

RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DO INVESTIMENTO NA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

QUEZIA MONTORIL FERREIRA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

JACKELINE LUCAS SOUZA

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

LARA BEATRIZ LIMA COUTINHO

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

Introdução

As fontes de energia renovável ganham espaço como uma forma de reduzir as emissões de carbono e de acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) (2024), as maiores fontes renováveis que compõem a matriz de energia elétrica são: hídrica (55%), eólica (14,8%) e fotovoltaica (6,28%, sem considerar sistemas de geração distribuída). Ao se considerar a geração distribuída (como painéis solares em residências e empresas), a energia solar se torna a segunda maior fonte.

Problema de Pesquisa e Objetivo

Problema: Qual a relação custo-benefício do investimento na implantação de energia solar fotovoltaica em um condomínio residencial? Objetivo geral: evidenciar o custo-benefício do investimento na implantação de energia solar fotovoltaica em um condomínio residencial. Objetivos específicos: avaliar linhas de crédito para aquisição de painéis solares; analisar os custos de instalação e manutenção no setor de energia solar fotovoltaica; e comparar o custo da energia convencional e a energia solar fotovoltaica no condomínio residencial.

Fundamentação Teórica

A energia solar fotovoltaica ganhou destaque no Brasil, para o setor de micro e minigeração distribuída, com a Resolução ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012. A partir disto, o consumidor já poderia gerar energia elétrica utilizando qualquer fonte de energia e o sistema de compensação da mesma. Com a Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamentou a energia solar. A lei estabelece um marco legal do Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) de energia no Brasil

Metodologia

É descritiva, qualitativa, bibliográfica, documental e estudo de caso. O objeto de estudo foi o Edifício Torres Câmara I, localizado no bairro Aldeota, na cidade de Fortaleza, no Estado do Ceará, com dados coletados nas contas de energia elétrica do condomínio, em cinco etapas: levantamento do consumo médio, dimensionamento e projeção de ares-condicionados novos, orçamento dos gastos com implantação e manutenção, avaliação de linha de crédito para aquisição do sistema fotovoltaico e avaliação do retorno financeiro do sistema (payback).

Análise e Discussão dos Resultados

O investimento gera um retorno líquido de R\$185.974,14, acima da exigência mínima de retorno (TMA de 14,27% a.a.). Logo, com um VPL alto e positivo, o projeto se mostra viável. A Taxa Interna de Retorno (TIR), por sua vez, se mostrou maior que a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), revelando que há superação do retorno mínimo exigido. No payback simples, em 28 meses (2,3 anos), o valor investido é recuperado e no payback descontado o retorno é em 70 meses (5,77 anos).

Considerações Finais

O estudo concluiu que a relação custo-benefício do investimento na implantação de energia solar fotovoltaica em um condomínio residencial é vantajosa, mesmo com o alto custo de implantação. Foi identificado que o investimento retorna ao condomínio de 26 a 70 meses. O primeiro objetivo foi alcançado pela simulação de financiamento no sistema do BNB. O segundo objetivo de analisar os custos de instalação e manutenção, foi alcançado pelo orçamento de implantação do sistema fotovoltaico de R\$66.585,40. E o terceiro objetivo específico foi alcançado pela demonstração da viabilidade do investimento.

Referências

BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. FNE Sol. Banco do Nordeste, 2025. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/fne-sol>. Acesso em: 01 de jul. 2025.
BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para acesso de microgeração e minigeração distribuída. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 18 abr. 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2024.

Palavras Chave

Energia solar fotovoltaica, Sustentabilidade, Análise de investimento

Agradecimento a órgão de fomento

Ao Programa de Educação Tutorial (PET) da Universidade Federal do Ceará (UFC).

RELAÇÃO CUSTO-BENEFÍCIO DO INVESTIMENTO NA IMPLANTAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA EM UM CONDOMÍNIO RESIDENCIAL

1 INTRODUÇÃO

As fontes de energia renovável ganham espaço como uma forma de reduzir as emissões de carbono e de acordo com a Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (ABSOLAR) (2024), as maiores fontes renováveis que compõem a matriz de energia elétrica são: hídrica (55%), eólica (14,8%) e fotovoltaica (6,28%, sem considerar sistemas de geração distribuída). Ao se considerar a geração distribuída (como painéis solares em residências e empresas), a energia solar se torna a segunda maior fonte.

Neste cenário, o estudo propõe o questionamento: **Qual a relação custo-benefício do investimento na implantação de energia solar fotovoltaica em um condomínio residencial?** Para tanto, foram traçados como objetivos específicos: *i)* avaliar as linhas de crédito, disponíveis no mercado financeiro, para aquisição de painéis solares; *ii)* analisar os custos de instalação e manutenção no setor de energia solar fotovoltaica e *iii)* comparar o custo da energia convencional e a energia solar fotovoltaica por meio da avaliação do retorno financeiro do capital aplicado pela opção de implantação de energia solar fotovoltaica no condomínio.

Esta pesquisa é descritiva, qualitativa, documental e estudo de caso no Edifício Torres Câmara I, no bairro Aldeota, em Fortaleza/Ceará. O estudo contribui para preencher lacunas sobre redução dos gastos com energia elétrica e a valorização patrimonial.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

O histórico da energia solar fotovoltaica no Brasil passou por importantes evoluções ao longo dos anos. Em 2008, foi criado o Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GDSF) visando elaborar estudos, sugestões de condições e critérios de políticas de uso da energia solar fotovoltaica conectada à rede, principalmente em construções urbanas.

A energia solar fotovoltaica ganhou destaque no Brasil, para o setor de micro e minigeração distribuída, com a Resolução ANEEL nº 482, de 17 de abril de 2012. A partir disto, o consumidor já poderia gerar energia elétrica utilizando qualquer fonte de energia e o sistema de compensação da mesma. Com a Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) regulamentou a energia solar. A lei estabelece um marco legal do Micro e Minigeração Distribuída (MMGD) de energia no Brasil, dissertando sobre cobranças pelo uso da rede de distribuição e prazos para que as distribuidoras façam obras de conexão.

Dentro dos efeitos da Lei nº 14.300/2022, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica (SCEE) possibilitou aos consumidores injetar a energia elétrica gerada por uma unidade consumidora com MMGD, na rede da distribuidora local, cedida a título de empréstimo gratuito e depois utilizá-la para compensação de consumo de energia elétrica ativa.

2.2 ESTUDOS ANTERIORES

Silva *et al.* (2023) realizaram a descrição da implantação de sistema solar fotovoltaico na Christus Faculdade do Piauí, a fim de prover energia para a instituição implantar um sistema fotovoltaico. A pesquisa buscou dimensionar o sistema solar fotovoltaico (equipamentos elétricos e eletrônicos da CHRISFAPI, consumo mensal em R\$/kWh e consumo médio anual). Os resultados apontaram custos totais de R\$970.133,41, com o retorno em 28 meses.

Silva *et al.* (2019) analisaram o custo-benefício da implantação do sistema fotovoltaico, em duas edificações. Os resultados apontaram na edificação A, o consumo de 1.800 kWh/mês em 12 meses, com tarifa média de R\$0,90/kWh, tendo o custo de investimento de R\$68.479,02, com estimativa de recuperação em 36 meses. Já na edificação B, o consumo foi de 1.582,75 kWh/mês em 12 meses, com tarifa média de R\$0,89/kWh e custo de investimento de R\$57.536,20, com estimativa de retorno financeiro em 48 meses.

3 METODOLOGIA

3.1 TIPOLOGIA DA PESQUISA

É descritiva (quanto aos objetivos) por registrar e descrever os fatos de uma população, estabelecendo relações entre as variáveis; é de natureza qualitativa por analisar os dados sem utilizar instrumentos estatísticos. Quanto aos procedimentos, é bibliográfica, por se apoiar na consulta; documental por levantar documentos; e estudo de caso, uma vez que analisa um contexto aplicado (PRODANOV; FREITAS, 2013).

3.2 COLETA E TRATAMENTO DE DADOS

O ambiente de pesquisa escolhido foi o Edifício Torres Câmara I, no bairro Aldeota, na cidade de Fortaleza, no Estado do Ceará. A coleta de dados foi feita com o uso de contas de energia elétrica do condomínio. As etapas de tratamento dos dados estão no Quadro 1:

Quadro 1 – Etapas de tratamento dos dados

Etapa	Descrição da etapa
1ª	Levantamento do consumo médio mensal do ano de 2024 das contas de energia elétrica.
2ª	Dimensionamento do sistema fotovoltaico compatível com o consumo do condomínio, identificado na 1ª etapa, e projeção de ares-condicionados a serem instalados em cinco áreas do objeto de estudo.
3ª	Orçar o custo para implantação e manutenção do sistema fotovoltaico proposto para suprir a demanda do objeto de estudo.
4ª	Avaliar linha de crédito de financiamento ao modelo do sistema fotovoltaico orçado na 3ª etapa pelo programa FNE Sol, do Banco do Nordeste.
5ª	Avaliação do retorno financeiro do capital aplicado pela opção de implantação de energia solar fotovoltaica no condomínio, por meio do Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), <i>payback</i> simples e <i>payback</i> descontado.

Fonte: Elaborado pelas autoras (2025).

4 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO E DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA

Se considerará as áreas comuns (3.230,46 m²): subsolo, térreo e pilotis. Desta área, cinco espaços serão analisados para acréscimos de ares-condicionados (Tabela 2). A Tabela 1 evidencia o consumo mensal/anual total e as médias em R\$/kWh de acordo com as contas de 09 a 12/2024:

Tabela 1 – Consumo anual em 2024

Mês de referência	Consumo (kWh)	Valor (R\$)
Janeiro	2871	2.906,39
Fevereiro	2868	2.958,95
Março	2851	2,64
Abril	2862	2.905,99
Maio	2838	2.843,74
Junho	2514	2.574,51
Julho	2407	2.493,85
Agosto	2881	2.857,07
Setembro	3289	3.363,88
Outubro	3467	3.725,14
Novembro	3290	3.457,47
Dezembro	2885	2.888,12
Total	37.891	32.977,75
Média	2.918,58	2.748,15

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Se estimou número de aparelhos pelo cálculo das características: ambientes de baixa insolação, área (em m²), quantidade de equipamentos, quantidade de pessoas excedentes e frequência mensal de uso (Tabela 2).

Tabela 2 – Estimação da quantidade de ares-condicionados

Ambiente	Área (m ²)	Equipamentos eletrônicos	Quantidade de pessoas	Quantidade de BTUs	Quantidade de ares-condicionados	Modelo (BTUs)	Frequência mensal de uso dos ares-condicionados (h)
Academia	49,83	2	13	38.298	1	30.000	240
Brinquedoteca	35,05	2	13	29.430	1	30.000	120
Sala do administrador	8,70	1	1	5.820	1	9.000	80
Portaria	3,10	9	1	7.260	1	9.000	720
Salão de festas	83,86	1	50	80.316	2	36.000	16
					1	9.000	

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Encontraram-se os acréscimos (R\$/kWh) do uso desses aparelhos (Tabela 3), e para chegar ao resultado em R\$ considerou o preço médio de R\$0,96/kWh.

Tabela 3 – Acréscimo na conta de energia (em R\$ e em kWh)

Modelo (BTUs)	Consumo anual do aparelho (kWh)	Consumo mensal do aparelho (kWh)	Período total de funcionamento mensal (h) ⁽¹⁾	Preço médio do kWh (R\$)	Consumo total acrescentado (kWh)	Valor mensal de acréscimo (R\$)
9.000	273,00	22,75	1.056	0,96	138,60	133,06
30.000	1.035,00	86,25	360	0,96	179,13	171,97
36.000	1.277,50	106,46	32	0,96	19,65	18,87
Total	-	-	1.448	-	337,39	323,89

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

O consumo total acrescentado (kWh) foi calculado pelas recomendações do Inmetro e da Portaria nº 309/2022. Assim, seguindo o ciclo Inmetro, o consumo (na etiqueta) foi dividido por 2.080 horas/ano (aparelhos etiquetados por Índice de Desempenho de Resfriamento Sazonal – IDRS), chegando ao valor do consumo em kWh. Os valores da Tabela 3 foram somados às médias evidenciadas na Tabela 1 (2.918,58kWh e R\$2.748,15), gerando as médias de 3.255,97kWh e R\$3.072,04 mensais.

4.2 LEVANTAMENTO DE CUSTO

Foi coletado o orçamento da empresa fornecedora MF Energy e tomou-se como base o orçamento levando em conta consumo adicional incrementado pelos ares-condicionados que pretende instalar. Assim, o fornecedor destacou dados do projeto para condomínio (Tabela 4).

Tabela 4 – Especificações do projeto

Tipo de estrutura	Laje plana
Irradiação local	5,8 kWh/m ² dia
Tipo de rede	Trifásico
Potência do sistema	25,30 kWp
Módulos fotovoltaicos	46 módulos de 550 W
Dados do Inversor	1 Solplanet
Geração média mensal	3.290,27 kWh/mês
Geração média anual	39.483,24 kWh/ano
Redução de CO₂	10.575,400 kg/ano

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

Os equipamentos têm garantias variáveis: 25 anos para os módulos; 10 anos para o inversor e um ano para materiais elétricos. Assim, dado o projeto, o valor do investimento está previsto em R\$66.585,40, para pagamento à vista, com possibilidade de financiamento, pelo programa FNE Sol, do Banco do Nordeste (Banco do Nordeste do Brasil, 2025) (Tabela 5).

Tabela 5 – Informações de financiamento

Programa	FNE Sol Urbano
Valor financiado (principal)	R\$66.585,40
Prazo total do financiamento	24 meses (2 anos)
Carência	3 meses (pagamento de juros trimestralmente)
Início do financiamento	15/06/2025
Início dos pagamentos de juros	15/09/2025
Início dos pagamentos do principal	15/10/2025
Taxa de juros fixa ao ano	2,1384%
Taxa de juros fixa ao mês	0,1765%
Juros variáveis (IPCA estimado)	0,9588% ao mês (projetado, não garantido)
Custo Efetivo Total (CET) ao ano	2,1458% (sem IPCA)
CET ao mês	0,1771% (sem IPCA)
Total a pagar COM bônus	R\$78.014,57
Total a pagar SEM bônus	R\$78.288,99
Total a pagar pelo CET	R\$68.402,98 (exclui variação do IPCA)
Valor total de juros (com IPCA)	R\$11.703,59

Periodicidade das parcelas	Mensal (principal) / Trimestral (juros na carência)
Valor médio da parcela (com bônus)	R\$3.250,00 a R\$2.800,00 (decrecente)

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

A simulação tem como valor principal R\$66.585,40 com prazo de 24 meses para a amortização e 1ª parcela do principal para 15/10/2025. O custo efetivo total de R\$78.288,99, considera o IPCA ao longo dos 24 meses, montando os juros de R\$11.703,59. Todavia, o programa possui bonificações por adimplência, podendo reduzir este valor para R\$78.014,57.

4.3 RETORNO FINANCEIRO

Foram comparados os cenários: 1) o cenário do consumo atual de 2.918,58kWh de consumo de energia mensal e 2) o cenário com o plano de instalação de ares-condicionados nos cinco espaços analisados, conforme a média estimada de 3.255,97kWh.

Considerou-se como economia energética os custos anuais de energia elétrica, com a incidência da taxa de 5,32% ao ano – acumulado dos últimos 12 meses do IPCA – como estimativa da inflação energética sobre o custo médio do kWh de R\$ 0,96 ao longo de 25 anos. Os 25 anos adotados são em função da vida útil econômica dos módulos fotovoltaicos, além do custo de manutenção, pela substituição do inversor, com 10 anos de uso dos módulos, no montante de R\$8.000,00 – preço de venda médio do mercado informado pelo fornecedor.

Já no financiamento, foi tomado como base para cálculo o valor de R\$78.288,99 (sem bonificação por adimplência), visto que corresponde ao valor mensal do principal de R\$66.585,40 mais juros de R\$11.703,59, onde o VPL e a TIR foram calculados com base na TMA de 14,27% ao ano, evidenciando na Tabela 6 o *payback* simples e o *payback* descontado.

Tabela 6 – Retorno financeiro

Indicador	Cenário 1	Cenário 2
VPL	R\$ 185.974,14	R\$ 223.749,22
TIR	30,99% a.a.	34,46% a.a.
<i>Payback</i> simples	28 meses	26 meses
<i>Payback</i> descontado	70 meses	61 meses

Fonte: Dados da pesquisa (2025).

No primeiro cenário, o investimento gera um retorno líquido de R\$185.974,14, acima da exigência mínima de retorno (TMA de 14,27% a.a.). Logo, com um VPL alto e positivo, o projeto se mostra viável. A TIR, por sua vez, se mostrou maior que a TMA, revelando que há superação do retorno mínimo exigido. No *payback* simples, em 28 meses (2,3 anos), o valor investido é recuperado e no *payback* descontado o retorno é em 70 meses (5,77 anos).

No segundo cenário, o investimento gera um retorno líquido de R\$223.749,22, acima da TMA, representando um VPL alto e positivo, resultando num projeto viável. A TIR, por sua vez, se mostrou maior que a TMA, revelando que há superação do retorno mínimo exigido. No *payback* simples, em 26 meses (2,1 anos), o valor investido é recuperado, sem considerar a inflação e no *payback* descontado o retorno é em 61 meses (5,03 anos).

Sobre o retorno financeiro, os estudos de Silva *et al.* (2023) consideraram apenas o *payback* simples, resultando em um retorno de 28 meses; os de Silva *et al.* (2019), que também aplicaram apenas o *payback* simples geraram retorno de 36 meses e 48 meses, respectivamente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo concluiu que a relação custo-benefício do investimento na implantação de energia solar fotovoltaica em um condomínio residencial é vantajosa, mesmo com o alto custo de implantação. Foi identificado que o investimento retorna ao condomínio de 26 a 70 meses.

O primeiro objetivo foi alcançado pela simulação de financiamento no sistema do BNB. Quanto ao segundo objetivo de analisar os custos de instalação e manutenção, foi alcançado integralmente pelo orçamento de implantação do sistema fotovoltaico de R\$66.585,40. Quanto ao terceiro objetivo de comparar os custos da energia convencional e a energia solar fotovoltaica, foi alcançado integralmente através da verificação de viabilidade do investimento.

A pesquisa apresenta limitação de desconsiderar as bandeiras tarifárias aplicadas, e para estudos futuros, sugere-se a realização de estudos de caso analisando o retorno financeiro no contexto das bandeiras tarifárias incidentes na conta de energia.

REFERÊNCIAS

- ABSOLAR. Energia solar lidera a expansão da matriz elétrica brasileira no 1º trimestre. São Paulo, 16 abr. 2024. Disponível em: <https://www.absolar.org.br/noticia/energia-solar-lidera-a-expansao-da-matriz-eletrica-brasileira-no-1o-trimestre/>. Acesso em: 12 jun. 2024.
- BANCO DO NORDESTE DO BRASIL. **FNE Sol**. Banco do Nordeste, 2025. Disponível em: <https://www.bnb.gov.br/fne-sol>. Acesso em: 01 de jul. 2025.
- BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012. Estabelece as condições gerais para acesso de microgeração e minigeração distribuída. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 18 abr. 2012. Disponível em: <https://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf>. Acesso em: 22 dez. 2024.
- INMETRO. **Portaria nº 309, de 6 de setembro de 2022**. Aprova as Instruções Normativas e os Requisitos de Avaliação da Conformidade para a Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas e Residenciais. PBE Edifica, 6 set. 2022. Disponível em: <https://pbeedifica.com.br/portariaconsolidada>. Acesso em: 05 maio 2025.
- BRASIL. Presidência da República. Lei nº 14.300, de 6 de janeiro de 2022. Institui o marco legal da microgeração e minigeração distribuída, o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 7 jan. 2022. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2019-2022/2022/lei/114300.htm. Acesso em: 22 dez. 2024.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. Disponível em: <https://www.feevale.br/Comum/midias/0163c988-1f5d-496f-b118-a6e009a7a2f9/E-book%20%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2025.
- SILVA, B. C. O.; SILVA, M. do N.; CARVALHO, W. R. de; PEREIRA, M. G. de F.; CARVALHO, G. K. G.; MOURA, P. V. L. M. e; MENDES, N. S. Análise da viabilidade econômica da implantação de um sistema de energia solar fotovoltaica na Christus Faculdade do Piauí. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 8, p. 2912842569-2912842569, 2023. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/42569>. Acesso em: 01 ago. 2024.
- SILVA, L. S.; ASSUNÇÃO, R. F. de; SOBRINHO, D. C. da R.; FREITAS, E. da. S.; ASSUNÇÃO, W. R. de. Avaliação de custo-benefício da utilização de energia fotovoltaica. **Revista de Ciência e Tecnologia**, Roraima, v. 5, n. 9, 2019. Disponível em: <https://revista.ufr.br/rct/article/view/5405>. Acesso em: 20 jul. 2025.