serão considerados aprovados.

O resultado final foi comunicado publicamente ao aluno pela orientadora e Presidente da Comissão. Nada mais havendo a tratar, a Senhora Presidente encerrou a reunião e lavrou a presente ATA, que será assinada por todos os membros participantes da Comissão Examinadora. Belo Horizonte, 14/11/2019.

Profa. Sabrina Amélia de Lima e Silva  
(Orientadora)

Sabrina Amélia de Lima e Silva

Profa. Jussiane Nader Gonçalves

Jussiane Nader Gonçalves



**Universidade Federal de Minas Gerais**  
**Faculdade de Ciências Econômicas**  
**Departamento de Ciências Administrativas**  
**Centro de Pós-Graduação e Pesquisas em Administração**  
**Curso de Especialização em Gestão Estratégica**

**MODIFICAÇÃO EM TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

Modificações exigidas no TCC do aluno **CLÁUDIO OLIVEIRA FARIA**, número de matrícula **2018702798**.

Modificações solicitadas:

\* Ajustes em gráficos e tabelas com inclusão de informações mais detalhadas

\* Inclusão de desvio-padrão nas estatísticas descritivas

\* Ajustes de fórmulas para metodologia

\* Reorganização de alguns pontos na estrutura (deslocamento de textos)

O prazo para entrega do TCC contemplando as alterações determinadas pela comissão é de no máximo 60 dias, sendo o orientador responsável pela correção final.

Sabrina Amélia de Lima e Silva

Profa. Sabrina Amélia de Lima e Silva  
(Orientadora)

Cláudio Oliveira Faria

Assinatura do aluno: **CLÁUDIO OLIVEIRA FARIA**

Atesto que as alterações exigidas  Foram Cumpridas  
 Não foram cumpridas

Belo Horizonte, 22 de novembro de 2019

Professora Orientadora

Sabrina  
Assinatura

# **ANÁLISE DE UM INVESTIMENTO EM GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR RESIDENCIAL NA CIDADE DE BELO HORIZONTE E SUA VIABILIDADE FINANCEIRA QUANDO COMPARADO A INSTRUMENTOS DE RENDA FIXA**

Aluno: Cláudio Oliveira Faria

Orientadora: Dra. Sabrina Amélia de Lima e Silva

## **RESUMO**

O presente artigo objetiva analisar o uso da tecnologia de geração de energia solar residencial como uma forma de investimento, comparando às rentabilidades financeiras de instrumentos de renda fixa. Esta é uma pesquisa exploratória que se baseia nos resultados técnicos e financeiros de um estudo de caso de uma usina residencial na cidade de Belo Horizonte e dos instrumentos de renda fixa no mesmo período analisado. Para o desenvolvimento do estudo foram utilizados livros, artigos e normas referentes ao assunto e os dados de produção de energia solar, bem como a economia financeira da conta de energia elétrica do estudo de caso. Após as análises dos dados utilizando o software Excel, conclui-se que o investimento em um sistema de geração de energia solar residencial apresenta rentabilidade maior do que os instrumentos de renda fixa.

**Palavras chave:** Energia solar. Renda fixa. Investimento. Sustentabilidade. Finanças.

## **ABSTRACT**

This article aims to analyze the use of residential solar energy technology as a way of investment when compared to financial returns of fixed-income securities. This is an exploratory research that is based on the technical and financial results of a case study of a residential power plant in Belo Horizonte and the results of fixed-income securities in the same analyzed period. The development of the study was done by using books, articles and standards about the subject and the data of solar energy production, as well as the savings of the electricity bill of the case studied. After analyzing the data using Excel software, it can be concluded that investing in a residential solar power has higher profitability than fixed-income securities.

**Keywords:** Solar energy. Fixed-income. Investment. Sustainability. Finances.

## 1. INTRODUÇÃO

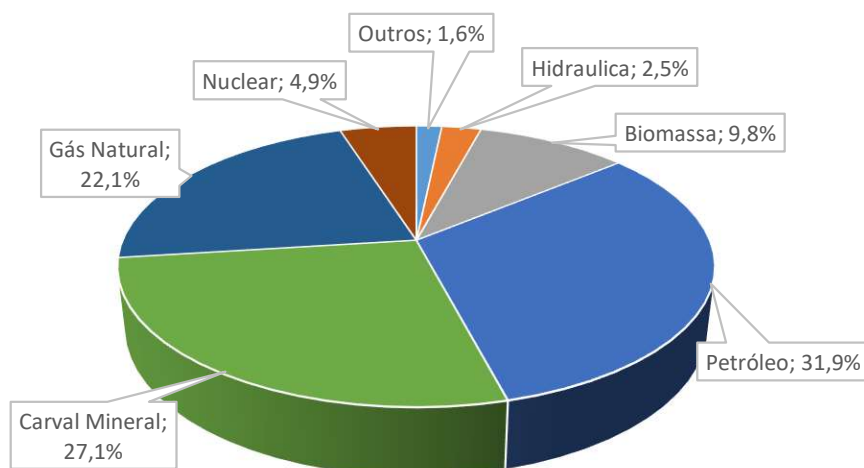
Com o avanço tecnológico da humanidade, há uma necessidade cada vez maior de geração de energia para suprir o consumo energético das indústrias, máquinas e equipamentos usados no cotidiano da sociedade. Hoje, segundo a ANEEL (2008), o mundo produz energia em larga escala através de 8 formas distintas, sendo algumas de fontes renováveis e outras não-renováveis.

A geração de energia através de um sistema solar, eólico, hidráulico e biomassa são as fontes renováveis (ANEEL, 2008), que têm ganhado cada vez mais importância no cenário mundial, visto que os impactos ambientais têm se intensificado e a demanda por alternativas para minimizar este problema é crescente. Segundo Cabello e Pombermayer (2013) o incentivo à produção de energia através de fontes renováveis surgiu, em 1970, para minimizar os problemas com custos, meio ambiente e segurança.

Já as fontes não-renováveis são geradas através de usinas de petróleo, carvão mineral, gás natural e nuclear e ainda representam a maior parte da geração de energia mundial. Existem, também, outras fontes de geração de energia que não são representativas na matriz energética mundial (ANEEL, 2008).

Na Conferência do Clima, em 2009 na cidade de Copenhagen, o grande destaque foi o tópico sobre o aquecimento global, cuja meta é estabilizar emissões de poluentes até 2020 e, posteriormente de até 80% em 2050 (SANTOS E OUTROS, 2016). A matriz energética mundial é composta em 86% por fontes emissoras de poluentes, conforme Gráfico 1.

**Gráfico 1 – Matriz energética mundial**



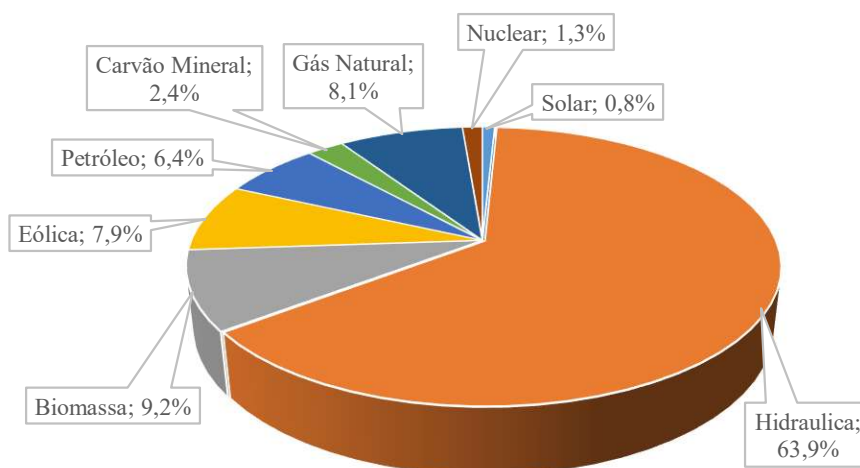
Fonte: IEA (2018).

Com este cenário mundial, a utilização de fontes renováveis tem sido incentivada tecnologicamente e financeiramente para uma ampliação da matriz energética mundial. Dentre elas, a energia solar tem ganhado espaço ao inovar com a produção residencial. Segundo Cabello e Pombermayer (2013), o governo do Japão incentivou o uso desta tecnologia ao subsidiar até 50% dos custos de instalação, obtendo um crescimento desta fonte energética de 40% por ano durante a vigência do programa, que chegou ao fim em 2007.

A energia solar é produzida através dos raios infravermelhos e ultravioletas emitidos pelo sol, podendo ser transformada em energia térmica ou elétrica sem a emissão de poluentes no meio ambiente e, também, sem grandes impactos ambientais em sua construção (ANEEL, 2008).

A produção de energia solar corresponde 0,8% da matriz energética do Brasil, conforme Gráfico 2, representando uma participação ainda pequena quando comparada às outras formas de geração de energia. Cabello e Pombermayer (2013) afirmam que este percentual deve subir nos próximos anos devido ao incentivo do governo ao estimular o financiamento para geração de energia solar residencial e ao declínio crescente do preço das placas fotovoltaicas.

**Gráfico 2 – Matriz energética do Brasil**



Fonte: MME (2018).

No mundo, a participação da energia solar também é pequena. Ela está inclusa em uma parte de 1,6% da matriz energética que também engloba energia eólica e outras fontes. Como forma de incentivo a geração de energia solar residencial, o governo publicou uma resolução normativa em 2012 definindo que a energia ativa injetada por unidade com microgeração ou minigeração é cedida a distribuidora energética local e posteriormente compensada como forma de crédito para o titular da residência (ANEEL, 2012). Ou seja, o consumidor instala na sua

residência uma pequena usina, através de painéis fotovoltaicos por exemplo, e toda a produção é distribuída para rede de energia elétrica local, gerando crédito ao consumidor que, no final do mês, poderá abater do seu consumo de energia da própria unidade onde está a usina ou em outra unidade consumidora do mesmo titular.

Com o incentivo do governo brasileiro com essa resolução normativa, o sistema de geração de energia solar residencial não precisa de bateria, diminuindo os custos para instalação. A usina fotovoltaica é uma forma segura de investimento devido as garantias fornecidas pelos fabricantes, de até 12 anos, e compara-se então com instrumentos de renda fixa que, segundo Bodie e outros (2015), são investimentos nos quais as condições de rentabilidade são determinadas no momento da aplicação e, por tanto, são previsíveis, assim como o retorno econômico de uma usina fotovoltaica residencial.

Bodie e outros (2014) afirmam que investir em renda fixa é o mesmo que emprestar dinheiro para banco, empresas ou governo, sendo que algumas opções são seguras por serem cobertas pelo FGC (Fundo Garantidor de Crédito), uma entidade privada sem fins lucrativos responsável por restituir o investidor em caso de falência da instituição financeira.

Neste cenário, qual é a melhor rentabilidade entre um montante financeiro aplicado em um sistema de geração de energia solar residencial em Belo Horizonte ou em instrumentos de renda fixa?

Este artigo tem como objetivo analisar o desempenho de uma pequena usina residencial de energia solar na cidade de Belo Horizonte e comparar as economias financeiras das contas de energia elétrica com o valor do sistema aplicado em instrumentos de renda fixa. Assim o artigo aborda os objetivos específicos:

- a) Identificar os dados históricos do uso desta tecnologia, bem como os impactos ambientais causados por esta e outras alternativas para geração de energia;
- b) Analisar o desempenho de um estudo de caso de uma usina residencial de geração de energia solar em Belo Horizonte nos últimos 3 anos;
- c) Analisar as características de instrumentos de renda fixa e suas respectivas rentabilidades nos últimos 3 anos;
- d) Comparar a rentabilidade financeira do estudo de caso ao economizar valores financeiros mensais na conta de energia elétrica com os resultados em instrumentos de renda fixa.



## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. INVESTIMENTOS EM RENDA FIXA**

Os investimentos em renda fixa são atrelados diretamente ou indiretamente aos índices financeiros CDI (Certificado de depósito interbancário), SELIC (taxa básica de juros da economia) e IPCA (índice nacional de preços ao consumidor amplo). Bodie e outros (2014) definem os instrumentos de renda fixa da seguinte forma:

- a) CDB: Possui garantia do FGC e liquidez diária, o Certificado de Depósito Bancário é um título emitido por bancos e podem ter juros prefixados, pós-fixados ou prefixados somados a algum índice de inflação;
- b) CRI E CRA: Não possuem garantia do FGC e liquidez reduzida, o Certificado de Recebíveis Imobiliários e o Certificado de Recebíveis Agrícolas são títulos emitidos por instituições securitizadoras para financiar o setor imobiliário e agrícola, e possuem vários meios de remuneração, sendo geralmente atrelados à inflação ou ao CDI;
- c) Debêntures: Não possuem garantia do FGC e liquidez diária por poderem ser negociadas no mercado secundário, as Debêntures são títulos de dívidas de médio e longo prazo de uma companhia e podem ter juros prefixados ou pós-fixados;
- d) LC: Possui garantia do FGC e sem liquidez a curto prazo, a Letra de Câmbio é um título emitido por instituições financeiras para empréstimos a pessoas físicas ou jurídicas;
- e) LCI e LCA: Possuem garantia do FGC e liquidez diária ou a longo prazo, a Letra de Crédito Imobiliário e a Letra de Crédito Agrícola são títulos emitidos por instituições securitizadoras para financiar o setor imobiliário e agrícola, e possuem juros prefixados ou pós-fixados;
- f) Letras Financeiras: Não possuem garantia do FGC e liquidez diária (embora possa não ter interessados em adquirir o título), as Letras Financeiras são títulos emitidos por instituições financeiras para captar recursos a longo prazo e tem remuneração prefixada ou prefixada atrelada a índices de preços ou taxas flutuantes;
- g) Poupança: Não possuem garantia do FGC e com liquidez diária, a Poupança é remunerada pela TR (Taxa Referencial) somada a 0,5% ao mês se a taxa Selic ao ano for superior a 8,5% ou a 70% da taxa Selic se a mesma for inferior ou igual a 8,5% ao ano;

- h) Tesouro Direto: Não possui garantia do FGC e com liquidez (embora nem sempre com retorno positivo quando exercido antes do prazo de vencimento), o Tesouro Direto é um título emitido pelo governo como empréstimo.

O investimento em uma pequena usina de geração de energia solar pode apresentar resultados próximos aos instrumentos de renda fixa, já que o sistema é estável e seguro, se aproximando de um investimento com remuneração prefixada e de baixa liquidez, pois o consumidor faria um investimento e receberia crédito mensal para ser abatido na sua conta de energia elétrica, ou seja, um desconto financeiro mensalmente como remuneração.

## **2.2.ENERGIA SOLAR**

A energia solar é obtida através da transferência de calor por radiação proveniente de Sol, ou seja, ela usa o calor solar para gerar outras formas de energia. A geração fotovoltaica é quando esta energia é transferida diretamente para energia elétrica, podendo ter o uso diretamente acoplado com o uso de baterias, gerador, energia híbrida ou sistemas conectados à rede elétrica, este último sendo o objeto de estudo deste artigo (HODGE, 2018).

O sistema de geração de energia fotovoltaica residencial é uma pequena usina que transforma a radiação solar em energia elétrica e liga esta energia a rede elétrica. Ou seja, segundo Hodge (2018), o volume gerado pode ser diretamente utilizado no local e o excesso é enviado a rede elétrica nacional para ser utilizado posteriormente quando necessário.

## **2.3.TRABALHOS SEMELHANTES**

Reis e outros (2015) estudaram a viabilidade econômica de um projeto de micro geração fotovoltaica residencial e constataram que, seguindo as orientações *business case* do guia PMBOK, mesmo com os aumentos das tarifas de energia elétrica a usina ainda não era viável.

Porém, em outro estudo de viabilidade financeira feito por Torres (2012), foram considerados para avaliação um período de retorno simples e a vida útil dos equipamentos de 25 anos, prazo definido pelos fabricantes. Concluindo que todos os sistemas seriam pagos antes deste prazo de validade, viabilizando economicamente o projeto e concluindo ainda que a área utilizada pela usina é pequena e possui elevado potencial de aproveitamento pelo país estar posicionado na zona intertropical, registrando altos índices de irradiação.

Miranda (2013) também afirma em seu estudo de viabilidade econômica que a geração de energia fotovoltaica residencial, além de não competir pelo uso do solo, por ser incorporada a edificações já existentes, ainda é viável tecnicamente e economicamente para as áreas rurais e urbanas dos municípios.

### 3. METODOLOGIA

Este artigo trata-se de uma pesquisa exploratória que objetiva analisar os resultados financeiros de um estudo de caso de usina de geração de energia solar residencial na cidade de Belo Horizonte e compará-lo a investimentos de renda fixa. Para isso foram analisadas as economias financeiras da conta de energia elétrica da residência de cada mês no período de 3 anos e comparadas com a performance do mesmo valor investido no sistema caso ele estivesse aplicado no instrumento de renda fixa de maior rentabilidade do período. Posteriormente foi simulado a rentabilidade de ambos a longo prazo, utilizando o VPL (valor presente líquido), através da geração de energia prevista pelo fabricante dos módulos fotovoltaicos e as opções atuais para investimento em renda fixa.

#### 3.1. ESTUDO DE CASO

Para realizar esta pesquisa, foi analisado um estudo de caso de uma residência que instalou uma central em junho de 2016 com potência total bruta de 3,445kWp (quilo-watt pico) para produção média de 400kWh (quilo-watt hora), com o custo de R\$24.800,00 e os equipamentos da Tabela 1. Os módulos fotovoltaicos possuem garantia de 10 anos e perdem 10% da sua capacidade de geração até o 12º ano e 20% até o 25º ano de utilização.

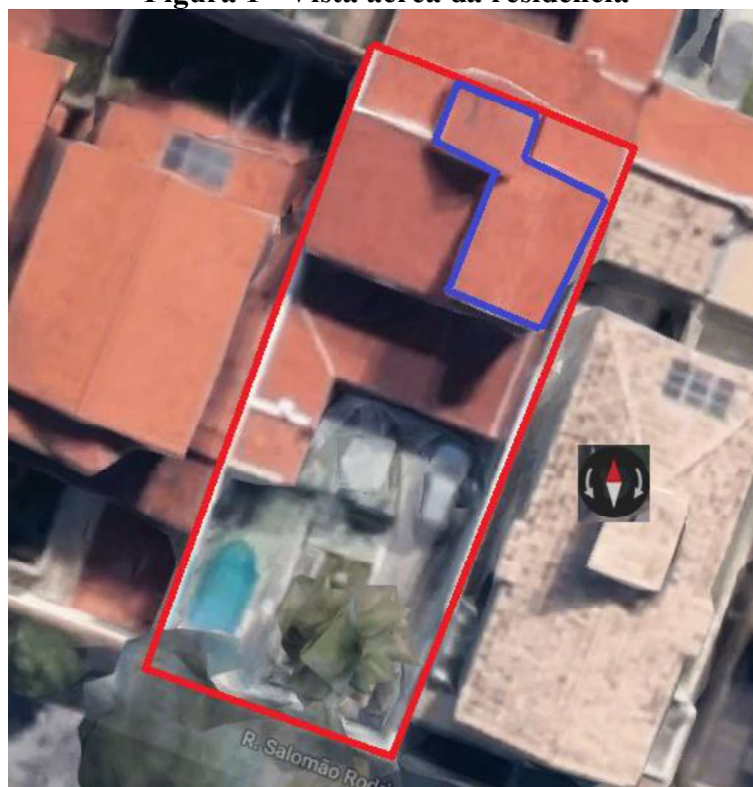
<b>Equipamentos</b>	<b>Marca</b>	<b>3,445 kWp</b>
Módulos Fotovoltaicos	Canadian	13 un.
Inversor	Fronius	1 un.
Cabos	-	30 m.
DPS AC e CC	-	3 un.
Estrutura	-	13 un.

**Fonte: Elaborado pelos autores.**

Para esta geração, utilizou-se 22m<sup>2</sup> do telhado, em azul na Figura 1, do imóvel de classe média localizado no bairro Paquetá, na cidade de Belo Horizonte no estado de Minas Gerais, e

as placas fotovoltaicas foram instaladas nas direções leste e oeste devido ao posicionamento já existente da estrutura da residência, que não foi projetada para o melhor aproveitamento da usina por se tratar de uma construção antiga.

**Figura 1 - Vista aérea da residência**



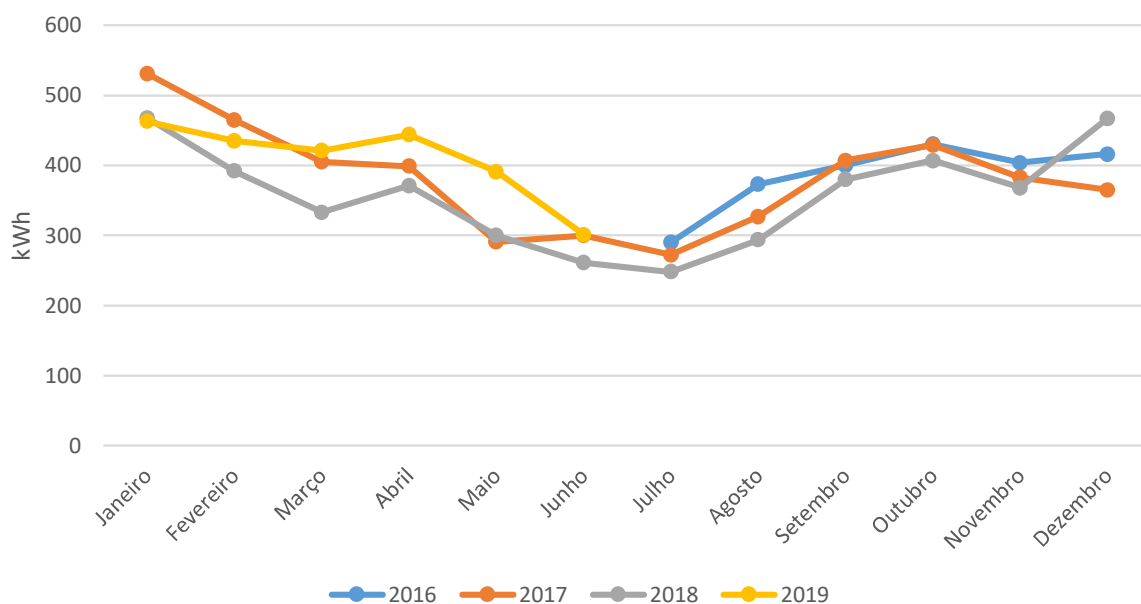
Fonte: Google Earth-Mapas, 2019

A manutenção do sistema é somente uma limpeza dos módulos fotovoltaicos com água e sabão 1 vez ao ano. A usina também possui alta resistência a problemas com intemperismos naturais, comprovado por uma forte chuva de granizo ocorrido em dezembro de 2018 que não danificou nenhuma estrutura da geração de energia solar.

### **3.2.DESEMPENHO FINANCEIRO**

As leituras da geração de energia solar foram feitas mensalmente após a instalação da usina através do inversor instalado no sistema durante o período de 36 meses para uma avaliação ampla dos resultados, que apresentou uma geração média de 379 kWh/mês, com desvio padrão de 67,10 kWh entre as leituras, conforme valores do Gráfico 3.

**Gráfico 3 – Geração de energia no período**



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para analisarmos o valor economizado pela usina durante o período, foi necessário verificar a bandeira da conta de energia, bem como os valores de ICMS, PASEP e COFINS aplicados na conta de energia elétrica de cada mês. O custo final de kWh é calculado através da Equação 1, e apresentou uma economia média de R\$352,12 por mês, conforme Tabela 2, calculado pela Equação 2.

$$R\$/kWh = \text{Custo kWh da CEMIG} / (1 - \sum \text{Impostos}) \quad (1)$$

$$E = R\$/kWh * \text{Qtde. Produzida} \quad (2)$$

**Tabela 2 - Economia mensal da conta de energia elétrica**

Data	Medidor		Bandeira	R\$/kwh	ICMS	PASEP	COFINS	R\$/kwh	Economia
	Leitura	Geração						COM IMPOSTOS	
23/07/2016	290	290	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,88%	4,25%	R\$ 0,90464	R\$ 262,35
23/08/2016	663	373	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,74%	3,43%	R\$ 0,89145	R\$ 332,51
23/09/2016	1063	400	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,99%	4,60%	R\$ 0,91110	R\$ 364,44
23/10/2016	1493	430	Verde	R\$ 0,59	30,00%	1,18%	5,49%	R\$ 0,92664	R\$ 398,45
23/11/2016	1897	404	Amarela	R\$ 0,60	30,00%	1,05%	4,91%	R\$ 0,93198	R\$ 376,52
23/12/2016	2313	416	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,73%	3,38%	R\$ 0,89064	R\$ 370,50
23/01/2017	2844	531	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,72%	3,36%	R\$ 0,89023	R\$ 472,71
23/02/2017	3309	465	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,83%	3,83%	R\$ 0,89813	R\$ 417,63
23/03/2017	3714	405	Amarela	R\$ 0,60	30,00%	1,16%	5,42%	R\$ 0,94109	R\$ 381,14

23/04/2017	4113	399	Vermelha 1	R\$ 0,62	30,00%	1,14%	5,24%	R\$ 0,96957	R\$ 386,86
23/05/2017	4404	291	Vermelha 1	R\$ 0,62	30,00%	0,89%	4,07%	R\$ 0,94840	R\$ 275,98
23/06/2017	4704	300	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,67%	3,14%	R\$ 0,88660	R\$ 265,98
23/07/2017	4976	272	Amarela	R\$ 0,60	30,00%	1,25%	5,80%	R\$ 0,94812	R\$ 257,89
23/08/2017	5303	327	Vermelha 1	R\$ 0,62	30,00%	0,69%	3,18%	R\$ 0,93277	R\$ 305,02
23/09/2017	5710	407	Amarela	R\$ 0,60	30,00%	0,69%	3,18%	R\$ 0,90253	R\$ 367,33
23/10/2017	6139	429	Vermelha 2	R\$ 0,64	30,00%	1,18%	5,45%	R\$ 1,00496	R\$ 431,13
23/11/2017	6522	383	Vermelha 2	R\$ 0,64	30,00%	1,36%	6,35%	R\$ 1,02238	R\$ 391,57
23/12/2017	6887	365	Vermelha 1	R\$ 0,62	30,00%	1,12%	5,18%	R\$ 0,96835	R\$ 353,45
23/01/2018	7355	468	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,75%	3,45%	R\$ 0,89185	R\$ 417,39
23/02/2018	7747	392	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,84%	3,14%	R\$ 0,88888	R\$ 348,44
23/03/2018	8080	333	Verde	R\$ 0,59	30,00%	1,21%	5,63%	R\$ 0,92913	R\$ 309,40
23/04/2018	8451	371	Verde	R\$ 0,59	30,00%	1,10%	5,60%	R\$ 0,92708	R\$ 343,95
23/05/2018	8751	300	Amarela	R\$ 0,60	30,00%	0,66%	2,89%	R\$ 0,89818	R\$ 269,45
23/06/2018	9012	261	Vermelha 2	R\$ 0,64	30,00%	0,56%	1,90%	R\$ 0,94291	R\$ 246,10
23/07/2018	9260	248	Vermelha 2	R\$ 0,64	30,00%	1,26%	5,96%	R\$ 1,01440	R\$ 251,57
23/08/2018	9554	294	Vermelha 2	R\$ 0,64	30,00%	1,48%	7,51%	R\$ 1,04383	R\$ 306,89
23/09/2018	9934	380	Vermelha 2	R\$ 0,64	30,00%	0,74%	3,26%	R\$ 0,96491	R\$ 366,67
23/10/2018	10341	407	Vermelha 2	R\$ 0,64	30,00%	0,57%	1,94%	R\$ 0,94361	R\$ 384,05
23/11/2018	10709	368	Amarela	R\$ 0,60	30,00%	0,98%	4,69%	R\$ 0,92778	R\$ 341,42
23/12/2018	11176	467	Verde	R\$ 0,59	30,00%	1,43%	6,61%	R\$ 0,94713	R\$ 442,31
23/01/2019	11639	463	Verde	R\$ 0,59	30,00%	1,33%	5,98%	R\$ 0,93610	R\$ 433,41
23/02/2019	12074	435	Verde	R\$ 0,59	30,00%	1,56%	7,17%	R\$ 0,95779	R\$ 416,64
23/03/2019	12495	421	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,70%	3,40%	R\$ 0,89050	R\$ 374,90
23/04/2019	12939	444	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,74%	3,41%	R\$ 0,89118	R\$ 395,68
23/05/2019	13330	391	Amarela	R\$ 0,60	30,00%	0,66%	3,04%	R\$ 0,90021	R\$ 351,98
23/06/2019	13631	301	Verde	R\$ 0,59	30,00%	0,58%	2,66%	R\$ 0,87903	R\$ 264,59

Fonte: Elaborado pelos autores.

A fim de um estudo mais profundo sobre o investimento em usinas residenciais, este artigo também analisou os resultados financeiros de aplicações em instrumentos de renda fixa durante o mesmo período. Os índices financeiros de renda fixa variaram conforme Tabela 3 no qual, para fins de cálculo do IPCA, foi utilizado um prêmio (taxa pré-fixada extra ao índice) de 4,5% ao ano.

**Tabela 3 - Índices financeiros no período**

Mês-Ano	CDI		SELIC (% a.a.)			IPCA + Prêmio	
	CDI	Acumulado	SELIC	Índice	Acumulado	IPCA	Acumulado
<b>jul-16</b>	1,11%	1,01107	14,25%	1,00850	1,00850	0,52%	1,00887
<b>ago-16</b>	1,21%	1,02334	14,25%	1,00850	1,01707	0,44%	1,01702
<b>set-16</b>	1,11%	1,03468	14,25%	1,00850	1,02572	0,08%	1,02157
<b>out-16</b>	1,05%	1,04551	14,15%	1,00850	1,03444	0,26%	1,02798
<b>nov-16</b>	1,04%	1,05635	14,00%	1,00849	1,04322	0,18%	1,03361
<b>dez-16</b>	1,12%	1,06820	13,79%	1,00848	1,05206	0,30%	1,04051
<b>jan-17</b>	1,08%	1,07979	13,27%	1,00845	1,06095	0,38%	1,04829

<b>fev-17</b>	0,86%	1,08912	12,84%	1,00843	1,06989	0,33%	1,05560
<b>mar-17</b>	1,05%	1,10056	12,25%	1,00839	1,07888	0,25%	1,06212
<b>abr-17</b>	0,79%	1,10920	11,65%	1,00836	1,08789	0,14%	1,06751
<b>mai-17</b>	0,93%	1,11946	11,25%	1,00834	1,09696	0,31%	1,07474
<b>jun-17</b>	0,81%	1,12851	10,25%	1,00827	1,10604	-0,23%	1,07622
<b>jul-17</b>	0,80%	1,13750	10,09%	1,00826	1,11517	0,24%	1,08275
<b>ago-17</b>	0,80%	1,14662	9,25%	1,00820	1,12432	0,19%	1,08879
<b>set-17</b>	0,64%	1,15393	8,16%	1,00812	1,13344	0,16%	1,09453
<b>out-17</b>	0,64%	1,16135	8,10%	1,00811	1,14263	0,42%	1,10315
<b>nov-17</b>	0,57%	1,16794	7,50%	1,00806	1,15184	0,28%	1,11030
<b>dez-17</b>	0,54%	1,17422	7,10%	1,00802	1,16108	0,44%	1,11926
<b>jan-18</b>	0,58%	1,18107	7,00%	1,00801	1,17038	0,29%	1,12662
<b>fev-18</b>	0,46%	1,18656	6,81%	1,00799	1,17974	0,32%	1,13437
<b>mar-18</b>	0,53%	1,19287	6,67%	1,00798	1,18916	0,09%	1,13955
<b>abr-18</b>	0,52%	1,19904	6,50%	1,00796	1,19862	0,22%	1,14625
<b>mai-18</b>	0,52%	1,20525	6,50%	1,00796	1,20817	0,40%	1,15505
<b>jun-18</b>	0,52%	1,21148	6,50%	1,00796	1,21779	1,26%	1,17385
<b>jul-18</b>	0,54%	1,21805	6,50%	1,00796	1,22749	0,33%	1,18203
<b>ago-18</b>	0,57%	1,22496	6,50%	1,00796	1,23726	-0,09%	1,18531
<b>set-18</b>	0,47%	1,23069	6,50%	1,00796	1,24711	0,48%	1,19536
<b>out-18</b>	0,54%	1,23737	6,50%	1,00796	1,25704	0,45%	1,20513
<b>nov-18</b>	0,49%	1,24348	6,50%	1,00796	1,26705	-0,21%	1,20703
<b>dez-18</b>	0,49%	1,24962	6,50%	1,00796	1,27714	0,15%	1,21327
<b>jan-19</b>	0,54%	1,25640	6,50%	1,00796	1,28731	0,32%	1,22161
<b>fev-19</b>	0,49%	1,26260	6,50%	1,00796	1,29756	0,43%	1,23136
<b>mar-19</b>	0,47%	1,26852	6,50%	1,00796	1,30790	0,75%	1,24512
<b>abr-19</b>	0,52%	1,27509	6,50%	1,00796	1,31831	0,57%	1,25679
<b>mai-19</b>	0,54%	1,28202	6,50%	1,00796	1,32881	0,13%	1,26304
<b>jun-19</b>	0,47%	1,28803	6,50%	1,00796	1,33939	0,01%	1,26781

Fonte: Elaborado pelos autores.

O índice com melhor resultado no período avaliado foi a taxa SELIC, podendo ser um investimento com retorno direto atrelado a taxa através do tesouro SELIC. Conforme Tabela 4, o rendimento médio para taxa SELIC foi de 8,82% ao ano.

**Tabela 4 - Resumo dos rendimentos**

<b>ÍNDICE/RENDIMENTO</b>	<b>CDI</b>	<b>SELIC</b>	<b>IPCA + Prêmio</b>
<b>Rendimento Bruto</b>	1,28803	1,33939	1,26781
<b>Rendimento Líq. (-IR 15%)</b>	1,24482	1,28848	1,22764
<b>Média Líq. Anual</b>	7,57%	8,82%	7,08%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para comparação dos investimentos foram simuladas duas situações em uma análise de 25 anos:

- a) A economia na conta de energia elétrica com a geração de energia solar residencial aplicada ao tesouro Selic com resultado semelhante ao período analisado (8,2% a.a.) no final de cada ano e com o resultado líquido descontando o imposto de renda de 15% (situação a longo prazo), conforme Tabela 5. Foram considerados os valores reais da economia nos 3 primeiros anos e posteriormente foi considerado 90% da média deste valor até o 12º ano e 80% até o 25º ano, conforme indicado pelo fabricante dos módulos fotovoltaicos em relação ao desempenho das placas. Foi considerado o investimento feito através de uma corretora que não cobra taxa de serviço para esta aplicação e foi descontado o valor de R\$100,00 por ano para manutenção das placas (limpeza anual);
- b) A rentabilidade do valor investido no estudo de caso (R\$24.800,00) aplicado no tesouro Selic com resultado semelhante ao período analisado (8,82% a.a.) e com o resultado líquido descontando o imposto de renda de 15% (situação a longo prazo), conforme Tabela 6. Foi considerado o investimento feito através de uma corretora que não cobra taxa de serviço para esta aplicação.

Para o cálculo do retorno dos investimentos a longo prazo, utilizamos o VPL (valor presente líquido) para determinar a taxa de retorno média do sistema de energia solar residencial através da simulação dos fluxos de economia financeira da conta de energia mensal e a taxa de rentabilidade necessária dos instrumentos de renda fixa para inviabilizar o investimento do ponto de vista financeiro.

O VPL apura o ganho financeiro de um projeto em valores atuais, ou seja, segundo Camloffski (2014), o cálculo é feito descapitalizando todos os fluxos de caixa previstos e diminuindo pelo investimento inicial, conforme Equação 4, sendo que se o resultado for superior a zero ele deve continuar sendo estudado e se for inferior ele deve ser descartado.

$$VPL = \text{Somatório dos valores presentes das entradas de caixa} - \text{Investimento inicial} \quad (4)$$

#### 4. RESULTADOS

As rentabilidades ao ano das duas situações de comparação, itens (a) e (b) descritas na metodologia deste estudo, foram calculadas pela Equação 3 e a rentabilidade total pela Equação 4, e apresentaram os resultados demonstrados pelas Tabelas 5 e 6, respectivamente.



$$\text{Rentabilidade ao ano} = \frac{\text{Fluxo Anual}}{\text{Capital Investido}} \quad (3)$$

$$\text{Rentabilidade total} = \frac{\text{Acumulado Líquido}}{\text{Capital Investido}} \quad (4)$$

**Tabela 5 – Simulação da rentabilidade de geração de energia solar**

SELIC	8,82%	I.R. 15%		FLUXO	RENTABILIDADE	
ANO	ECONOMIA	ACUM. APLIC.	ACUM. LÍQUIDO	MENSAL	TOTAL	AO ANO
1	R\$ 4.305,08	R\$ 4.305,08	R\$ 4.205,08	R\$ 4.205,08	-83,0%	-83,04%
2	R\$ 4.041,11	R\$ 8.725,73	R\$ 8.368,80	R\$ 4.163,71	-66,3%	-41,91%
3	R\$ 4.330,11	R\$ 13.825,10	R\$ 13.309,71	R\$ 4.940,91	-46,3%	-18,73%
4	R\$ 3.802,89	R\$ 18.846,81	R\$ 18.163,98	R\$ 4.854,28	-26,8%	-7,49%
5	R\$ 3.802,89	R\$ 24.311,23	R\$ 23.462,00	R\$ 5.298,02	-5,4%	-1,10%
6	R\$ 3.802,89	R\$ 30.257,40	R\$ 29.235,91	R\$ 5.773,91	17,9%	2,78%
7	R\$ 3.802,89	R\$ 36.727,79	R\$ 35.527,66	R\$ 6.291,75	43,3%	5,27%
8	R\$ 3.802,89	R\$ 43.768,60	R\$ 42.382,91	R\$ 6.855,25	70,9%	6,93%
9	R\$ 3.802,89	R\$ 51.430,14	R\$ 49.851,34	R\$ 7.468,43	101,0%	8,07%
10	R\$ 3.802,89	R\$ 59.767,11	R\$ 57.987,00	R\$ 8.135,66	133,8%	8,86%
11	R\$ 3.802,89	R\$ 68.839,08	R\$ 66.848,72	R\$ 8.861,72	169,6%	9,43%
12	R\$ 3.802,89	R\$ 78.710,83	R\$ 76.500,50	R\$ 9.651,78	208,5%	9,84%
13	R\$ 3.380,35	R\$ 89.030,33	R\$ 86.589,46	R\$ 10.088,96	249,2%	10,10%
14	R\$ 3.380,35	R\$ 100.259,60	R\$ 97.582,26	R\$ 10.992,81	293,5%	10,28%
15	R\$ 3.380,35	R\$ 112.478,85	R\$ 109.553,01	R\$ 11.970,75	341,7%	10,41%
16	R\$ 3.380,35	R\$ 125.775,34	R\$ 122.587,92	R\$ 13.034,91	394,3%	10,50%
17	R\$ 3.380,35	R\$ 140.244,06	R\$ 136.780,80	R\$ 14.192,88	451,5%	10,57%
18	R\$ 3.380,35	R\$ 155.988,34	R\$ 152.233,75	R\$ 15.452,94	513,8%	10,61%
19	R\$ 3.380,35	R\$ 173.120,63	R\$ 169.057,84	R\$ 16.824,09	581,7%	10,63%
20	R\$ 3.380,35	R\$ 191.763,31	R\$ 187.373,96	R\$ 18.316,12	655,5%	10,64%
21	R\$ 3.380,35	R\$ 212.049,54	R\$ 207.313,65	R\$ 19.939,69	735,9%	10,64%
22	R\$ 3.380,35	R\$ 234.124,19	R\$ 229.020,05	R\$ 21.706,39	823,5%	10,63%
23	R\$ 3.380,35	R\$ 258.144,96	R\$ 252.648,90	R\$ 23.628,85	918,7%	10,62%
24	R\$ 3.380,35	R\$ 284.283,39	R\$ 278.369,68	R\$ 25.720,79	1022,5%	10,60%
25	R\$ 3.380,35	R\$ 312.726,20	R\$ 306.366,83	R\$ 27.997,15	1135,4%	10,58%

Fonte: Elaborado pelos autores.

**Tabela 6 – Simulação da rentabilidade em renda fixa**

SELIC	8,82%	I.R. 15%		FLUXO	RENTABILIDADE	
ANO	LUCRO	ACUM. APLIC.	ACUM. LÍQUIDO	ANUAL	TOTAL	AO ANO
1	R\$ 2.186,37	R\$ 26.986,37	R\$ 26.658,42	R\$ 26.658,42	7,5%	7,49%
2	R\$ 2.379,12	R\$ 29.365,49	R\$ 28.680,67	R\$ 2.022,25	15,6%	7,54%
3	R\$ 2.588,87	R\$ 31.954,36	R\$ 30.881,20	R\$ 2.200,54	24,5%	7,58%
4	R\$ 2.817,10	R\$ 34.771,46	R\$ 33.275,74	R\$ 2.394,54	34,2%	7,63%
5	R\$ 3.065,46	R\$ 37.836,91	R\$ 35.881,38	R\$ 2.605,64	44,7%	7,67%

6	R\$ 3.335,71	R\$ 41.172,62	R\$ 38.716,73	R\$ 2.835,35	56,1%	7,71%
7	R\$ 3.629,78	R\$ 44.802,40	R\$ 41.802,04	R\$ 3.085,32	68,6%	7,74%
8	R\$ 3.949,79	R\$ 48.752,19	R\$ 45.159,36	R\$ 3.357,32	82,1%	7,78%
9	R\$ 4.298,00	R\$ 53.050,19	R\$ 48.812,66	R\$ 3.653,30	96,8%	7,81%
10	R\$ 4.676,91	R\$ 57.727,10	R\$ 52.788,03	R\$ 3.975,37	112,9%	7,85%
11	R\$ 5.089,23	R\$ 62.816,33	R\$ 57.113,88	R\$ 4.325,84	130,3%	7,88%
12	R\$ 5.537,89	R\$ 68.354,22	R\$ 61.821,09	R\$ 4.707,21	149,3%	7,91%
13	R\$ 6.026,12	R\$ 74.380,34	R\$ 66.943,29	R\$ 5.122,20	169,9%	7,94%
14	R\$ 6.557,38	R\$ 80.937,72	R\$ 72.517,06	R\$ 5.573,77	192,4%	7,97%
15	R\$ 7.135,48	R\$ 88.073,20	R\$ 78.582,22	R\$ 6.065,16	216,9%	7,99%
16	R\$ 7.764,54	R\$ 95.837,74	R\$ 85.182,08	R\$ 6.599,86	243,5%	8,02%
17	R\$ 8.449,07	R\$ 104.286,81	R\$ 92.363,79	R\$ 7.181,71	272,4%	8,04%
18	R\$ 9.193,94	R\$ 113.480,74	R\$ 100.178,63	R\$ 7.814,85	303,9%	8,06%
19	R\$ 10.004,48	R\$ 123.485,22	R\$ 108.682,44	R\$ 8.503,80	338,2%	8,09%
20	R\$ 10.886,47	R\$ 134.371,69	R\$ 117.935,94	R\$ 9.253,50	375,5%	8,11%
21	R\$ 11.846,22	R\$ 146.217,92	R\$ 128.005,23	R\$ 10.069,29	416,2%	8,13%
22	R\$ 12.890,59	R\$ 159.108,50	R\$ 138.962,23	R\$ 10.957,00	460,3%	8,15%
23	R\$ 14.027,02	R\$ 173.135,53	R\$ 150.885,20	R\$ 11.922,97	508,4%	8,17%
24	R\$ 15.263,65	R\$ 188.399,18	R\$ 163.859,30	R\$ 12.974,10	560,7%	8,19%
25	R\$ 16.609,29	R\$ 205.008,47	R\$ 177.977,20	R\$ 14.117,90	617,7%	8,20%

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os resultados indicam que o *payback* do valor investido no sistema de energia solar ocorre no 6º ano, e quando comparado à aplicação em renda fixa, o montante fica superior somente a partir do 9º ano de operação. Ou seja, o investimento nesta tecnologia tem rentabilidade melhor quando comparado a instrumentos de renda fixa a longo prazo. O montante investido obteve no 25º ano uma rentabilidade de 1135,4% na usina de energia enquanto o resultado em tesouro Selic foi de 617,7%.

Para analisarmos a simulação a longo prazo utilizamos os fluxos de caixa gerados para analisarmos o VPL em um prazo de 25 anos, mesmo período de vida útil dos equipamentos.

É importante dizer que o atual cenário econômico do Brasil está com juros baixos, proporcionando uma vantagem no investimento na usina de energia solar que pode se inverter se a taxa Selic aumentar nos próximos anos. Mesmo assim, considerando que os valores economizados pelo sistema fotovoltaico também seriam aplicados a mesma taxa de juros, o investimento na usina residencial ainda seria vantajoso a longo prazo desde que a rentabilidade líquida anual da renda fixa fosse inferior a 8,21% a.a., conforme a Tabela 7.

**Tabela 7 - Valor presente líquido**

<b>Descrição</b>	<b>Taxa de desconto</b>	<b>VPL</b>
Sistema	5,00%	R\$ 87.923,45
Selic	5,00%	R\$ 48.714,29
Sistema	6,50%	R\$74.673,29
Selic	6,50%	R\$55.450,70
Sistema	8,00%	R\$64.210,97
Selic	8,00%	R\$62.000,00
Sistema	8,212475%	R\$62.913,02
Selic	8,212475%	R\$62.913,02

**Fonte: Elaborado pelos autores.**

## **5. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Este trabalho se propôs a analisar o uso da tecnologia de geração de energia solar residencial como uma forma de investimento quando comparado às rentabilidades financeiras de instrumentos de renda fixa.

Nota-se uma lacuna na literatura no que tange as pesquisas relacionando a tecnologia de geração residencial de energia elétrica solar como uma forma de investimento. Os resultados deste trabalho buscaram contribuir com o entendimento das pessoas com as usinas residenciais como forma de investimento. Os resultados indicaram a viabilidade financeira de investimento na tecnologia como forma alternativa aos métodos tradicionais de aplicação de renda.

São consideradas limitações desta pesquisa a falta de mais dados de outras usinas residenciais de geração de energia elétrica solar da região para validação dos resultados. Em complemento, poderia ser realizada uma pesquisa qualitativa comparando os resultados com instrumentos de renda variável.

Uma possível pesquisa consiste em analisar as usinas residenciais em todas as regiões do país, validando os resultados com uma amostra significativa de sistemas, e demonstrar os locais com maior e menor viabilidade financeira quando comparado a instrumentos de renda fixa e renda variável.

Outros desafios na área é analisar o comportamento da radiação solar na região e demonstrar a sua relação com a alteração do volume de produção de energia durante o período, e analisar o desempenho da geração de energia elétrica das placas fotovoltaicas a longo prazo, verificando a vida útil destes materiais. Desta forma, sugere-se que em trabalhos futuros estudos nesta linha sejam realizados.

## REFERÊNCIAS

ANEEL (Agencia nacional de energia elétrica). **Relatório do acionamento de bandeiras tarifárias**. 2017.

ANEEL (Agencia nacional de energia elétrica). **Relatório do acionamento de bandeiras tarifárias**. 2019.

ANEEL (Agencia nacional de energia elétrica). **Resolução normativa nº 482**. 17 de abril, 2012.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (BRASIL). **Atlas de energia elétrica do Brasil**. 3.ed. Brasília: ANEEL, 2008.

BODIE, Zvi; KANE, Alex; MARCUS, Alan J. **Fundamento de investimentos**. 9ª Ed. AMGH Editora Ltda. Porto Alegre, 2014.

BODIE, Zvi; KANE, Alex; MARCUS, Alan J. **Investimentos**. 10ª Ed. AMGH Editora Ltda. Porto Alegre, 2015.

CABELLO, Andrea Felipe; POMPERMAYER, Fabiano Mezadre. **Energia fotovoltaica ligada a rede elétrica: atratividade para o consumidor final e possíveis impactos no sistema elétrico**. Instituto de pesquisa econômica aplicada. Brasília. 2013.

CAMLOFFSKI, Rodrigo. **Análise de investimentos e viabilidade financeira das empresas**. Editora Atlas S.A. 2014.

CEMIG (Companhia energética de Minas Gerais). **Tarifas de fornecimento CEMIG**. 2019.

GOOGLE EARTH-MAPAS. <http://mapas.google.com>. 18/03/2019.

HODGE, B. K. **Sistemas e aplicações de energia alternativa**. LTC. Rio de Janeiro, 2018.

IEA (International Energy Agency). **World energy balances**. Disponível em: <<https://webstore.iea.org/world-energy-balances-2018>>. Acesso em: 6 Jun. 2019. Statistics. 2018.

MIRANDA, Raul Figueiredo Carvalho. **Análise da inserção de geração distribuída de energia solar fotovoltaica no setor residencial brasileiro**. Dissertação de mestre em planejamento energético. UFRJ, 2013.

MME (Ministério de Minas de Energia). **Boletim mensal de monitoramento do sistema elétrico brasileiro**. Secretaria de Energia Elétrica. Departamento de monitoramento do sistema elétrico. Março, 2018.

REIS, Vagner Vieira; VALVERDE, Anderson Rocha; MENDONÇA, Ricardo Rodrigues Sileira de. **Viabilidade econômica de um projeto de micro geração fotovoltaica residencial no ambiente de compensação de energia elétrica**. Convibra. 2015.

TORRES, Regina Célia. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. Dissertação de mestre em ciências. USP. 2012.