



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL**

**MARIA ROSA DIONISIO ALMEIDA**

**AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E  
EÓLICA NA MATRIZ ENERGÉTICA DE COMUNIDADES RURAIS NO ESTADO  
DO CEARÁ**

**FORTALEZA**

**2018**

MARIA ROSA DIONISIO ALMEIDA

AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E  
EÓLICA NA MATRIZ ENERGÉTICA DE COMUNIDADES RURAIS NO ESTADO DO  
CEARÁ

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito para obtenção do título de Mestre em Economia Rural. Área de concentração: Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural.

Orientador: Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos.

FORTALEZA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- A449a Almeida, Maria Rosa Dionísio  
Avaliação financeira e econômica de energia fotovoltaica e eólica na matriz energética de comunidades rurais no Estado do Ceará. / Maria Rosa Dionísio Almeida. - 2018.  
136 f.: il. color.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Departamento de Economia Agrícola, Programa de Pós-Graduação em Economia Rural. Fortaleza, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos.
1. Energias renováveis. 2. Avaliação financeira. 3. Avaliação econômica. I. Título.

CDD: 338.1

---

MARIA ROSA DIONISIO ALMEIDA

AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E  
EÓLICA NA MATRIZ ENERGÉTICA DE COMUNIDADES RURAIS NO ESTADO DO  
CEARÁ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural do Departamento de Economia Agrícola da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Economia Rural. Área de concentração: Políticas Públicas e Desenvolvimento Rural.

Aprovada em \_\_\_\_ / \_\_\_\_ / \_\_\_\_\_

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Kilmer Coelho Campos (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Robério Telmo Campos  
Universidade Federal do Ceará (UFC)  
(Membro Interno)

---

Prof. Dr. Wellington Ribeiro Justo  
Universidade Regional do Cariri (URCA)  
(Membro Externo)

A Deus responsável por minha existência. A  
minha família em especial a minha mãe, pelo  
exemplo de incentivo e dedicação.

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me concedido força, motivação e sabedoria durante toda esta caminhada acadêmica e por não ter permitido, em momento algum, que eu desistisse diante dos obstáculos.

Aos meus pais, Maria Edvani Dionísio e Antônio Gonçalo Almeida, por não terem poupado esforços para que eu pudesse atingir o objetivo almejado, pelo apoio incondicional, dedicação e pelas palavras de incentivo, o meu muitíssimo obrigada!

Aos meus queridos pais de coração, Maria do Socorro Leite Maranhão e Manoel Furtado Maranhão *in memoriam*, anjos e presentes de Deus, obrigada pela formação educacional e profissional.

As minhas queridas irmãs, Maria Elisabeth e Maria Edna, por serem companheiras e estarem ao meu lado, me incentivando, transmitindo confiança e motivação. Ao meu amadíssimo sobrinho Marcos Antônio, obrigada meu pequeno anjo, por ter sido luz em minha vida, por me fazer recomeçar sempre que se sentia cansada.

A minha irmã de coração, Ildenir, obrigada pela sua amizade e seu companheirismo durante minha trajetória acadêmica e na vida, por muitas vezes me transmitiu tranquilidade em momentos difíceis, mesmo que distante. Obrigada também por sua paciência e disponibilidade durante toda a realização da pesquisa de campo.

A minha madrinha, Ana Maria Leite Maranhão, pelas orações, palavras de incentivo e apoio. Aos tios e tias e a meu cunhado Valdisney, que sempre torceram e acreditaram em mim. Agradeço ainda a todos os meus amigos e amigas pelas palavras de incentivo, entre os quais, Nely, José Arari, Cristiane, Rosa Maranhão, Maria do Socorro, Ogaciano e Cátia Azenha.

Às meninas que dividiram apartamento comigo, Hellen, Clíce e Jordânia. Em especial, a Hellen e a Clíce, irmãs de coração que tive a oportunidade de serem postas em meu caminho, obrigada pela amizade, paciência e parceria doada aos ensinamentos diários, que certamente contribuíram para uma vida inteira.

Ao meu orientador, Professor Dr. Kilmer Coelho Campos, pelo apoio, orientação e pelas correções e sugestões para a melhoria deste trabalho. Por suas palavras de incentivo, serei sempre grata por ter acreditado e me guiado no momento em que mais precisei.

Aos professores participantes da banca examinadora, pelos auxílios e orientações para a realização desse trabalho e ao Dr. Robério Telmo Campos, que tem me acompanhado durante esse período com seus ensinamentos e pela atenção que se tornou

indispensável, assim como pelas valiosas contribuições e sugestões propostas na realização deste trabalho. Ao Prof. Dr. Wellington Ribeiro Justo, pela disponibilidade e pelas sugestões em fazer parte deste trabalho.

À Secretaria do Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA), em especial a Raimundo Lopes e ao Doutor Marcos Aurélio, pela grande ajuda na realização da pesquisa, ao pessoal das EMATECE e das cooperativas dos municípios pesquisados, principalmente ao Sr. Abdias, Airton e Ednaldo, obrigada pela disponibilidade e disposição sempre que precisei. Aos agricultores dos municípios de Maranguape, Quixeré e Irauçuba, obrigada pela compreensão e disposição, durante a pesquisa, contribuindo para que os objetivos fossem alcançados.

Ao Programa de Pós-Graduação em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará (MAER/UFC), pelo ensino, disciplina, estímulo e ajuda financeira na realização da pesquisa, que foi fundamental para o meu desempenho ao longo dos dois anos intensos de curso. Aos funcionários do MAER, principalmente Carlene Matias, secretária do Programa do Mestrado Acadêmico em Economia Rural da Universidade Federal do Ceará- UFC, obrigada, pelas palavras de apoio e conselho durante nosso convívio no MAER.

À Secretária Municipal da Fazenda do município de Mauriti (CE), por permitir que me ausentasse das minhas funções profissionais, e por serem compreensivos até o final deste curso, em especial, a Cícero SINVAL, e aos meus coordenadores José Carlos Santos, George Bamam, e Meneia Cartaxo e aos meus colegas de trabalho.

Aos colegas da turma de mestrado, Everton, Cícero, Matheus, Aquiles, Nataniele, Marisa, Patrícia, Maria, Erivelton, pelo companheirismo e amizade durante o curso exclusivamente. A todas as amigas construídas durante o período em que estive no curso.

Ao meu amigo Otacio Pereira, pelo incentivo e apoio durante esta jornada acadêmica o meu profundo agradecimento. Por fim, a todos aqueles que contribuíram diretamente ou indiretamente para realização deste trabalho o meu muitíssimo obrigada.

“O sucesso nasce do querer, da determinação e persistência em se chegar a um objetivo. Mesmo não atingindo o alvo, quem busca e vence obstáculos, no mínimo fará coisas admiráveis” (JOSÉ DE ALENCAR, 1877).



## RESUMO

Essa dissertação é composta por três capítulos. No Capítulo 1, apresentou-se a descrição a respeito da eletricidade no meio rural no Estado do Ceará, tais como: perfil dos consumidores rurais brasileiros, custos da eletricidade, e sobre a capacidade energética eólica e solar do Estado do Ceará. Por fim, realizou-se uma análise descritiva das comunidades pesquisadas detentoras dos sistemas de energias renováveis. Fez-se uso de dados primários coletados por meio da aplicação de questionários, nas comunidades rurais do Assentamento Rural do Saco do Vento em Irauçuba, na cooperativa (COOFERPAM), localizada no comunidade Ladeira Grande no município de Maranguape, na comunidade rural de Ribeirinha e na cooperativa (COOPAFAQ) e dados secundários junto à Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA). Identificou-se que as energias renováveis têm contribuído para a garantia do suprimento energético das comunidades rurais. No Capítulo 2 foram avaliadas as fontes de energia renovável eólica e fotovoltaica nas comunidades rurais do Estado do Ceará, sob o ponto de vista privado, com a utilização do método de avaliação privada e financeira de investimentos. Foram mensurados os seguintes indicadores: valor presente líquido, relação benefício-custo, taxa interna de retorno e tempo de recuperação do investimento (*payback* atualizado), a partir dos investimentos feitos para o ano de 2017 para um horizonte de planejamento de 10 anos. Todos os sistemas apresentaram viabilidade financeira para as taxas de descontos de 6% a 12% ao ano. Em seguida realizou-se uma análise sensibilidade para todos os sistemas de energias. Neste aspecto verificou-se que para o sistema de energia eólico, a partir do momento que a receita diminui em 10%, a relação benefício-custo e o valor presente líquido passaram a ser inviáveis. No Capítulo 3 foi avaliado o retorno desses investimentos e seu impacto para toda a sociedade (avaliação econômica). Os indicadores socioeconômicos utilizados e o horizonte de planejamento foram os mesmos da análise privada. Os investimentos nos sistemas de energia fotovoltaica e eólico mostraram-se viáveis segundo todas as simulações sob o ponto de vista dos benefícios gerados à sociedade.

**Palavras-chave:** Energias renováveis. Avaliação Financeira. Avaliação Econômica.

## ABSTRACT

This dissertation is composed of three chapters. In Chapter 1, the description about electricity in rural areas in the State of Ceará is presented, such as: profile of Brazilian rural consumers; costs of electricity, and on the wind and solar power capacity of the state of Ceará. Finally, a descriptive analysis was carried out of the researched communities with renewable energy systems. Primary data were collected through the application of questionnaires, in the rural communities of the Saco do Vento Rural Settlement in Irauçuba, in the cooperative (COOFERPAM) located in the Ladeira Grande community in the municipality of Maranguape, in the rural community of Ribeirinha and in the cooperative (COOPAFAQ) and secondary data with the Secretariat of Agrarian Development of the State of Ceará (SDA). It was identified that renewable energies have contributed to guarantee the energy supply of rural communities. In Chapter 2, the sources of renewable wind and photovoltaic energy in the rural communities of the State of Ceará are evaluated from the private point of view, which has been used the private and financial valuation method of investments. The following indicators were measured: net present value, benefit-cost ratio, internal rate of return and investment recovery time (updated payback) from the investments made for the year 2017 for a 10-year planning horizon. All systems presented financial viability for the discount rates of 6% to 12% per year. Afterwards, a sensitivity analysis was performed for all energy systems. In this respect, it was verified that for the wind energy system from the moment that the revenue decreases by 10%, the benefit-cost ratio and the net present value have passed to be unfeasible. Chapter 3 seeks to evaluate the return of these investments under their impact on society as a whole (economic evaluation). The socioeconomic indicators used and the planning horizon were the same as the private analysis. Investments in photovoltaic and wind energy systems have proven viable in all simulations from the point of view of the benefits generated by society.

**Keywords:** Renewable energy. Financial evaluation. Economic evaluation.

## LISTA DE ABREVIACOES E SIGLAS

ADECE	Agência de Desenvolvimento do Estado do Ceará
ANNEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ABRADEE	Associao Brasileira de Destruidores de Energia Elétrica
BID	Banco Interamericano de Desenvolvimento
B/C	Benefício Custo
COELCE	Companhia Energética do Ceará
CHESF	Companhia Hidrelétrica do São Francisco
CEMAR	Companhia Energética do Maranhão
COFERPAM	Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar
CEPISA	Companhia Energética do Piauí
CEAL	Companhia Energética de Alagoas
COELBA	Companhia Energética da Bahia
COSERN	Companhia Energética do Rio Grande do Norte
CONPSYS	Consultoria, Planejamento e Sistemas Desenvolvimento
CNPJ	Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica
CF	Cadastro de Pessoa Física
CELPE	Companhia Energética do Pernambuco
CERNE	Centro em Estratégias em Recursos Naturais e Energia
DIT	Demais Instalações de Transmissão
EPE	Agência de Pesquisa Energética
EPB	Energisa Paraíba Distribuidora de Energia SA
EBO	Energisa Borborema Distribuidora de Energia SA
ELETRORAS	Centrais Elétricas Brasileiras, Ministério das Minas e Energia
ENECCEL	Enecel Energia e Comercializao e Consultoria Energética
ESSA	Empresa de Serviços de Energia
FEDAF	Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar
FIES	Fundo de Incentivo  Energia Solar do Estado do Ceará
FIEE	Fundo de Incentivo  Eficiência e Gerao Distribuída
FC	Fator de Conversão
GWH	Giga Watt Hora
GW	Giga Watt

IPECE	Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IGPM	Índice Geral de Preços de Mercado
KWH	Quilowatt-Hora
MME	Ministério de Minas e Energia
MW	Mega Watt
PAC	Programa de Aceleração do Crescimento
PENAE	Programa Nacional de Alimentação Escolar
PROÁLCOOL	Programa Nacional de Álcool
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica
PNDU	Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
PE	Preço Econômico
PM	Preço de Mercado
PROINFA	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
PCH	Programa de Incentivo s Fontes
PRODEEM	Programa de Desenvolvimento Energético de Estudos e Municípios
RIMA	Relatório de Impactos Ambiental
SUDENE	Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste
SEINFRA	Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará
SIN	Sistema Interligado Nacional
SULGIPE	Companhia Sul Sergipana de Eletricidade
TBSR	Tarifa Social Baixa Renda
TIR	Taxa Interna de Retorno
UC	Unidades Consumidoras
VPL	Valor Presente Líquido

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 1 – Variáveis e fonte de dados.....	73
Quadro 2 – Fatores utilizados na conversão dos preços financeiros em econômicos. ....	106

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Discriminação da população por situação de domicílios, urbano e rural no Brasil, 2015.....	24
Tabela 2 – Domicílios rurais sem eletrificação rural por regiões em 2015.....	24
Tabela 3 – Potencial de oferta de energia elétrica no Brasil (MV). ....	26
Tabela 4 – Consumo de energia elétrica por classe- Brasil (GWh).....	28
Tabela 5 – Principais empresas distribuidoras de energia elétrica no Nordeste e suas respectivas tarifas em kWh, 2017.....	31
Tabela 6 – Empresas provedoras de energia solar no Ceará, 2017. ....	40
Tabela 7 – Usinas Eólicas no estado do Ceará em operação, 2017.....	42
Tabela 8 – Descrição da população rural do Assentamento Saco dos Ventos, Irauçuba-CE, 2017. ....	49
Tabela 9 – Principais problemas encontrados após o uso da energia fotovoltaica na Comunidade rural Saco do Vento, 2017.....	50
Tabela 10 – Sugestões para melhorar o funcionamento do sistema de energia fotovoltaico na comunidade Saco do Vento-Irauçuba-CE, 2017. ....	51
Tabela 11 – O uso da energia solar na resolução do suprimento de energia na comunidade rural do Saco do Vento, Irauçuba-CE 2017. ....	52
Tabela 12 – Pequena descrição dos produtores da COOFPAM, Maranguape-CE, 2017. ..	53
Tabela 13 – Disposição a pagar pelo uso da energia solar pelos produtores Cooperativa da Agricultura Familiar (COFPAM) Maranguape-CE, 2017. ....	54
Tabela 14 – O uso da energia solar na resolução do suprimento de energético.....	54
Tabela 15 – Sugestões para melhoria do sistema de energia fotovoltaica da Cooperativa da Agricultura Familiar (COFPAM), Maranguape-CE, 2017. ....	55
Tabela 16 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação de um sistema de energia fotovoltaica no Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017. ....	77
Tabela 17 – Demonstração do Fluxo de caixa financeiro - Sistema fotovoltaico do Assentamento Saco do Vento Irauçuba-CE. ....	80
Tabela 18 – Avaliação financeira da implantação do sistema de energia solar no Assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017.....	81

Tabela 19 – Análise de sensibilidade do projeto, a taxa de desconto de 8% ao ano, de energia solar do Assentamento Rural do Saco do Vento - CE.....	82
Tabela 20 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia fotovoltaica na COFERPAM, Maranguape - Ceará, 2017. ....	83
Tabela 21 – Demonstração do fluxo de caixa financeiro - Sistema de energia fotovoltaica Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar, Maranguape – CE.....	85
Tabela 22 – Avaliação financeira do sistema de energia fotovoltaica na COFERPAM- Ceará, 2017.....	86
Tabela 23 – Análise de sensibilidade, a taxa de desconto de 8% ao ano, do sistema de energia solar da COFERPAM-CE.....	87
Tabela 24 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia eólica na COOPAFAQ, Quixeré - Ceará, 2017.....	88
Tabela 25 – Demonstração de fluxo de caixa financeiro - Sistema de energia eólica da Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (COOPAFAQ), Quixeré – CE.....	89
Tabela 26 – Avaliação financeira do sistema de energia eólica, na cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região, 2017.....	90
Tabela 27 – Análise de sensibilidade, a taxa de desconto de 8% a.a., do sistema de energia eólica da COOPAFAQ-CE.....	90
Tabela 28 – Infraestrutura energética do Ceará, 2010/2015.....	94
Tabela 29 – Consumo (MWh) e consumidores de energia elétrica no estado do Ceará, 2010/2015.....	95
Tabela 30 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação de um sistema de energia fotovoltaica no Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017. ....	107
Tabela 31 – Demonstração de Fluxo de caixa econômico - Sistema fotovoltaico do Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-CE. ....	109
Tabela 32 – Avaliação econômica de implantação do sistema de energia fotovoltaica no Assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017.....	110
Tabela 33 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia fotovoltaica na COFERPAM, Maranguape - Ceará, 2017.....	111

Tabela 34 – Demonstração do fluxo de caixa econômico - Sistema de energia fotovoltaico da COOPERFAM, Maranguape – CE.....	113
Tabela 35 – Avaliação econômica do Sistema de energia Fotovoltaica na COOPERFAM, 2017.....	114
Tabela 36 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia eólica na COOPAFAQ em Quixeré - Ceará, 2017.....	115
Tabela 37 – Demonstração do fluxo de caixa econômico - Sistema de energia eólica da COOPAFAQ, Quixeré – CE. ....	117
Tabela 38 – Avaliação econômica de energia eólica na COOPAFAQ, Quixeré e Região, 2017.....	118



## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>18</b>
	<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>21</b>
	<b>ELETRIFICAÇÃO RURAL NO BRASIL .....</b>	<b>21</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>21</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>23</b>
<b>2.1</b>	<b>Evolução da eletrificação rural.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.1</b>	<i>Distribuição, geração e transmissão de energia elétrica.....</i>	<b>24</b>
<b>2.1.2</b>	<i>Demanda de energia elétrica no meio rural .....</i>	<b>27</b>
<b>2.1.3</b>	<i>Perfil dos consumidores rurais .....</i>	<b>29</b>
<b>2.1.4</b>	<i>Custos de eletrificação rural.....</i>	<b>30</b>
<b>2.2</b>	<b>Geração e distribuição de energia elétrica no meio rural.....</b>	<b>33</b>
<b>2.2.1</b>	<i>A eletrificação rural fotovoltaica .....</i>	<b>35</b>
<b>2.2.2</b>	<i>Eletrificação rural eólica.....</i>	<b>37</b>
<b>2.3</b>	<b>Energias renováveis no estado do Ceará .....</b>	<b>39</b>
<b>2.3.1</b>	<i>Caracterização da energia fotovoltaica no estado do Ceará.....</i>	<b>39</b>
<b>2.3.2</b>	<i>Caracterização da energia eólica no estado do Ceará .....</i>	<b>41</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>44</b>
<b>3.1</b>	<b>Área geográfica de estudo .....</b>	<b>44</b>
<b>3.2</b>	<b>Natureza e fonte de dados .....</b>	<b>45</b>
<b>3.3</b>	<b>Método de análise .....</b>	<b>47</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>48</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise descritiva do assentamento rural Saco do Vento, município de Irauçuba-CE.....</b>	<b>48</b>
<b>4.2</b>	<b>Análise descritiva da Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar (COOPERFAM CEARÁ), no município de Maranguape-CE.....</b>	<b>52</b>
<b>4.3</b>	<b>Pequena descrição do sistema eólico da Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região na comunidade do sítio Barreirinhas no município de Quixeré.....</b>	<b>56</b>
<b>5</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>58</b>

	<b>CAPITULO II: AVALIAÇÃO FINANCEIRA DE PROJETOS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E EÓLICA EM COMUNIDADES RURAIS DO CEARÁ.....</b>	<b>60</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>60</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>62</b>
<b>2.1</b>	<b>Análises de demanda e oferta de projetos de eletrificação rural .....</b>	<b>62</b>
<b>2.2</b>	<b>Identificação dos benefícios e custos de projetos de eletrificação .....</b>	<b>63</b>
<b>2.3</b>	<b>Análise privada de projetos de eletrificação rural.....</b>	<b>64</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>71</b>
<b>3.1</b>	<b>Área geográfica de estudo .....</b>	<b>71</b>
<b>3.2</b>	<b>Natureza e fonte de dados .....</b>	<b>72</b>
<b>3.3</b>	<b>Método de análise .....</b>	<b>73</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>77</b>
<b>4.1</b>	<b>Avaliação Financeira de implantação do sistema fotovoltaico na comunidade do assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba - Ceará .....</b>	<b>77</b>
<b>4.2</b>	<b>Avaliação Financeira de implantação do sistema de energia fotovoltaica na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar, Maranguape - CE.....</b>	<b>82</b>
<b>4.3</b>	<b>Avaliação financeira de implantação de um sistema de energia eólica na Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (COOPAFAQ) da comunidade rural de Barreirinhas, Quixeré - CE.....</b>	<b>87</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>91</b>
	<b>CAPITULO III: AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E EÓLICA EM COMUNIDADES RURAIS NO ESTADO DO CEARÁ.....</b>	<b>92</b>
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>92</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>94</b>
<b>2.1</b>	<b>Análise do cenário energético do estado do Ceará .....</b>	<b>94</b>
<b>2.2</b>	<b>Avaliação econômica de investimentos .....</b>	<b>95</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>102</b>
<b>3.1</b>	<b>Delimitação da área de estudo .....</b>	<b>102</b>
<b>3.2</b>	<b>Base de dados .....</b>	<b>104</b>
<b>3.3</b>	<b>Método de Análise.....</b>	<b>104</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>107</b>

4.1	Avaliação econômica de investimentos aplicados na implantação do sistema fotovoltaico na comunidade do assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba - Ceará.....	107
4.2	Avaliação Econômica do sistema de energia fotovoltaica na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar, Maranguape - CE.....	111
4.3	Avaliação econômica de implantação de um sistema eólico na Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (COOPAFAQ) da comunidade rural do sitio Barreirinhas, Quixeré - CE.....	115
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
	CONCLUSÃO GERAL .....	120
	REFERÊNCIAS.....	121
	APÊNDICES .....	127
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA DE CAMPO .....	128

## INTRODUÇÃO GERAL

A energia elétrica é um recurso essencial ao desenvolvimento econômico e social de uma nação. Entretanto, as fontes que produzem este recurso como petróleo, carvão vegetal, gás natural, além de serem escassas e poluentes não suprem de maneira satisfatória a demanda da sociedade moderna.

Outra fonte, a hidráulica, apesar de ser considerada limpa, uma vez que a água é tida como fonte renovável, também provoca danos irreversíveis ao meio ambiente, como, por exemplo, mudança no clima local, desmatamento, perda do equilíbrio do ecossistema, dentre outros problemas.

Diante deste cenário, a preocupação com as emissões de gases de efeito estufa na atmosfera, aliada às restrições ambientais impostas à geração de energia elétrica e a demanda crescente por eletricidade são fatores que fomentam a busca por novas fontes de energia como soluções eficientes para garantir a oferta energética mundial de forma sustentável.

Nessa expectativa, as energias renováveis são singularmente importantes, pois permitem, além da diminuição dos impactos ambientais, a inserção econômica e social, principalmente das populações isoladas e excluídas, possibilitando a geração de emprego, renda e custos ambientais reduzidos.

Entre as fontes de energias alternativas, a energia solar (fotovoltaica) e eólica ganham participação por serem consideradas de baixo custo de manutenção e longa vida útil, facilitando a instalação de sistemas de captação em lugares fora do alcance da rede elétrica convencional.

A utilização das fontes opcionais solar e eólica, aumentaram significativamente em vários países da Europa, Ásia e Estados Unidos. Todavia, esta iniciativa vem ganhando também grande participação na matriz energética dos países em desenvolvimento como é o Brasil.

Pode-se também destacar o fato de a matriz energética brasileira ser considerada a mais renovável do mundo industrializado, com 45,3% de sua produção proveniente de fontes como recursos hídricos, biomassa e etanol, além das energias eólica e solar. Conforme o Ministério de Minas e Energia, o Brasil apresentou o ano de 2016 com um total de 82,7% de fontes renováveis contra o percentual de 75,5% verificado em 2015 (BRASIL, 2017).

Neste cenário, o Ceará se destaca entre os estados brasileiros na geração de energia solar e eólica. Foi o pioneiro na geração de eletricidade por meio destes recursos, destacando-se a quantidade de usinas instaladas e em funcionamento, garantindo ao Estado

uma oferta de energia limpa.

Para as localidades rurais, as fontes alternativas fotovoltaica e eólica possibilitam uma oportunidade principalmente para aquelas pessoas que não possuem acesso a este serviço, logo, a inclusão da energia elétrica não pode ser vista apenas sob aspectos técnicos e econômicos, pois a aquisição de serviços tais como saúde, educação, saneamento básico e água, dentre outros, está relacionada ao uso da energia elétrica.

No Ceará foram criados programas que possibilitaram o acesso de comunidades distantes a aquisição de eletricidade como o Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará que contribuiu para intensificar e ampliar o processo de inovação tecnológica no meio rural por meio da elaboração de projetos de uso da energia solar e eólica, especialmente na agricultura e pecuária, observando os princípios da sustentabilidade. Foram implantados 40 projetos distribuídos nos Municípios de Iguatu, Quixeré, Maranguape, Aracati, Beberibe, Irauçuba, São Benedito, Limoeiro do Norte e Barreiras.

Portanto, é pertinente levantar as seguintes questões: investir na geração de energia a partir de fontes renováveis, como a eólica ou a solar, configura-se como alternativa ao desenvolvimento das comunidades rurais? As implantações destes sistemas garantem o suprimento da demanda energética no meio rural? Os altos custos dos materiais que compõem estes sistemas são barreiras que impossibilitam sua aquisição?

O investimento no sistema rural nessas fontes, em razão de a fonte primária ser renovável, pode ser produzida independente de custos desta tecnologia, pois a adoção destes sistemas possui grandes contribuições, tais como: proporcionar maiores oportunidades de consumo de bens e serviços, sobretudo em comunidades isoladas; poder contribuir para o aumento da produtividade agrícola pela redução de custos em comparação à energia convencional, além de reduzir danos ambientais.

Diante dessas questões, o presente estudo analisa diversos aspectos de implantação dos sistemas de energia solar e eólica. Dentre os municípios que fazem parte do programa da FEDAF no Ceará, Maranguape, Irauçuba e Quixeré foram escolhidos diante de sua representatividade no uso da energia solar e eólica na tentativa de mensurar sua viabilidade.

O município de Quixeré possui uma mini turbina eólica considerada a primeira voltada para o desenvolvimento da agricultura familiar, no programa da FEDAF. Este é o único município com a implantação deste sistema e, dada essa significância, este foi escolhido para subsidiar as análises deste estudo. Foram também escolhidos os municípios de

Maranguape e Irauçuba, por serem detentores dos sistemas de energias fotovoltaicos doméstico e comercial para uso na área rural, em complementação ao embasamento deste trabalho sobre estas fontes renováveis.

Ênfase especial foi dada à adoção das práticas metodológicas como levantamento dos custos e receitas operacionais (fluxo de entradas e saídas de recursos), assim como aos processos gerenciais da quantidade de energias geradas e consumidas que produzem grandes impactos na execução desses projetos.

Ciente da utilização destes recursos renováveis tomou-se por pressuposto o fato de que a avaliação financeira e socioeconômica identificaria se as metas e os objetivos estabelecidos de atendimento energético suficiente para as comunidades rurais foram atingidos.

No Capítulo 1 foi feita a caracterização das comunidades rurais beneficiárias de eletricidade no meio rural brasileiro e especificadamente no Estado do Ceará, tais como: perfil dos consumidores rurais brasileiros; custos da eletricidade; alternativas de geração; forma de distribuição de energia elétrica no campo, a capacidade energética eólica e solar do Estado do Ceará. Por fim, realiza-se a análise descritiva das comunidades pesquisadas detentoras dos sistemas de energias renováveis nas áreas rurais do Estado.

No Capítulo 2 foram avaliadas as fontes de energia renováveis, eólica e fotovoltaica utilizadas em comunidades rurais do Estado do Ceará, sob o ponto de vista privado, com o uso do método de avaliação financeira de investimentos. Foram mensurados os seguintes indicadores: valor presente líquido, relação benefício-custo, taxa interna de retorno e tempo de recuperação do investimento (Payback atualizado). Em complementação, realizou-se a análise de sensibilidade desses indicadores de investimento.

No Capítulo 3 buscou-se avaliar o retorno desses investimentos quanto ao seu impacto para toda a sociedade (avaliação econômica). Os indicadores socioeconômicos utilizados e o horizonte de planejamento foram os mesmos da análise privada.

## **CAPÍTULO I**

### **ELETRIFICAÇÃO RURAL NO BRASIL**

#### **1 INTRODUÇÃO**

Na década de 30, a economia brasileira caracterizava-se pela produção de produtos primários para exportação, tendo como fonte energética principal o carvão vegetal. Contudo, a demanda por eletricidade no país, impulsionada pelo desenvolvimento da indústria do café, promoveu o processo de urbanização, que resultou no aumento do consumo de energia elétrica para iluminação pública, mas de maneira ainda incipiente.

Os modelos de desenvolvimento do setor energético visavam apenas ao suprimento da indústria e os centros urbanos, não se repercutiram de maneira satisfatória no meio rural aumentando ainda mais os processos migratórios, elevando a demanda não apenas por eletricidade, mas por outros serviços a ela associados tais como: educação, saúde, segurança, saneamento básico, dentre outros.

De acordo com Ribeiro e Fernandes Filho (2000), a eletrificação chegou ao meio rural brasileiro por meio da demanda do imigrante europeu. As comunidades étnicas do interior do Sul do país tentaram organizar as primeiras cooperativas de eletrificação rural, sendo os proprietários agrícolas do Estado de São Paulo os primeiros beneficiários.

A eletrificação no meio rural configurou-se como um relevante vetor de desenvolvimento, contribuindo para criar meios de evitar o êxodo rural, fornecendo parte das condições básicas para o desenvolvimento socioeconômico e a permanência da população na zona rural.

Entretanto, existem diversos pontos de estrangulamento que impedem que a energia elétrica possa desempenhar seu papel de desenvolvimento no meio rural, entre os quais o difícil acesso a sua instalação, pois, no Brasil, 14,31% dos estabelecimentos rurais não possuem eletrificação e, no Ceará, 27, 23% não têm acesso a este serviço (IBGE, 2015).

Somando-se a isto, há outros problemas relacionados à ineficiência do uso da eletricidade, como as crises hídricas, que fazem com que os consumidores paguem tarifas maiores para a concessionária, a burocratização da liberação ambiental para implantação de novas hidroelétricas e os impactos ambientais e sociais provocados por estas construções.

Defende-se que a energia elétrica deveria ser um direito universal, todavia, a universalização está longe de se concretizar, notadamente em regiões rurais carentes do

usufruto desse recurso tecnológico, considerado essencial para que permita o bem-estar do homem moderno. Garantir o acesso ao suprimento energético faz parte do processo de cidadania, pois as comunidades sem eletricidade vivem em situação inferior.

A relevância deste capítulo consiste em procurar descrever as opções de energia fotovoltaica e eólica que podem suprir a carência existente de energia de algumas comunidades rurais, possibilitando a criação de estratégias em empreendimentos que permitam prosperar economicamente de maneira sustentável, contribuindo para a criação de políticas públicas eficientes.

Dessa forma, cabe ao poder público, a formulação de políticas públicas voltadas para a análise de viabilidade técnica, socioeconômica e ambiental, como forma de possibilitar sua utilização pelos usuários e desempenhar o papel de desenvolvimento e crescimento no meio rural. Dentro desta perspectiva, diversos estudos têm abordado a questão da eletrificação no meio rural brasileiro: Ribeiro e Fernandes Filho (2000), Oliveira (2001), Alves Filho (2003), Silva (2006) e Leme; Hage (2008).

Diante deste contexto, o estudo tem como objetivo geral caracterizar o processo de eletrificação rural, incluindo as fontes de energia fotovoltaica e eólica como forma de garantir o suprimento energético de comunidades rurais dos Municípios de Maranguape, Quixeré e Irauçuba no estado do Ceará.

Especificamente, objetiva-se apresentar os índices de eletrificação no meio rural, o perfil dos consumidores rurais, custos de eletricidade, assim como mostrar as alternativas de geração e distribuição de energia elétrica no campo.



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se uma contextualização acerca da eletrificação no meio rural brasileiro (descrição do perfil dos consumidores rurais no país, custos de eletricidade, alternativas de geração e distribuição de energia elétrica no campo). Por sua vez, faz-se uma análise das energias fotovoltaica e eólica no estado do Ceará.

### 2.1 Evolução da eletrificação rural

As diferenças entre o urbano e o rural são resultado da rápida industrialização do país, principalmente a partir da década de 70 que levou ao distanciamento entre os padrões de vida da população do campo e da cidade. Os programas de eletrificação provocaram desigualdades dentro da própria população rural, os quais privilegiaram determinados grupos da população rural (SILVA, 2006).

As disparidades sociais e econômicas entre os meios urbano e rural são visíveis em vários aspectos, entre as quais podem-se citar: o desenvolvimento econômico; a disponibilidade de infraestrutura da oferta de serviços básicos; nível de renda; nível de escolaridade e a expectativa de vida da população.

Os alvos prioritários dos programas foram os espaços regionais mais organizados, especialmente aqueles onde era forte o movimento cooperativista. À medida que o Brasil avançava em seus índices de desenvolvimento, ampliava seu atendimento à população, que se encontrava distante dos centros urbanos, por meio de serviços, tais como: saúde, educação, energia elétrica, dentre outros.

Entre estes serviços, a energia elétrica é fundamental para o desenvolvimento sustentável da zona rural do país, contribui para as atividades educacionais e lúdicas, proporciona melhores condições de saúde, permite a comunicação e o acesso à informação, aumenta a produtividade agrícola e maior acesso a produção de bens com maior valor agregado.

As informações fornecidas pela Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios, PNAD (IBGE, 2015), acerca desse universo específico, constituem um rico conjunto de dados que dá a conhecer, sob outros pontos de vista, as condições de vida da população do campo. Em 2015, os domicílios rurais abrigavam pouco mais de 15,28% do total de habitantes.

Essa proporção é maior nas regiões Nordeste e Norte, com 26,88% e 24,99%, respectivamente. O Sudeste é a região mais urbanizada do país, com 94,14%, apenas 6% de

sua população reside na zona rural (Tabela 1).

Tabela 1 – Discriminação da população por situação de domicílios, urbano e rural no Brasil, 2015.

<b>Discriminação</b>	<b>Urbano</b>	<b>Rural</b>
Brasil	84, 72%	15, 28%
Norte	75, 01%	24, 99%
Nordeste	73, 12%	26, 88%
Sudeste	93, 14%	6, 86%
Sul	85, 61%	14, 39%
Centro-Oeste	89, 81%	10, 19%

Fonte: Pesquisa por Amostra de domicílio (PNAD). (IBGE, 2015).

O uso de energia elétrica, avaliado por meio da identificação da alternativa de suprimento para iluminação do domicílio, indica a quantidade de domicílios que fazem uso de energia elétrica para iluminação independente da origem e qualidade dessa energia.

Na Tabela 2 encontram-se os dados de domicílios rurais quanto ao fornecimento de energia elétrica. Em 2015, apenas 0,25% dos domicílios rurais não eram atendidos pelo serviço de eletricidade. A redução das comunidades rurais não eletrificadas foi proporcionado em boa medida pelo programa de eletrificação rural implementado pelo Governo Federal a partir de 2004.

Tabela 2 – Domicílios rurais sem eletrificação rural por regiões em 2015.

<b>Regiões</b>	<b>Domicílios rurais</b>	<b>Não eletrificados</b>	<b>Não eletrificados %</b>
Brasil	9.739,26	171,16	0,25%
Norte	1.242,63	89,34	1,75%
Nordeste	4.581,13	65,21	0,37%
Sudeste	1.919,81	11,59	0,04%
Sul	14448,88	2,81	0,03%
Centro-Oeste	546,81	2,81	0,04%

Fonte: Pesquisa por Amostra de domicílio (PNAD) IBGE 2015.

### ***2.1.1 Distribuição, geração e transmissão de energia elétrica.***

A oferta de energia elétrica compõe-se de três atividades: geração, transmissão e distribuição aos consumidores finais. A indústria de eletricidade é responsável por produzir energia elétrica e injetá-la nos sistemas de transporte (transmissão e distribuição) para que chegue aos consumidores. Na indústria de eletricidade o bem produzido é a energia elétrica,

um produto impalpável utilizado de forma indireta, com os mais devidos fins, ou seja, para produzir luz, movimento, calor ou qualquer outra transformação energética.

A eletricidade é obtida por meio de empreendimentos como as termelétricas de médio porte movidas a gás natural, usinas de biomassa, óleo diesel, óleo combustível e carvão mineral. Todavia, a maior capacidade instalada no país de energia gerada é proveniente das hidroelétricas considerada uma fonte limpa.

A geração é integrada por um sistema de transmissão, de gerenciamento nacional, denominado Sistema Interligado Nacional (SIN) o qual incorpora o sistema de produção e transmissão de energia elétrica no Brasil, incluindo as grandes usinas hidrelétricas e as centrais termoelétricas.

É formado pelas empresas das regiões Sul, Sudeste, Centro-Oeste, Nordeste e parte da Região Norte. Apenas parte da produção de eletricidade do país encontra-se fora do SIN, em pequenos sistemas isolados, localizados principalmente na região Amazônica.

No Brasil, a transmissão e a distribuição têm seus preços regulados pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), que é a agência reguladora do setor. Desta maneira, essas empresas não são livres para praticar os preços que desejam, inserindo-se no contexto dos contratos de concessão, que usualmente contam com mecanismos de revisões e reajustes tarifários periódicos, operacionalizados pela própria agência reguladora (ABRADEE, 2017).

Um marco regulatório no setor de distribuição é a Resolução nº 414 de 2010, a qual elucida, tanto para consumidores quanto para os demais agentes do setor, o que é a distribuição, conceitos-chave e normas de funcionamento, cobrança, atendimento, dentre outros. As linhas de transmissão são classificadas de acordo com o nível de tensão de sua operação, mensurado em milhares de volts: A1 - tensão de fornecimento igual ou superior a 230 kV; A2 - tensão de fornecimento de 88 kV a 138 kV; e A3 – tensão de fornecimento de 69 kV.

Em termos organizacionais, a classe A1 é representativa do Sistema Interligado Nacional (SIN), também denominado rede básica. Na classe A1, existem 77 concessionárias dos serviços públicos de transmissão, responsáveis pela administração de mais de 100 mil Km de linhas. As empresas transmissoras também operam instalações de tensão inferior a 230 kV, que são as chamadas Demais Instalações da Transmissão (DIT). A energia produzida é transportada para subestações para os consumidores finais através de linhas de transmissão de média tensão e antes de chegar ao consumidor final é transformada em baixa tensão.

O Brasil conta com 77 concessionárias responsáveis pela administração e operação de mais de cem mil quilômetros de linhas de transmissão espalhadas por todo o

território nacional, conectando os geradores aos grandes consumidores (as empresas distribuidoras). O segmento de transmissão caracteriza-se por operar linhas em tensão elétrica superior a 230 mil volts.

Em 2015, o Brasil contava com 77 milhões de Unidades Consumidoras (UC), corresponde ao conjunto de instalações/equipamentos elétricos caracterizados pelo recebimento de energia elétrica em um só ponto de entrega, com medição individualizada e correspondente a um único consumidor, 85% das unidades são residenciais (ABRADEE, 2017).

Conforme a Tabela 3, as hidroelétricas continuam com uma representatividade de 61,3% no potencial energético do Brasil, atrás das termoeletricas, cuja participação é 28,1%, sendo acionada em períodos de crises hídricas, quando as hidroelétricas funcionam com capacidade mínima. Em relação às energias renováveis, a participação da energia eólica configurou-se com uma participação em torno de 5,4%, pode-se também inferir que a energia solar vem aumentando gradativamente durante os últimos seis anos.

Tabela 3 – Potencial de oferta de energia elétrica no Brasil (MV).

Usinas	2011	2012	2013	2014	2015	$\Delta\%(2015/2016)$	Part.%(2015)
Hidrelétricas	78.347	79.956	81.132	84.002	86.002	2,3	61,3%
Termelétricas	31.243	32.778	36.528	37.827	37.827	4,1	28,1%
Pequena Central Hidrelétrica	3.896	4.101	4.620	4.790	4.840	1,0	3,5%
Central Geradora Hidráulica	216	236	266	308	395	28,3	0,3%
Nucleares	2.007	2.007	1990	1.990	1.990	0,0	1,4%
Eólicas	1.426	1.894	2202	4.888	7.630	56,1	5,4%
Solar	1	2	5	15	21	40,0	0,0%
<b>Total</b>	<b>117.136</b>	<b>120.974</b>	<b>126.743</b>	<b>133.913</b>	<b>140.272</b>	<b>4,7</b>	<b>100%</b>

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética, 2016.

A oferta da energia eólica deve responder por cerca de 6,6% da matriz elétrica nacional em 2017. Em 2016, a força gerada por ventos representou 5,4% da matriz energética. Os dados são do Boletim Mensal de Energia, do Ministério de Minas e Energia (BRASIL, 2017). Por sua vez, a oferta de energia hidráulica acumulou alta de 7,6% até março, mais recuaram 4,1% sobre fevereiro, já a importação de Itaipu recuou 0,2% no ano (BOLETIM MENSAL DE ENERGIA, 2017).

Em 2012, a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) aprovou uma Regulamentação Normativa para que os consumidores possam ser também geradores de

energia, sendo estipulado o tipo e a potência máxima dos geradores, que podem ser hidráulicos (micro hidrelétricas), eólicos (micro aerogeradores) e solares (fotovoltaicos).

A meta da regulamentação não é apenas a criação de micro usinas de venda de energia elétrica, como é o caso da Europa, mais a possibilidade de o consumidor ser também gerador da sua própria energia, iniciativa que aconteceu em países como os Estados Unidos, Alemanha e Holanda.

### ***2.1.2 Demanda de energia elétrica no meio rural***

A demanda na eletrificação rural, para fins de identificação, pode ser determinada levando em consideração certas variáveis e as interrelações entre elas, bem como o comportamento que essas variáveis tiveram nos últimos anos (dependendo da qualidade e da quantidade de estatísticas disponíveis).

É importante salientar que, para a determinação da demanda por serviços elétricos, deve-se incluir informações quanto a falta ou o déficit e quais são suas expectativas de crescimento.

A demanda por energia cresce a cada ano e o seu incremento deu-se por meio de programas que incentivavam seu consumo, dentre os quais: o Programa Luz Para Todos, Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e a Tarifa Social Baixa Renda (TBSR).

Dentre estes, destaca-se o Programa Luz Para Todos, que já atendeu, desde 2015, 3.184.946 famílias, beneficiando cerca de 15,3 milhões de pessoas. Os investimentos contratados superam R\$ 22,7 bilhões com recursos de R\$ 16,8 bilhões do governo federal (BRASIL, 2015a).

Quando se avalia a demanda de eletricidade por classe de consumo, observa-se na Tabela 4 que o consumo residencial cresceu 1,4% entre 2015 e 2016. Em relação à base de consumidores, este atingiu 69,3 milhões de unidades residenciais atendidas pela rede de distribuição do país (EPE, 2017).

Em relação ao setor industrial, em 2016, este sofreu um recuo de 2,9% em comparação a 2015, totalizando 164.034 GWh provocado pela retração desta atividade e influenciado pelo cenário econômico o consumo comercial sofreu uma diminuição de 2,5% em 2016.

Tabela 4 – Consumo de energia elétrica por classe- Brasil (GWh).

Classe	2016	2015	%
Residencial	132.024	131.024	1,4%
Industrial	164.034	168.859	-2,9%
Comercial	88.185	90.416	-2,5%
Outros	74.889	74.103	1,1%
Brasil	460.001	464.402	-0,9%

Fonte: EPE (2017).

Tratando-se da demanda de energia para áreas rurais leva-se em consideração pelo menos três aspectos básicos: demanda doméstica, social e produtiva. Em relação à demanda doméstica, esta se encontra relacionada à iluminação para o uso de eletrodomésticos em geral. Quanto à demanda social, esta leva em consideração aspectos de uso pessoal tais como: iluminação de postos de saúde, escolas bombamento de água potável, dentre outros.

Além do uso doméstico, a expansão dos sistemas elétricos no meio rural possibilitou o uso da eletricidade para fins produtivos em áreas rurais, dentre as quais: garantir o uso da água para irrigação; para o uso em equipamentos agrícolas no processo pós-colheita e refrigeração de alimentos perecíveis.

A utilização para os fins de atividade agrícola permitem a classificação dos produtores quanto ao nível de produtividade, dado que, quanto maior a produção, maior o aumento da demanda por eletricidade. Os grandes produtores destinam sua produção para exportação e requerem altos investimentos necessitando de uma capacidade elétrica maior para suprir o uso dos equipamentos. Já os pequenos e médios produtores que produzem grande parcela destinada ao consumo doméstico, possuem reduzidos investimentos destinados à compra dos equipamentos que requerem energia elétrica.

O Programa Luz Para Todos, em 2015, impulsionou o uso da eletricidade no meio rural e beneficiou 3,2 milhões de famílias rurais, ou seja, 15,6 milhões de brasileiros foram retirados desta exclusão social e econômica em todas as regiões (BRASIL, 2015a).

Consequentemente, o referido programa beneficiou os consumidores, pois lhes proporcionou adquirir aparelhos elétricos para conforto e lazer ao possibilitar, por exemplo, a compra dos seguintes equipamentos: rádio, televisão, liquidificadores, máquinas de lavar, aparelhos de vídeo e de som. Antes da isenção no programa, os consumidores rurais não poderiam usufruir dos mesmos benefícios que os consumidores urbanos.

Quanto à relação de aquisição de equipamentos para as atividades agrícolas, observa-se que os proprietários rurais, em geral, possuem inclinação para integrá-los ao seu patrimônio depois de analisar suas utilidades.

### ***2.1.3 Perfil dos consumidores rurais***

A natureza jurídica dos consumidores rurais enquadra-se no grupo B e subgrupo B2, conforme a Agência Nacional de Energia Elétrica, que define as regras tarifárias para cada grupo de consumidores e as exigências técnicas necessárias para cada tipo de instalação dentro da propriedade rural (ANEEL, 2017).

A classe B2 (classe rural) abrange diversas subclasses, como agropecuária, cooperativa de eletrificação rural, indústria rural e o serviço público de irrigação rural. A porcentagem de domicílios sem energia elétrica é maior em classes de renda mais baixas. Tem-se que 0,13% dos domicílios rurais com renda até 1 salário mínimo carecem de energia elétrica, ao passo que os domicílios rurais com renda acima de 20 salários mínimos dispõem totalmente de energia elétrica.

Dessa forma, quanto maior o nível de renda familiar dos consumidores rurais, menor sua taxa de exclusão com relação ao suprimento de energia elétrica, sendo que famílias com renda de 1 a 2 salários mínimos possuem 0,07% dos domicílios não eletrificados. Do mesmo modo, quando a renda familiar ultrapassa os valores de 2 a 3 salários mínimos, os índices de domicílios não eletrificados caem para 0,02%. Por sua vez, quando os ganhos familiares é mais de 5 e no máximo 10 salários, este percentual é quase inexistente e 0,01% não dispõe de eletricidade em sua residência (PNDA, 2015).

Infere-se que um dos fatores que provocam a exclusão das pessoas que possuem um reduzido poder aquisitivo é o processo decisório acerca das comunidades a serem eletrificadas, escolhendo-se aquelas que apresentam menor custo marginal para os projetos de eletrificação devido ao baixo custo, fazendo com que as concessionárias percam o interesse em ampliar seus serviços para a área rural devido ao baixo retorno.

Outro fator é a escolha de determinados grupos da população, dado a preferência por espaços regionais mais organizados, como aqueles que desempenham atividades voltadas para o atendimento das necessidades da indústria, como a exploração de frutas.

Ao mesmo tempo, os consumidores rurais são bastante dispersos, separados por grandes distâncias, tipos de atividades cujas cargas têm baixa demanda. Trata-se de um grupo bastante heterogêneo, na qual se enquadram as atividades de agropecuária, cooperativa de eletrificação rural, indústria rural, coletividade rural e serviço público de irrigação rural.

Por conseguinte, diante das necessidades dos consumidores rurais em utilizar a eletrificação independente da renda, as energias renováveis constituem-se em uma alternativa para alavancar o acesso aos bens e serviços provenientes dela.

### ***2.1.4 Custos de eletrificação rural***

A eletrificação rural no Brasil tomou por base os sistemas desenvolvidos nos países desenvolvidos, sobretudo das técnicas desenvolvidas pelos Estados Unidos e de alguns países da Europa. O sistema de distribuição de energia elétrica que prevalece no meio rural é o monofásico.

Os custos da eletricidade rural dependem de vários fatores a ele relacionados tais como: insumos utilizados na geração da eletricidade; mão de obra empregada; dos impostos; volume de produção; custos de oportunidade do capital; tecnologia empregada e volume de produção.

Entre as razões que fundamentam a aplicação deste tipo de distribuição elétrica na zona rural, é que as cargas são pequenas não sendo necessária a utilização de três condutores para transportar a demanda de energia, entretanto, possibilita uma economia de custo com a aplicação de redes.

O sistema elétrico brasileiro é suprido principalmente por usinas hidráulicas dependente das chuvas e do nível dos reservatórios. No período atual, assim como nos últimos três anos, o país passou por um cenário de escassez de água e como alternativa a esse problema, acionaram-se as usinas termelétricas para o atendimento da demanda de energia.

Como o custo de geração das usinas termelétricas é maior que o da geração hidráulica, a energia elétrica fica mais cara para o consumidor final, atingindo também a população rural.

Durante o ano de 2013, em função da conjuntura hidráulica desfavorável foram instituídas medidas extraordinárias na Conta de Desenvolvimento de Energia (Decreto nº 7.945/2013), com base em uma tarifa acessível aos cidadãos, sendo que o repasse de recursos destina-se às distribuidoras para a cobertura de custos de compra de energia e para o atendimento da demanda e manutenção do serviço.

No total, foram repassados às distribuidoras R\$ 11,133 bilhões para a cobertura dos custos de energia em 2013, que não foram repassados às tarifas naquele ano (EPE, 2017). Vale ressaltar que os consumidores dispõem de um prazo de cinco anos para restituição do valor, dando início em março de 2015. Cada modalidade apresenta as seguintes características:

a) Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia. A tarifa não sofre nenhum acréscimo;



b) Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,020 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidos;

c) Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido;

d) Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração. A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,035 para cada quilowatt-hora (kWh) consumidor.

A Agência Nacional de Energia Elétrica aumentou para 42,8% o valor do patamar 2 da bandeira tarifária vermelha. Com o reajuste, a taxa extra cobrada nas contas de luz passará de R\$ 3,50 para R\$ 5,00 a cada 100 kWh consumidos. (ANEEL, 2017).

As mudanças nas tarifas foram estabelecidas depois da verificação dos valores cobrados não serem suficientes para pagar os gastos extras da geração de energia pelo uso das termelétricas. Após os reservatórios encontravam-se abaixo da capacidade mínima.

Na região Nordeste, existem 11 distribuidoras de energia que aplicam de maneira independente determinado valor acrescido a conta do consumidor para cada 100 kWh consumido a média da tarifa nacional que é de 0,49/kWh. A Tabela 5 apresenta as principais empresas distribuidoras e valores tarifários da região Nordeste por elas cobradas.

Tabela 5 – Principais empresas distribuidoras de energia elétrica no Nordeste e suas respectivas tarifas em kWh, 2017.

UF	Distribuidora	Tarifa (R\$ kWh)
Maranhão	CEMAR	0,561
Piauí	CEPISA	0,554
Sergipe	SULGIPE	0,544
Alagoas	CEAL	0,516
Paraíba	EPB	0,496
Pernambuco	CELPE	0,480
Ceará	COELCE-ENEL	0,477
Sergipe	ESE	0,468
Bahia	COELBA	0,443
Paraíba	EBO	0,427
Rio Grande do Norte	COSERN	0,418

Fonte: ANEEL (2017).

Como se observa na Tabela 5, os estados da Paraíba e Sergipe possuem duas distribuidoras, cada uma praticando diferentes preços que são repassados aos consumidores de acordo com os kWh gastos; na Paraíba atuam as empresas EPB e EBO cujas tarifas são R\$ 0,496 e R\$ 0,427, respectivamente. Em Sergipe atuam as distribuidoras SULGIPE e ESSE, que cobram as tarifas nos valores de R\$ 0,544 e R\$ 0,468, respectivamente. No estado do

Ceará predomina o monopólio da distribuidora COELCE-ENEL, a qual cobra a tarifa de R\$ 0,477 repassados a todos os tipos de consumidores finais.

No que se refere à cobrança de tarifa por classe de consumo na região Nordeste, a classe de consumo B2 rural cobra tarifa média de R\$ 270,07/kWh, incluindo no fornecimento o adicional de impostos, a tarifa média cobrada ao consumidor rural passa para R\$ 331,32/kWh. Em relação ao estado do Ceará, o valor da tarifa média cobrada do consumidor rural é de R\$ 283,65/kWh. Quando inclui o adicional de impostos a tarifa média a ser cobrada do consumidor rural passa para R\$ 298,14/kWh (ANEEL, 2017).

Por sua vez, a receita bruta da ENEL Ceará cresceu 7,9% em decorrência dos reajustes tarifários de 2016 e 2017, a maior contabilização de créditos regulatórios devido ao maior custo de compra de energia no ano vigente que serão incluídos no reajuste de 2018. O aumento da receita mais do que compensou a queda de 1,6% no volume de venda e transmissão de energia (CANAL ENERGIA, 2017).

Uma das maiores dificuldades para levar à energia elétrica a área rural são os custos, a baixa densidade populacional e o difícil acesso as linhas de transmissão. Assim como, o fato de as comunidades encontrarem-se mais próximas das áreas de proteção ambiental, o que torna o processo de eletrificação ainda mais complexo.

A eficiente distribuição das redes de transmissão de energia pelo território brasileiro contribui para o adequado suprimento energético, principalmente para a população rural, fortemente associada às atividades produtivas oriundas do setor primário da economia brasileira.

Ademais, as questões técnicas e econômicas inviabilizam a homogeneidade da distribuição das redes de transmissão até mesmo dentro da propriedade rural, ainda que seja atendida pela concessionária de energia, uma vez que as áreas envolvidas em tais propriedades são muito extensas.

Neste contexto, os projetos de eletrificação rural desenvolvidos pelas concessionárias locais, em relação à racionalização dos custos de expansão rural é desmotivada por alguns fatores dentre os quais se destaca o limite pré-estabelecido de participação financeira das concessionárias nas obras, pois apenas uma parcela deste investimento encontra-se sob a responsabilidade da concessionária, sendo assim, a área técnica dessas empresas buscava apenas padronizar as redes rurais como uma extensão da malha de distribuição urbana de energia.

Este procedimento provocou aumento dos custos por quilômetro de rede, reduzindo, assim, o raio de abrangência dos projetos ou mesmo inviabilizando o pagamento

da parcela destinada ao produtor rural.

Para a determinação da variável custo utiliza-se apenas uma variável geradora que geralmente é a unidade do produto final comercializado, que é a própria energia gerada, sendo que os custos podem ser fixos e variáveis, os fixos independem da quantidade de energia gerada, enquanto os custos variáveis dependem da quantidade de energia gerada.

A partir disso, ao se avaliar a rentabilidade de determinado projeto, a empresa provedora de energia elétrica decide se valerá apenas investir na expansão da eletricidade para o meio rural, tanto em virtude da baixa demanda de alguns consumidores, quanto pelo custo de oportunidade do capital investido.

## **2.2 Geração e distribuição de energia elétrica no meio rural**

Durante os anos 60 e 90, a política energética brasileira caracterizou-se pelo predomínio dos investimentos públicos e privados. Investiu-se na construção de modernos e grandes parques hidrelétricos, criou-se o Programa Nacional do Alcool (PROÁLCOOL), tendo como matéria-prima a cana de açúcar. Contudo, na segunda metade dos anos 80 o setor energético voltou a passar por dificuldades que passaram a preocupar o governo. (BAJAY, 2007).

Em virtude deste cenário, surgiu um movimento com a finalidade de encontrar fontes opcionais de energia que possibilitasse a redução da dependência dos combustíveis fósseis como é o caso do Petróleo. Entretanto, a demanda por energia cresce a cada ano e o seu incremento deu-se por meio de programas que incentivavam seu consumo dentre os quais: o Programa Luz Para Todos; o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (PROCEL) e a Tarifa Social Baixa Renda (TBSR).

O Programa Luz para Todos foi criado em novembro de 2003 visando acabar com a exclusão da energia elétrica no país e prover acesso à eletricidade gratuitamente, principalmente, no meio rural. Durante sua execução, foram localizadas famílias que não tinham iluminação elétrica em suas residências. O programa atendeu, desde 2015, 3.184.946 famílias, beneficiando cerca de 15,3 milhões de pessoas. Os investimentos contratados perfazem R\$ 22,7 bilhões, com recursos de R\$ 16,8 bilhões do Governo Federal (BRASIL, 2015b).

O Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (PROINFA), descrito no Decreto nº 5.025 de 2004, foi instituído com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos concebidos com base em fontes eólicas,

biomassa e Pequenas Centrais Hidrelétricas (PCH) no Sistema Elétrico Interligado Nacional (SIN). Segundo a Lei n.º 11.943 de 28 de maio de 2009, o prazo para o início de funcionamento era 2010 (BRASIL, 2009).

Instituiu este programa a função de promover e diversificar a matriz energética brasileira, buscando fontes alternativas para aumentar a segurança no abastecimento de energia elétrica, o programa previa a implantação de 144 usinas.

Em 2011, o PROINFA implantou um total de 119 empreendimentos, constituído por 41 eólicas, 59 pequenas centrais hidrelétricas e 19 térmicas a biomassa. Este programa, além contribuir para a diversificação da matriz energética nacional, tem fomentado a geração de cerca de 150 mil empregos diretos e indiretos em todo o país. Estima-se que o programa possibilita a redução de emissões de gases de efeito estufa equivalente a aproximadamente 2,5 milhões de toneladas de CO<sub>2</sub> ao/ano. (ELETROBRAS, 2017).

Outro programa instituído com a finalidade de promover o suprimento de energia por meio da utilização de recursos renováveis foi o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios (PRODEEM), criado pelo Governo Federal, em dezembro de 1994, no âmbito da Secretaria de Energia do Ministério de Minas e Energia.

Desde a sua criação, foram destinados US\$ 37,25 milhões para 8.956 projetos e 5.112 KWP (quilowatt-pico) de potência. A maioria dos sistemas do PRODEEM são sistemas energéticos e instalados em escolas rurais. O programa visa promover o desenvolvimento socioeconômico das localidades rurais.

Somando-se a isto, existem projetos nacionais de geração fotovoltaica de energia elétrica, para o suprimento de eletricidade em comunidades rurais isoladas do Norte e Nordeste do Brasil. Esses projetos atuam basicamente com quatro tipos de sistemas: bombeamento de água para abastecimento doméstico, irrigação e piscicultura; iluminação pública; sistemas de uso coletivo, eletrificação de escolas, postos de saúde, centros comunitários e o atendimento domiciliar até mesmo dessalinização de água.

Todavia, o ambiente rural possui características que contribuem de forma inacessível para a oferta dos serviços de energia elétrica, o grau de inacessibilidade aumenta a opção de eletrificação especialmente às tradicionais, encarecendo as extensões da rede elétrica, provocando o aumento dos custos destinados a este recurso, outro fator é o consumo das famílias em áreas rurais que são bastante reduzida devido ao baixo poder aquisitivo destas áreas.

Contudo, mesmo diante de todas as ações e criação de programas voltados para o desenvolvimento do meio rural, muitos estabelecimentos domiciliares ainda permanecem sem

o acesso à energia elétrica. A análise mostra que as regiões Nordeste e Sudeste possuem a maioria dos domicílios com eletrificação rural perfazendo 4.515,91 e 1.908,20. Enquanto, as regiões Sul e Centro-Oeste encontram-se o menor número de estabelecimentos sem iluminação elétrica com total de 2,81 e 2,20.

Entre as diversas alternativas tecnológicas existentes para promover a eletrificação rural, as energias fotovoltaica e eólica podem ser aplicadas em serviços comunitários de saúde, educação, no tratamento de água potável e na agricultura irrigada.

Nessa expectativa, as energias renováveis são singularmente importantes, pois permitem, além da diminuição dos impactos ambientais, a inserção econômica e social das populações isoladas e excluídas, possibilitando a geração de emprego renda e custos ambientais reduzidos.

Dentre as fontes de energias alternativas, a energia solar e eólica vem ganhando participação no mercado por serem consideradas de baixo custo de manutenção e longa vida útil, facilitando a instalação de sistemas de captação de energia em lugares fora do alcance da rede elétrica convencional.

### ***2.2.1 A eletrificação rural fotovoltaica***

A utilização da energia fotovoltaica foi impulsionada pela crise do petróleo, as empresas petrolíferas dos Estados Unidos, devido à eminente falta deste recurso tão necessário ao desenvolvimento econômico, decidiram direcionar os investimentos para o setor de energias renováveis. Outro fato que contribuiu para alavancar a demanda pela energia fotovoltaica foi a Guerra Fria (MOEHLECKE *et al.*, 2014).

Muitos países se destacaram na produção desta fonte energética, os principais produtores mundiais de energia fotovoltaica são a Alemanha, seguido da China, Japão, Itália, Estados Unidos e França, todos com políticas fortes de diversificação energética.

Conforme Gasanz (2011), entre as alternativas tecnológicas voltadas para eletrificação rural, a fotovoltaica pode ser uma forma adequada para os mais diversos usos, sendo também utilizada em serviços comunitários e domésticos.

Para o uso doméstico destacam-se os denominados sistemas solares domésticos (SHS), com capacidade de 40-50 W, que permitem fornecer energia suficiente para as cargas de iluminação de energia como televisão, rádio, carregador de bateria ou telefone. Trata-se dos sistemas formados por painéis fotovoltaicos que geram eletricidade quando incidem a

radiação solar. As tensões são de 12V-24V corrente contínua, pode também incorporar ao sistema um inverso que transforma a corrente contínua em alternada.

Outro sistema é o centralizado fotovoltaico que possibilita construir micro geradores para o abastecimento de comunidades inteiras, normalmente trata-se da combinação com outra fonte que pode ser eólica ou um gerador a diesel, denominados de sistema híbrido.

Os principais entraves ao desenvolvimento da energia fotovoltaica no meio rural é o alto poder de manutenção, custo de reposição das peças, mão de obra especializada para trabalhar com esta fonte energética e o alto custo de substituição dos equipamentos. (GASANZ, 2011).

Entretanto, ela apresenta grandes vantagens, entre elas, o fato de ser uma fonte primária proveniente do aproveitamento da luz solar que é renovável, a tecnologia utilizada é modular, a forma de manutenção é simples o que faz com que sua utilização seja adequada para as áreas rurais. Por outro lado, algumas desvantagens são inerentes à utilização destes sistemas, entre os quais: a potência máxima, que pode ser fornecida normalmente é limitada a valores baixos, o custo de kWh é muito caro.

Outro problema relacionado à eletrificação rural fotovoltaica reside nos custos operacionais do sistema, pois os geradores que deveriam permanecer funcionando ficam desativados por motivos de falta de manutenção. Também entre as causas que contribuem insatisfatoriamente para o insucesso destes sistemas, tem-se o não envolvimento das comunidades nos projetos onde o sistema é implantado. Durante todo o processo da implantação, a execução do projeto, abordagens de soluções técnicas inadequadas e a não utilização de ferramentas sistemáticas que garantam a operação técnica apropriada com assimilação do entorno socioeconômico onde o sistema vai operar.

Atualmente há vários projetos em curso ou em operação para o aproveitamento da energia solar no Brasil, particularmente por meio de sistemas fotovoltaicos de geração de eletricidade, visando ao atendimento de comunidades isoladas da rede de energia elétrica e ao desenvolvimento regional.

Entre os estados brasileiros na produção e utilização da energia fotovoltaica destaca-se o Ceará, que detém as características climáticas propícias à inserção da energia solar, favorecido pela taxa de insolação, é bem maior do que a dos estados do Sul e do Sudeste.

O Estado ocupa a 13ª posição no mercado fotovoltaico de geração distribuída, sendo responsável por 1,99% da potência instalada nacional. São 63 unidades de micro geração, que possuem 370,6 KW de potência instalada, as centrais estão localizadas nos

municípios de Fortaleza, Aracati, Jaguaribe, Quixeramobim, Trairi, Aquiraz, Caucaia e Eusébio. A maioria é residencial, mas há unidades de uso comercial e industrial (CEARÁ, 2016).

A primeira usina solar do país, também encontra-se localizada nesta região no município de Tauá, inaugurada em 2011, a maior da América Latina de porte comercial. O Parque de Energia Solar ocupa uma área de 12 mil metros quadrados, com 4.680 painéis fotovoltaicos, totalizando uma potência instalada inicialmente de 1 MW (ADECE, 2011).

### **2.2.2 Eletrificação rural eólica**

A segunda metade do século XX foi marcada por grandes transformações tecnológicas que impulsionaram a produção da energia eólica. A utilização dos cataventos configura-se como os primeiros registros do uso da energia eólica pela sociedade. Porém, o século XXI foi motivado pela ampla e intensa revolução energética, onde as ações e planejamento direcionados para o setor energético estavam relacionados à industrialização (BRITO, 2008).

Os primeiros estudos direcionados ao uso da energia eólica foram realizados na Alemanha por Allgaeir, no início da década de 50. Ao passo que, a crise do petróleo, em 1973, intensificou a necessidade pela busca de novas fontes energéticas, o que favoreceu o desenvolvimento de políticas públicas direcionadas para este setor.

De fato, nos dias atuais, há em toda parte do mundo a intensa utilização de aerogeradores para bombeamento de água, além da utilização de velas para movimentação de embarcações de pesca, de esporte, de turismo e de pesquisa.

Existem dois tipos de sistemas de produção de energia eólica, que são os seguintes; *offshore* a geração de energia eólica em meio marítimo e a *onshore* e a geração de energia sobre a costa. Os tipos são complementares e não concorrentes um do outro. Por outro lado, os tipos de sistema possuem suas vantagens e desvantagens para a geração de energia eólica.

O sistema *offshore* encontra-se em desenvolvimento, ainda possui menos vantagens que a *onshore*, mesmo que, no mar, os ventos sejam mais rápidos e perenes e possuam menos nível de turbulência, reduzindo os desgastes com os equipamentos. Entretanto, possui impacto visual reduzido, menor restrição do nível de ruído, menores custos com a compra das pás e de componentes mecânicos mais caro do sistema eólico. O uso da

energia eólica *offshore* encontra-se presente em países como Reino Unido, Holanda Dinamarca, e Alemanha.

Do mesmo modo, o sistema *onshore* é a forma mais convencional do tipo de geração de energia eólica, a Alemanha e o Reino Unido são os maiores produtores e possuem as maiores turbinas instaladas. A exemplo da Alemanha e Reino Unido, os governos de mais diversos países estão planejando projetos superiores a 1 GW.

Nesta perspectiva, a projeção da geração de energia eólica no mundo até 2050 corresponderá a 15% equivalente a 7.300 TWh na geração total com fator de capacidade de 32%, a capacidade instalada pode chegar a 2.600 GW, com expansão média anual de 75 GW entre 2040 e 2050.

Neste contexto, o Brasil detém uma das maiores potências *offshore* e *onshore* mundial, possuindo um índice de viabilidade superior aos gigantes econômicos como Estados Unidos e China. Ainda que os estudos sobre a viabilidade econômica indique o país como grande provedor deste recurso, possui pouca motivação para o desenvolvimento deste sistema.

O Brasil encontra-se entre os maiores do mundo na produção de energia eólica, com a ampliação de seus parques, ultrapassou o Canadá ocupando o oitavo lugar no *ranking* mundial de energia proveniente dos ventos. Atualmente possui mais de 500 usinas eólicas que geram quase 13 gigawatts de energia elétrica, sendo que a região Nordeste responsável por 60% da produção (ELETROBRÁS, 2018).

Nesse sentido, a Região Nordeste deverá contribuir com 21,6 GW (90%), em 2024, sendo que a energia proveniente dos ventos poderá responder por 45% da sua geração total produzida na região. Juntamente com a energia fotovoltaica, este indicador aumentará para 50%, estas fontes farão da região nordestina a maior exportadora de energia elétrica em 2024 (BRASIL, 2016).

Os primeiros estudos direcionados para a implantação de parques eólicos na região Nordeste foram direcionados para os estados do Ceará, Pernambuco, Rio Grande do Norte e Bahia, sendo que o Ceará e o Rio Grande do Norte possuem as maiores potências na geração deste tipo de energia.

O Rio Grande do Norte é o Estado com a maior capacidade instalada, somando 3.495,25 MW. Em seguida, aparece a Bahia com 2.349,24 MW, após o Ceará, 2.349,24 MW, e o Piauí com 1.443,10 MW (CERNE, 2018).

Diante deste cenário, o Ceará ocupa o primeiro lugar no mercado eólico na geração distribuída, que é a geração elétrica realizada pelo próprio consumidor, a partir de fontes renováveis ou de alta eficiência energética.



## **2.3 Energias renováveis no estado do Ceará**

O Estado do Ceará é pioneiro na utilização de fontes renováveis dado que possui as primeiras usinas a base do sistema solar, espalhadas em todo território, tanto de grande como de pequeno porte, os investimentos para sua implantação são provenientes de fontes públicas e privadas.

Por meio de incentivos fiscais do governo estadual e devido à crescente demanda pela busca de energias renováveis, a incidência da energia fotovoltaica no estado vem aumentando continuamente.

### ***2.3.1 Caracterização da energia fotovoltaica no Estado do Ceará***

O conhecimento a respeito da radiação solar incidente é de grande relevância para o planejamento energético cearense. O mapeamento da radiação solar no estado permite a instalação de projetos de plantas fotovoltaicas e de aproveitamento de energia solar pelas mais diversas tecnologias para que possam ser realizados numa base sólida, visando redução dos riscos econômicos e estratégicos para os investidores ou o próprio governo (FUCEME, 2017).

Deveras é considerada uma das regiões pioneiras na implementação dos sistemas fotovoltaico, a qual vem gradativamente aumentando sua participação neste setor. Dessa forma, para que estes projetos tornem-se viáveis faz-se necessário a realização de estudos de viabilidade financeira e econômica.

Assim sendo, as usinas fotovoltaicas garantem o fornecimento de energia por meio de fontes variadas e complementares, além de renováveis e limpas, com tarifas adequadas aos consumidores e competitivas para as empresas.

Atualmente criou-se um Fundo de Incentivo à Eficiência Energética e Geração Distribuída (FIEE), cujo objetivo é incentivar o desenvolvimento e financiamento de projetos de eficiência energética e de micro e mini geração de energia elétrica como estímulo à energia com base nas fontes renováveis, bem como no apoio à modernização das instalações elétricas dos órgãos e entidades da administração pública (CEARÁ, 2017).

Na Tabela 6 analisa-se as principais usinas provedoras de energia solar no Estado, como sua capacidade produtiva e os valores investidos.

Tabela 6 – Empresas provedoras de energia solar no Ceará, 2017.

Usinas solares	Quantidade de painéis (mil)	Capacidade em (KW)	Investimentos (R\$ milhões)
Usina solar Pindoretama	9.223	2 MW	20,00
Usina solar Limoeiro do Norte	3420	1 MW	7,00
Usina s. de Tabuleiro do Norte	3420	1,06 MW	7,00
Usina Solar de Tauá	4680	1 MW	10,00
Usina Solar de Aquiraz	300	3 MW	400,00

Fonte: Programa de Aceleração Crescimento (2017).

Por meio da iniciativa privada foram instaladas várias usinas fotovoltaicas no estado, com o intuito de atender as demandas domésticas urbanas e rurais, bem como comercial. Por intermédio do grupo Telles foi implantada a maior usina de energia solar no município de Pindoretama, no interior do Ceará, com potência para produzir 2MW, orçado em R\$ 20 milhões. Existe a previsão também da construção de outras nos municípios de Limoeiro do Norte e Cascavel.

A Tabela 6 mostra também o projeto solar localizado no município de Tauá, de cunho não privativo. É o primeiro projeto de geração de energia de grande escala a se conectar um sistema fotovoltaico interconectado ao sistema nacional do Brasil para suprir o atendimento de 1500 residências. O parque possui 4.680 painéis fotovoltaicos, que totalizarão uma potência instalada inicial de 1 MW e representa o maior projeto de sistema fotovoltaico incorporado a uma rede na América do Sul.

A usina solar de Limoeiro do Norte, cuja executora é a empresa italiana Pratil, criada em parceria com o governo estadual, atenderá a demanda residencial de mais de mil residências. Também por meio de iniciativas públicas e privadas, a Usina de Tabuleiro do Norte-CE foia criada para suprir um condomínio residencial nesta localidade, com potência de 1,06 MW.

No município de Aquiraz foi instalada uma usina solar com capacidade de 3 MW, cujo valor do investimento é de R\$ 450,00 milhões, executada pela empresa Solikar Brasil. Nos municípios de Banabuiú e Massapê foram construídas usinas solares por meio dos investimentos também da empresa privada Fotowatio do Brasil de energia renováveis, em parceria com o governo estadual com capacidade para 30 MW.

Um projeto a ser instalado trata-se do Complexo Solar RES MOREIRA localizada na Fazenda Mudinha Maciel, no município de Russas e compreenderá uma área total de aproximadamente de 337, 0661 hectares.

Neste enfoque, as políticas públicas também vêm disseminando o uso da energia fotovoltaica para fora dos grandes centros urbanos, garantindo o acesso das comunidades

distantes das concessionárias de eletricidade o uso de energia elétrica. Entre estas ações encontra-se o Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará.

O Fundo contribui para intensificar e ampliar o processo de inovação tecnológica no meio rural, como promover o acesso das comunidades rurais a eletricidade, através da elaboração de projetos de uso da energia solar e eólica, especialmente na agricultura e pecuária, observando os princípios da sustentabilidade, sendo implantados 40 projetos distribuídos nos municípios de Iguatu, Quixeré, Maranguape, Aracati, Beberibe, Irauçuba, São Benedito, Limoeiro do Norte e Barreiras.

Por meio da iniciativa pública, conjuntamente com as empresas concessionárias da área energética do estado, foram concedidos benefícios para a distribuição de equipamentos para instalação de sistemas fotovoltaicos aos agricultores rurais localizados no município de Maranguape, Aracati, e Irauçuba. Os produtores utilizam este sistema para o consumo doméstico e sua utilização na atividade agrícola.

Em suma, a energia fotovoltaica contribui de maneira favorável para o desenvolvimento sustentável de comunidades onde é instalada. Falta a superação dos empecilhos ao crescimento. Exemplo destes são os altos custos de aquisição dos componentes do sistema que, por não serem fabricados no Brasil, oneram ainda mais os custos. A superação dos entraves ao uso da energia fotovoltaica é de suma relevância para esta que é considerada um instrumento de desenvolvimento para o meio rural.

### ***2.3.2 Caracterização da energia eólica no estado do Ceará***

Conforme a ADECE (2017), atualmente a energia eólica é a segunda principal fonte energética do Ceará com potência instalada de 1.652 MW perdendo apenas para a geração termelétrica de 2.152 MW, são 61 parques eólicos em funcionamento e 22 em construção.

Os empreendimentos estão localizados no litoral e na região serrana. No Brasil, o Ceará está entre os cinco principais gerador de energia a partir do vento, segundo a Agência Nacional de Energia Elétrica. Ademais, as explorações dos parques eólicas cearense começaram a serem explorados em 1990, por intermédio da antiga Companhia de Eletricidade (COELCE), hoje denominada de Agencia de Energia Nacional Elétrica (ENEL).

Esta firmou um Protocolo de Intenções com a empresa *Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit* (GTZ) para o desenvolvimento do projeto Mapeamento Eólico

do Estado do Ceará, com o objetivo de avaliar e identificar com maior precisão os recursos eólicos disponíveis e as áreas potencialmente favoráveis a sua implantação (MOREIRA *et al.*, 2013).

A energia eólica cearense é nacionalmente conhecida pelo seu alto potencial, dimensionado em 35 mil megawatts (MW), sendo 25 mil MW em terra denominada de *onshore* e 10 mil MW no mar *offshore*, segundo o Atlas Eólico do estado. (ADECE, 2011).

O Ceará destaca-se na produção de energia do tipo *onshore* e possui diversos parques eólicos dentro os quais Aquiraz, Acaraú, Amontada, Aracati, Beberibe, Camocim, Paracuru, São Gonçalo, Amarante e Fortaleza. A Tabela 7 mostra as maiores usinas instaladas com grande capacidade para suprimento elétrico brasileiro.

Tabela 7 – Usinas Eólicas no estado do Ceará em operação, 2017.

<b>Usinas</b>	<b>Municípios</b>	<b>Potência (MW)</b>
Praia formosa	Camocim	104,4
Canoa Quebrada	Aracati	57,0
Eólica de Icaraizinho	Amontada	54,6
Bons Ventos	Aracati	50,0
Volta do Rio	Acaraú	42,0
Parque Eólica Enacel	Aracati	31,5
Eólica Praia de Parajuru	Beberibe	28,8
Praia do Morgado	Acaraú	28,8
Parque Eólico do Beberibe	Beberibe	25,6
Foz do Rio Choró	Beberibe	25,2
Paracuru	Paracuru	25,20
Icaraizinho	Amontada	54,60
Taíba Albatroz	Taíba	16,80
Enacel	Aracati	31,50

Fonte: Programa de Aceleração Crescimento (2017).

Os resultados indicam que dentre as maiores potências instaladas para geração de energia eólica com potência de MW encontra-se a usina de formosa no município de Camocim, com a capacidade de 104,4 MW.

Também o município de Aracati possui dois grandes parques eólicos, o Enacel e o Parque Eólico Bons Ventos, que possui 67 aerogeradores. O empreendimento atingiu a marca do maior parque eólico em produção de energia elétrica do Brasil, quando entrou em operação comercial, em 2010.

No caso em questão, o Ceará possui a primeira usina eólio-elétrica do mundo construída sobre dunas de areia instalada na Praia da Taíba, no município de São Gonçalo do Amarante, a 55 km de Fortaleza.

Por meio do Programa de Aceleração do Crescimento, por iniciativa pública do Ministério de Minas e Energia, juntamente com as empresas privadas, foram concluídos várias usinas eólicas no Estado do Ceará nos municípios de Trairi, Ibiapina, Itarema, Ubajara, Tianguá, dentre outros.

Em suma, os impactos socioeconômicos provenientes da instalação da energia eólica principalmente, nas áreas rurais podem repercutir de maneira favorável, além de contribuir com o desenvolvimento da atividade econômica local, geração de emprego e incremento de renda nas localidades onde são instaladas.

### **3 METODOLOGIA**

Esse estudo é descritivo fazendo-se uso de dados primários e secundários, tendo como área de estudo o estado do Ceará. Para fins específicos foram coletados dados primários em três comunidades pertencentes aos municípios de Maranguape, Quixeré e Irauçuba do referido Estado.

#### **3.1 Área geográfica de estudo**

O Ceará é pioneiro no Brasil na utilização de fontes renováveis, pois possui as primeiras usinas à base do sistema solar. O Ceará destaca-se pela implementação de programas que garantem o acesso a comunidades distantes para aquisição de energia elétrica por meio da energia fotovoltaica, dentre eles: a Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Energias Renováveis do Estado do Ceará (CS Renováveis) e o Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará.

O Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar contribui para intensificar e ampliar o processo de inovação tecnológica no meio rural, por meio da elaboração de projetos de uso da energia solar e eólica, especialmente na agricultura e pecuária, observando os princípios da sustentabilidade, sendo implantados 40 projetos distribuídos nos municípios de Iguatu, Quixeré, Maranguape, Aracati, Beberibe, Irauçuba, São Benedito, Limoeiro do Norte e Barreiras.

O Ceará detém as condições necessárias para gerenciar uma produção de energia suficiente para garantir o abastecimento das comunidades rurais e estados vizinhos. Neste sentido, a elaboração técnica dos projetos deve-se ocupar, não apenas com o levantamento dos custos operacionais, mas com os impactos socioeconômicos e ambientais em relação às localidades. Dentre os estados brasileiros, o estado também se destaca na geração de energia elétrica por meios eólicos, pois é um dos maiores parques eólicos do Brasil, sendo um dos maiores produtores atrás somente do Rio Grande do Norte e da Bahia.

Portanto, o desenvolvimento destas fontes renováveis é iniciativa de ações conjuntas do Governo Estadual e entidades privadas e públicas objetivando promover o acesso a serviços essenciais, que carecem de energia onde a rede convencional de energia elétrica é bastante reduzida devido ao difícil acesso.

Para subsidiar a análise, dados primários foram coletados na zona rural dos

Municípios de Maranguape, Irauçuba e Quixeré no Estado do Ceará.

O Município de Maranguape que está localizado na região metropolitana de Fortaleza dista 28 km da capital cearense e possui uma área territorial de 590,9 mil km<sup>2</sup>. Caracteriza-se por apresentar clima tropical quente úmido, pluviosidade de 1.378,9 mm e os meses mais chuvosos são de fevereiro a abril. A temperatura oscila entre 24 °C a 28 °C e a população perfaz um total de 113.561 habitantes (IPECE, 2016).

Nesse Município encontra-se a instalação de painéis solares como fonte de matriz energética, contribui como forma de melhoria da qualidade de vida e geração de renda de produtores rurais.

O Município de Irauçuba tem como posição geográfica o Norte do Estado do Ceará e possui uma área territorial de 1.461,3 km<sup>2</sup>. O clima é tropical quente semiárido, a pluviosidade é de 539,5 mm e os meses mais chuvosos compreendem janeiro a abril. A temperatura média é de 26 °C a 28°C (IPECE, 2016).

O município detém características propícias ao desenvolvimento da energia solar, razão para ser implantado um sistema de energia solar na comunidade rural do Assentamento Saco do Vento, para o atendimento das famílias rurais que não detinham acesso a este recurso.

O município de Quixeré perfaz área territorial de 613,6 km<sup>2</sup> e tem clima tropical quente semiárido. O índice de pluviosidade é de 857, 7 (mm) anuais e a temperatura média é de 26°C a 28°C sendo os meses mais chuvosos de fevereiro a abril. A população é de 21.720 habitantes, segundo estimativa em 2016, sendo que, em 2010, 38,54% da população habitavam a área rural.

A condição climatológica do Município de Quixeré apresenta condições suficientes para a instalação e utilização da mini central eólica de forma a contribuir com matriz energética da Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (COOPAFAQ) e dos moradores da comunidade de Barreirinhas, sendo a energia gerada utilizada para o suprimento energético da cooperativa de polpa de frutas nesta comunidade rural.

Logo, pelo fato de o Ceará não possuir recursos hídricos abrangentes, torna-se necessária a exploração das energias alternativas pois, além de promover o bem-estar social da população, possibilita a redução dos impactos ambientais.

### **3.2 Natureza e fonte de dados**

O presente trabalho utilizou dados de natureza primária e secundária. Para o

alcance do objetivo proposto foi utilizada a estratégia metodológica do estudo de caso justificando-se por permitir melhor compreensão e aprofundamento das unidades de análise escolhidas.

Para um projeto de pesquisa que utiliza como estratégia o estudo de caso, cinco componentes são importantes: as questões de estudo; as proposições de estudo; as unidade(s) de análise, a lógica que une os dados às proposições e os critérios de interpretação das descobertas (MOREIRA *et al.*, 2013).

Foi realizada uma caracterização dos projetos de fornecimento elétrico por meio das fontes renováveis fotovoltaicas e eólicas nas zonas rurais dos municípios de Maranguape, Quixeré e Irauçuba relativa à rentabilidade das diferentes opções tecnológicas destinadas a satisfazer o bem-estar das comunidades rurais.

- a) Os dados primários obtidos por meio da aplicação de questionários junto aos beneficiários localizados na zona rural dos municípios de Maranguape, Irauçuba e Quixeré foram os seguintes: número de pessoas nos domicílios, tempo na residência, nível de escolaridade, idade do chefe da família, atividade do chefe da família, possui assistência técnica, renda mensal, descrição das principais dificuldades encontradas na aquisição destes sistemas, sugestões para melhoria dos sistemas fotovoltaico e eólico, disposição a pagar pelo uso dos sistemas, e se para os beneficiários os sistemas suprem a carência em relação à energia convencional quanto ao sistema de energia eólico da comunidade do sítio
- b) No sistema eólico da COOPAFAQ, no sítio Barreirinhas, foi realizada uma pequena análise descritiva do sistema e da cooperativa familiar, referente às seguintes informações: capacidade de geração de energia da mini turbina eólica, quantidade produzida de polpa de frutas da cooperativa, preço dos produtos e a importância do sistema.
- c) Ademais, os dados secundários são provenientes de informações referentes aos seguintes órgãos: Empresa de Pesquisa Energética (EPE), Ministério de Minas e Energia (MME), Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) e a quantidade de municípios atendidos pelos projetos de energia solar e eólica pelo Fundo de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF), levantados pela Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA).



### 3.3 Método de análise

Segundo Fávero *et al.* (2009), a pesquisa descritiva permite ao pesquisador uma melhor compreensão do comportamento dos dados por meio de tabelas, gráficos, e medidas de resumo, identificando tendências, variabilidades e valores atípicos.

Portanto, realiza-se uma análise tabular e descritiva das comunidades rurais pesquisadas por meio do qual as variáveis selecionadas foram analisadas e interpretadas. Averiguou-se também os impactos dos projetos nas zonas rurais onde se encontram instalados, o que implica a existência de requisitos destinados a julgar a rentabilidade dos mesmos.

É relevante conhecer a gênese dos projeto de eletrificação onde se encontram localizados, para que se possa planejar uma adequada metodologia para avalia-los no que se refere a eletrificação rural, para a formação das etapas a serem seguidas pré-investimento, execução, operação e avaliação.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para fins de melhor compreensão, os resultados estão organizados segundo as alternativas para a promoção do desenvolvimento das energias renováveis fotovoltaica e eólica e para o suprimento energético das comunidades rurais dos Municípios de Irauçuba, Maranguape e Quixeré no Estado do Ceará.

### 4.1 Análise descritiva do assentamento rural Saco do Vento, município de Irauçuba-CE

O Assentamento Rural Saco dos Ventos está localizado no Distrito Juá, distante 44 km da cidade de Irauçuba. Possui um sistema de energia fotovoltaico do tipo *on gride* implantado em 2014 por meio da iniciativa pública do Fundo de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA), cujo intuito era suprir a demanda de dez famílias rurais que antes não possuíam acesso à energia elétrica devido ao difícil acesso a rede de abastecimento convencional.

O sistema de energia fotovoltaica foi implantado no dia 29 de outubro de 2014. A concessionária de energia elétrica ainda era a antiga COELCE, sendo implantado em cada residência um kit de eficiência energética.

Trata-se de um sistema híbrido que funciona, a princípio, com a energia solar, através do uso de bateria para armazenamento. Durante a noite a bateria descarrega e a concessionária assume esta função. Quando isso ocorre, o consumo passa a ser tipo *back*.

A produção de energia gerada tanto serve para o consumo doméstico como para o uso na agricultura irrigada. As residências possuem cada placa instalada nos telhados para a produção doméstica. Quanto à produção de energia para o uso na agricultura foram instaladas seis placas, que garantem a geração de energia para o bombeamento de água de um poço profundo.

O sistema foi financiado pelo Fundo de Financiamento da Agricultura Familiar (FEDAF), sendo que todos os beneficiários estão vinculados ao programa por meio de associação comunitária. Pode-se observar na Tabela 8 a análise da descritiva dos beneficiários da comunidade rural Saco dos Ventos.

Tabela 8 – Descrição da população rural do Assentamento Saco dos Ventos, Irauçuba-CE, 2017.

<b>Discriminação</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>
Número de pessoas no domicílios	2	6	4,44
Tempo na residência	1	35	7,33
Escolaridade	4	11	4,77
Idade do chefe da família	1	4	2,66
Atividade do chefe da família	0	1	0,11
Possui assistência técnica	1	1	1
Renda mensal (R\$)	350,00	1.050,00	786,33
Valor da disposição a pagar (R\$)	120,00	18.000,00	3.280,00

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

A análise mostra que o número máximo de residentes em cada domicílio é de 6 pessoas, incluindo crianças, adultos, jovens e idosos. Muitos moradores já residiam na comunidade desde a implantação do sistema, dado que o valor máximo de tempo na residência fora de 35 anos, em comparação a implementação do projeto.

A idade média dos beneficiários varia entre 30 a 40 anos, considerado uma população composta em sua essência por adultos. Por outro lado, a atividade do chefe da família é informal, pois os produtores não desenvolvem atividades formais apenas complementares. Porém, todos os produtores possuem assistência direcionada para o sistema.

Em relação à atividade agrícola, esta é do tipo de subsistência garantindo aos produtores uma renda mensal média cujo valor é de R\$ 786,33 abaixo do salário mínimo vigente. Entretanto, os produtores complementam a renda familiar com o auxílio dos programas sociais como o Bolsa Família e realizam a criação de animais domésticos para o consumo e para venda em caso de necessidades familiares.

No caso analisado, questionados a respeito da disposição a pagar pela utilização do sistema de energia fotovoltaica, todos os produtores se encontram disposto a pagar pelo sistema como por sua manutenção.

Quanto ao valor que os beneficiários estariam dispostos a pagar pela aquisição do sistema, o valor máximo pelo uso do sistema solar foi de R\$ 18.000,00, sendo que o menor valor corresponde a R\$ 120,00. Para muitos produtores, a utilização da energia solar para sistema de irrigação é que mais influenciam aquisição deste tipo de energia renovável. Todavia, quando questionados sobre problemas referentes a uso do sistema, os beneficiários listaram os principais, como se observa na Tabela 9.

Tabela 9 – Principais problemas encontrados após o uso da energia fotovoltaica na Comunidade rural Saco do Vento, 2017.

<b>Discriminação</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>	<b>Percentual Acumulado</b>
Placas reduzidas	1	11,1	11,1
Falta de informação sobre o sistema	1	11,1	22,2
Falta de manutenção	1	11,1	33,3
Falta de recurso financeiro	1	11,1	44,4
Quantidade de placa reduzida para atender a demanda	5	55,6	100
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100</b>	

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Os resultados indicam que os problemas que impossibilitam a eficiência do sistema é a quantidade reduzida de placas para os abastecimentos domésticos (55,6%), pois a implantação do sistema solar foi planejada para uma determinada demanda de eletrodomésticos. Contudo, as famílias após possuírem o acesso à energia elétrica começaram a comprar eletrodomésticos, antes não consumidos, o que reduziu a potência instalada das placas para o atendimento da nova demanda não projetada, necessitando de uma quantidade de placas maiores.

Outro fator é a falta de recursos financeiros para a compra de novas placas, que impossibilita o melhoramento do sistema, cujo percentual é de 11,1%. Isto porque o crédito concebido aos produtores possui um valor limitado, para aquisição de novas placas requer um novo financiamento que poderá ser obtido de maneira coletiva ou individual requerendo outras formas de pagamento do sistema, que incluem novas taxas de juros, prazos de amortização, valores das parcelas, entre outros.

Eis outros entraves ligados ao bom funcionamento do sistema de energia fotovoltaica cujos valores percentuais são de 11,1% são: falta de informação, falta de manutenção e a quantidade placas reduzidas.

A falta de informação sobre o funcionamento do sistema solar tais como: funcionamento em tempos de nebulosidade, vida útil dos equipamentos, tempo de retorno do investimento realizado na implantação do sistema, quantidade de placas suficientes para o atendimento da demanda familiar são fatores desconhecidos pelos produtores que dificultam sua manutenção e funcionamento durante o horizonte de tempo de vida útil.

A falta de manutenção é outro fator que dificulta seu bom desempenho. A instalação e manutenção do projeto de energia solar requer mão de obra especializada, muitos produtores sem conhecimento técnico prévio realizam a troca dos equipamentos como bateria, inversor, assim como também limpam as placas, o que poderá acarretar no mau

funcionamento do sistema. Além disso, empresas que prestam assistência técnica demoram no auxílio junto aos beneficiários do sistema.

Todavia, como sugestões para um bom funcionamento da gestão do sistema solar foram relatadas as seguintes soluções, como descrito na Tabela 10.

Tabela 10 – Sugestões para melhorar o funcionamento do sistema de energia fotovoltaico na comunidade Saco do Vento-Irauçuba-CE, 2017.

<b>Discriminação</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>	<b>Percentual Acumulado</b>
Assistência técnica para o sistema	1	11,10	11,10
Aumento do financiamento para a compra de mais placas	1	11,00	22,10
Aumentar a quantidade de placas	1	11,10	33,30
Aumentar a quantidade de placas para o atendimento da demanda	6	66,70	66,70
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Os resultados revelam que 66,70% dos produtores acreditam que ao aumentar a quantidade de placas para o atendimento da demanda melhora a eficiência do sistema de energia fotovoltaica, suficiente para o abastecimento familiar. Outras soluções cujo percentual foram de 11,1% sendo as seguintes: aumentar a quantidade de placas de todo o sistema suficiente para a quantidade de kWh demandada; melhorar a assistência técnica; aumentar o financiamento para a aquisição de mais placas.

Vale mencionar ainda a necessidade de melhorar a assistência técnica acessível para o funcionamento do sistema na realização de troca dos equipamentos danificados ou que venham sofrer algum problema de funcionamento que compõem o projeto, e a realização de cursos preparatórios para a mão de obra local, com o intuito de promover a segurança e o bom desempenho do sistema de energia solar.

Interessante também aumentar o potencial do sistema sem que acarrete em altos custos para os beneficiários e que permaneça dentro do orçamento ofertado pelo Fundo de Financiamento da Agricultura Familiar (FEDAF).

Ademais, 77,80% dos beneficiários acreditam que a energia solar resolve os problemas com a falta de energia para a comunidade rural do Assentamento Saco do Vento o qual pode-se observar na Tabela 11.

Tabela 11 – O uso da energia solar na resolução do suprimento de energia na comunidade rural do Saco do Vento, Irauçuba-CE 2017.

<b>Discriminação</b>	<b>Frequência</b>	<b>Porcentual</b>	<b>Acumulado</b>
Não	2,00	22,20	22,20
Sim	7,00	77,80	77,80
<b>Total</b>	<b>9,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Constata-se que apenas 22,20% dos beneficiários acreditam que a energia solar não é suficiente para o suprimento da demandada pela comunidade rural, motivo relacionado à quantidade de placas reduzidas. Todavia, quando questionados a respeito do funcionamento do sistema para o bombeamento do poço profundo tanto para uso doméstico como para a agricultura todos concordam que o sistema é bastante eficiente.

É relevante ressaltar que a implantação do sistema de energia fotovoltaica em áreas rurais de difícil acesso como é o caso do assentamento rural Saco do Vento, proporciona não apenas o consumo de bens duráveis, mas promove o acesso a cidadania diminuindo a exclusão e a desigualdades no meio rural.

#### **4.2 Análise descritiva da Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar (COOPERFAM CEARÁ), no município de Maranguape-CE**

A Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar (COOPERFAM CEARÁ) está localizada no distrito Columinjuba no sítio Ladeira Grande no município de Maranguape, oferecendo produtos e serviços ligados a hortifrutigranjeiros e polpa de frutas. Contribuindo para o desenvolvimento da agricultura familiar da região por meio de soluções agroecológicas e ações solidárias, visando à melhoria de vida dos cooperados e promovendo a segurança alimentar da população.

A COOPERFAM Ceará surgiu em 2010, com o objetivo de promover e contribuir para as melhorias das condições de vida dos agricultores da região do município de Maranguape, com base no cooperativismo formado por agricultores familiares.

Como forma de impulsionar o desenvolvimento da cooperativa familiar foram implantadas em sua sede, por meio do Fundo de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF CEARÁ), 36 placas inversoras que geram 9 kW por dia, cujo o valor total do investimento perfaz R\$ 109.000,00 (ano de sua implantação em 2015).

Trata-se de um sistema de energia fotovoltaico *ongride* implantado em 2015, por meio da iniciativa pública da FEDAF, para possibilitar a redução dos custos com a energia

convencional, gerando economia cuja receita poderá ser redirecionada para outros investimentos de capital fixo.

O referido sistema fotovoltaico é do tipo híbrido funcionando com a energia solar sem bateria para armazenamento. Toda a energia gerada pelo sistema é utilizada para o funcionamento das máquinas no processamento das polpas de frutas e na refrigeração. Também a produção de energia gerada tanto poderá ser consumida como transformada em créditos extra pela cooperativa após seu credenciamento junto a ENEL Distribuição Ceará.

O sistema de energia solar é financiado pelo Fundo de Financiamento da Agricultura Familiar (FEDAF), mas os beneficiários não estão vinculados ao fundo, apenas a cooperativa à qual estes fazem parte. Podem ser observadas na Tabela 12 algumas variáveis que caracterizam os beneficiários da comunidade rural Saco dos Ventos.

Tabela 12 – Pequena descrição dos produtores da COOERPAM, Maranguape-CE, 2017.

<b>Discriminação</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>	<b>Média</b>
Escolaridade	0,00	12,00	7,66
Atividade do chefe da família	0,00	0,00	0,00
Tempo na residência	2,00	65,00	28,00
Idade do chefe da família	1,00	4,00	3,33
Condição de moradia	1,00	1,00	1,00
Renda mensal	200,00	3.000,00	981,11
Qual o valor disposto a pagar pelo uso da energia solar	0,00	1.000,00	295,00

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

No caso analisado, o número máximo de estudo dos cooperados é de 12 anos, sendo que muitos possuem o nível médio, o que leva um bom conhecimento sobre o uso de tecnologias para a agricultura no meio rural. O chefe da família possui trabalho informal, pois, mesmo vinculados à cooperativa, são trabalhadores autônomos sem carteira assinada.

Pode-se dizer que o valor do tempo máximo para os residentes é de 65 anos, ou seja, o tempo em que os produtores familiares moram na região é maior do que a implantação do sistema. Observa-se também que todos os beneficiários possuem casa própria.

Outra variável analisada foi a idade média dos beneficiários, que varia entre 30 a 40 anos, sendo composta por adultos. A Tabela 12 mostra também que os chefes da família desenvolvem atividades sem vínculos empregatícios e exercem a atividade agrícola irrigada, ou seja, o que produzem destina-se ao consumo da família e para venda na cooperativa.

A atividade agrícola garante aos produtores uma renda mensal média cujo valor é de R\$ 981,33 acima do salário mínimo vigente, proveniente da produção de frutas e hortaliças vendidas para o processamento na cooperativa.

Constata-se que, para os produtores, a energia solar é bastante relevante, tanto para geração de energia limpa, como para sua utilização na atividade agrícola, possibilitando a redução de custos e ganhos de rentabilidades futura. Na Tabela 13 verifica-se a disposição dos produtores a pagar pela aquisição da energia solar.

Tabela 13 – Disposição a pagar pelo uso da energia solar pelos produtores Cooperativa da Agricultura Familiar (COFERPAM) Maranguape-CE, 2017.

<b>Discriminação</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>	<b>Acumulada</b>
Não	3,00	16,70	16,70
Sim	15,00	83,30	100,00
<b>Total</b>	<b>18,00</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Os resultados indicam que 83,30% dos produtores estão dispostos a pagar uma taxa pelo uso da energia solar de maneira individual, tanto para o consumo doméstico, como para sua utilização na atividade agrícola para irrigação. Apenas 16,70% dos cooperados não se sentem dispostos a pagar pelo uso da energia fotovoltaica, pois, como não dispõem de experiência com a utilização do sistema solar de maneira individual, os produtores acreditam não ser viável o uso da energia solar devido ao preço dos equipamentos que o compõe.

Entretanto, o uso da energia solar contribui com a redução dos custos com eletricidade em relação à energia convencional, principalmente para a cooperativa em que os gastos com a eletricidade para o funcionamento das máquinas e equipamentos são bastante onerosos. Na Tabela 14 observa-se que, para a maioria dos cooperados, a energia solar resolve o problema de suprimento de energia.

Tabela 14 – O uso da energia solar na resolução do suprimento de energético.

<b>Discriminação</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>	<b>Acumulado</b>
Não	16,00	11,10	11,10
Sim	2,00	88,90	100,00
<b>Total</b>	<b>18,00</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Constata-se que, para 88,90% dos produtores, a produção de energia fotovoltaica resolve o problema do suprimento de energia para a cooperativa. Para apenas 11,10% deles, a energia solar não é suficiente para o atendimento da demanda gerada pela cooperativa, sendo necessário interligar o sistema híbrido como forma de suprir a carência energética. Como



forma de sugestões para promover a eficiência do sistema de energia solar foram levantadas as seguintes sugestões, as quais podem ser verificadas na Tabela 15.

Tabela 15 – Sugestões para melhoria do sistema de energia fotovoltaica da Cooperativa da Agricultura Familiar (COPERFAM), Maranguape-CE, 2017.

<b>Discriminação</b>	<b>Frequência</b>	<b>Percentual</b>	<b>Acumulado</b>
Baratear o custo com o equipamentos	1,00	5,60	5,60
Fortalecer a associação para melhorar aquisição do sistema	1,00	5,60	11,10
Valores mais baixos dos equipamentos	3,00	16,70	27,80
Ampliar o programa da FEDAF	1,00	5,60	33,30
Diminuir a burocracia financeira	1,00	5,60	38,90
Diminuir os custos com os equipamentos	1,00	5,60	44,40
Torna os equipamentos mais baratos	1,00	5,60	50,00
Aumentar o valor financiamento	1,00	5,60	55,60
Baratear o custo com os equipamentos	1,00	5,60	61,10
Melhorar as formas de financiamento	1,00	5,60	66,70
Aumentar o valor financiamento	1,00	5,60	72,20
Mais informações a respeito do sistema	1,00	5,60	77,80
Diminuir o valor das parcelas	1,00	5,60	83,30
Torna os equipamentos mais baratos	3,00	16,70	100,00
<b>Total</b>	<b>18,00</b>	<b>100,00</b>	<b>-</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

A análise mostra que, para 16,70% dos produtores, tornar os valores dos equipamentos mais acessíveis e com valores mais baixos poderá possibilitar melhor aquisição do sistema solar a todos os produtores de maneira individual.

Também para 5,60% dos produtores são viáveis as seguintes sugestões: reduzir os custos com o sistema; informações técnicas sobre seu funcionamento; diminuir o valor das parcelas; aumentar os prazos do pagamento do principal; aumentar os valores do financiamento e ampliar o Fundo de Financiamento da Agricultura Familiar são soluções que deveriam ser posta em prática, como forma de promover o melhoramento do sistema.

Em suma, a implantação do sistema de energia fotovoltaica contribuiu não apenas para redução dos custos com eletricidade, como também gerou economia para a cooperativa. Antes da implantação do sistema solar, a COOPERFAM gastava em média de R\$ 9.000,00 com energia elétrica. Após a implantação do sistema, este teve uma redução para R\$ 5.500,00, obtendo uma receita mensal de R\$ 3.500,00.

### **4.3 Pequena descrição do sistema eólico da Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região na comunidade do sítio Barreirinhas no município de Quixeré**

A mini turbina eólica foi implantada em outubro de 2015, direcionada para uma unidade de beneficiamento de frutas, possibilitando a geração de renda a mais de 50 familiares. Este projeto é uma parceria do Fundo de Investimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do estado do Ceará, juntamente com Banco do Nordeste, sendo a pioneira implantada no estado do Ceará e a primeira mini turbina eólica no Brasil direcionada para agricultura familiar.

Trata-se de um financiamento individual da linha de crédito ofertada pela FEDAF, a qual o agricultor Ednaldo Clementino, aproveitando-se da potência dos ventos da região a seu favor. Ao obter o financiamento, implantou um mini sistema eólico na comunidade de Barreirinhas, zona rural do município de Quixeré a 218 quilômetros de Fortaleza, contribuindo para o suprimento energético da Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (COOPAFAQ) e para a melhoria da qualidade das famílias da comunidade local.

A energia gerada pela mini turbina eólica serve para abastecer as máquinas da fábrica de polpas e beneficia a comunidade nos dias em que a fábrica não se encontra em funcionamento, injetando eletricidade na corrente elétrica convencional. É tida como a principal ferramenta para abastecer as máquinas da fábrica de polpa de frutas, sendo que a principal fruta processada é acerola. O agricultor responsável pela cooperativa também compra dos pequenos produtores frutas como cajá, goiaba, e caju, promovendo a geração de renda na região.

Neste contexto, a tecnologia renovável em questão permite a produção de 1.000 kg de frutas por dia, vendidas depois de processadas a um preço de R\$ 4,50, gerando uma receita mensal de R\$ 117.000,00.

A produção das polpas de frutas é direcionada aos programas sociais do governo, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE), também para os comércios regionais para os municípios de Limoeiro do Norte, Russas, Jaguaruana e Fortaleza, além do município de Mossoró, no estado do Rio Grande do Norte.

Por outro lado, as implantações do sistema vêm proporcionando economia de energia na fábrica de polpas de frutas, promovendo a redução dos custos com energia em 60%, antes da implantação do sistema os gastos com energia chegavam a R\$ 2.000,00/mês

com os equipamentos de câmara fria, máquina de processamento de frutas, e após a operação do sistema eólico, o custo caiu para R\$ 1.200,00 se comparada com a energia convencional.

Outra vantagem deste sistema é o fato de que a energia não consumida nos finais de semana, quando a agroindústria não está em funcionamento, é transformada em créditos, que são uma forma de abatimento na conta de energia pela redução do consumo da energia convencional. Conclui-se que ações como estas devem ser ampliadas, devido aos benefícios gerados a todos a seu entorno, a exemplo do sistema eólico instalado na cooperativa familiar do município de Quixeré.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estado do Ceará, assim como o restante do país encontra-se exposto a deficiência hídrica, principal fonte da produção de energia, o que dificulta ainda mais o acesso das comunidades rurais a este serviço, privando-as dos benefícios socioeconômicos provenientes do uso da eletricidade.

As tecnologias sociais e econômicas de acesso às energias renováveis, no estado, entre 2000 e 2017 tem apresentado bastante aceitação, não só pela capacidade de geração de eletricidade de forma limpa, mas também pelo acesso a este recurso a custo de oportunidade do capital investido, além de inserir a mobilização e capacitação social no processo de instalação. Garante, portanto, a geração de eletricidade independente dos regimes das chuvas.

A partir da caracterização das ações analisadas nesta pesquisa pôde-se constatar que a utilização das energias alternativas, como as energias fotovoltaica e eólica têm apresentado participações expressivas promovendo o acesso das comunidades rurais a eletricidade principalmente para os indivíduos no Estado do Ceará.

Os resultados indicam que, para 77,80% dos beneficiários da comunidade do Assentamento Saco do Vento, a energia solar resolve os problemas com a falta de energia convencional. A análise revela também que 66,70% dos produtores acreditam que ao aumentar a quantidade de placas para o atendimento, possibilita a melhoria da eficiência do sistema de energia fotovoltaica, suficiente para o abastecimento familiar.

Em relação aos produtores da COOFPAM, a análise mostra que 83,30% deles estão dispostos a pagar uma taxa pelo uso da energia solar de maneira individual, principalmente para uso da energia gerada para a atividade agrícola irrigada. Constata-se também que, para 88,90% dos produtores, a produção de energia fotovoltaica resolve o problema do suprimento de energia para a cooperativa.

É interessante notar que, para 16,70% dos produtores, tornar os valores dos equipamentos mais acessíveis e com valores mais baixos possibilitará uma melhor aquisição dos instrumentos que compõem o sistema fotovoltaico pelos produtores.

Por outro lado, a implantação do sistema eólico na COOPAFQA do sítio Barreirinhas em Quixeré vem proporcionando economia de energia na fábrica de polpas de frutas e promovendo a redução dos custos com energia em 60%, pois, antes da implantação do sistema, os gastos com energia chegavam a R\$ 2.000,00/mês com os equipamentos e, após a operação do sistema eólico, os custos caíram para R\$ 1.200,00/mês.

Os resultados evidenciam que o número de agricultores que têm se beneficiado

efetivamente destas ações de políticas públicas ainda é muito reduzido. Grande parte ainda desconhece a relevância destas políticas para o atendimento de suas necessidades.

No que tange à implantação de políticas públicas de forma eficiente, direcionadas para suprir a carência energética das comunidades rurais, levar em consideração os problemas e as sugestões relatadas pelos beneficiários possibilitará a implantação de políticas eficazes que realmente possam atender a demanda por eletricidade das comunidades rurais. Além do mais, para que os investimentos tornem-se viáveis faz-se necessário a realização de estudos de viabilidade financeira, econômica e ambiental.

Como sugestão para trabalhos futuros acredita-se ser relevante a realização de uma análise comparativa das comunidades pesquisadas, como também a mensuração da eficiência técnica dos sistemas de energia, acrescentando-se a construção de um índice de sustentabilidade destas matrizes energéticas para as comunidades rurais.

.

## CAPITULO II

### AVALIAÇÃO FINANCEIRA DE PROJETOS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E EÓLICA EM COMUNIDADES RURAIS DO CEARÁ

#### 1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a demanda energética mundial motivada pela escassez dos recursos não renováveis levou a busca por fontes alternativas de energia, com o objetivo de diminuir as consequências para o meio ambiente e a sociedade exigindo mudanças bruscas e novas formas de adaptação.

Diante deste cenário, o setor energético tornou-se um tema de discussão mundial em que se observa a busca de possibilidades para implantação de fontes alternativas de energia para o atendimento da demanda cada vez mais crescente, pois, apesar do aumento substancial da oferta energética ainda existem milhares de pessoas sem acesso a este recurso.

Constata-se que, aproximadamente 1,6 milhões de pessoas, principalmente na Ásia e na África Subsaariana, não dispõem do acesso a eletricidade. As projeções indicam que a procura por energia continuará crescendo e que as despesas também aumentarão, pois se estima que, em 2030, o setor de energia necessitará de 22 a 27 bilhões de dólares para operações de extração, desenvolvimento da indústria energética e de infraestruturas conexas e cerca de metade desse investimento dar-se-á no mundo em desenvolvimento (UNIRC, 2017).

Neste contexto, a diversificação da matriz energética é essencial para o suprimento da demanda. Entre os países propulsores desta iniciativa, a Alemanha é considerada um dos líderes mundiais, tanto em relação à potência instalada, como acumulada, principalmente na produção de energia solar, mesmo possuindo menor radiação se comparada ao Brasil.

A Organização das Nações Unidas no Brasil (2017) preconiza que, até 2050, o consumo de toda energia mundial será 100% proveniente das fontes renováveis, tais como: solar, eólica e proveniente de biomassa. Atualmente, esse percentual chega a 20% com a perspectiva de que, em dez anos, os custos desse sistema energético podem se tornar mais baratos do que o dos combustíveis fósseis.

O principal país produtor de energia fotovoltaica no mundo é a Alemanha, seguida da China, Japão, Itália, Estados Unidos e França, apresentando políticas prioritários de diversificação energética. Em relação à energia eólica, pela ordem, os maiores produtores

de energia eólica são Reino Unido, Holanda, Dinamarca, Alemanha e Brasil.

Cabe destacar que, para as localidades rurais, essas fontes opcionais de energia possibilitam oportunidades principalmente para aquelas pessoas que não têm acesso a este serviço, logo, o seu suprimento não pode ser visto apenas do ponto de vista dos aspectos técnicos e econômicos, pois, associados a esses, devem considerar os benefícios que trazem para saúde, educação, saneamento básico e disponibilidade de água.

Nesta intenção, o Ceará caracteriza-se por ser pioneiro na utilização de fontes renováveis no Brasil, com a implantação das primeiras usinas de sistema solar. Essa iniciativa foi decorrente da formulação de programas que garantiram o acesso das comunidades mais distantes, destacando-se o Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará.

Apesar da importância em se calcular o custo da energia para os consumidores rurais os projetos elaborados para o acesso as fontes de energias renováveis, ainda são pouco avaliados, principalmente quando direcionados para as áreas rurais. Nesse contexto, a avaliação privada do ponto de vista financeiro pode contribuir para melhor gestão dos projetos privados, servindo de pré-condição para a avaliação social sob o ponto de vista econômico ou público.

As principais dificuldades para as comunidades terem acesso a essa tecnologia consistem no alto custo dos equipamentos, falta de financiamento para a aquisição dos itens que compõem os sistemas, falta de assistência técnica e o desconhecimento a respeito do funcionamento e manutenção dos sistemas de geração de energias fotovoltaica e eólica.

A hipótese formulada é de que as ações que promovem o acesso às energias no estado do Ceará, tais como das energias fotovoltaicas e eólicas apresentam viabilidade financeira, promovendo benefícios às comunidades e beneficiários. Diante disso, tem-se por objetivo principal avaliar sob o enfoque privado-financeiro a implantação e utilização destas fontes em comunidades rurais no Estado do Ceará.

Como objetivos específicos buscou-se elaborar a demonstração de fluxo de caixa para um horizonte de planejamento de 10 anos, a partir dos investimentos feitos no ano de 2017 e, em seguida, calcular e analisar alguns indicadores financeiros, a exemplo do valor presente líquido (VPL), relação benefício-custo (B/C), taxa interna de retorno (TIR) e *payback* descontado.

Precisamente, procurou-se explicar a análise financeira na avaliação de projetos de fontes de energia fotovoltaica e eólica, objetivando o seu suprimento para as comunidades rurais dos Municípios de Maranguape, Quixeré e Irauçuba localizados no Estado do Ceará.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

Nessa seção apresenta-se uma abordagem teórica sobre a avaliação privada do ponto de vista financeiro, com ênfase nas fontes de energia fotovoltaica e eólica para o suprimento energético das comunidades rurais dos municípios de Quixeré, Maranguape e Irauçuba. São apresentadas análises da demanda e da oferta de projetos de eletrificação rural, identificação dos benefícios e custos, bem como a definição dos indicadores utilizados para aferir ou não a viabilidade do investimento, levando em consideração o ponto de vista do investidor privado.

### **2.1 Análises de demanda e oferta de projetos de eletrificação rural**

A eletricidade é definida pela quantidade de energia necessária para satisfazer as necessidades de uma localidade. Esse montante é obtido a partir da projeção da situação atual e das potencialidades de desenvolvimento do projeto tornando possível sua oferta.

Os projetos de eletrificação rural contemplam o abastecimento de energia elétrica para os setores residenciais, público e para os sistemas produtivos que podem ser executados mediante várias formas como a conexão à rede de distribuição elétrica ou por meio de sistema de autogeração fotovoltaica, eólica e até mesmo hidráulica (ORTEGON, 2005).

Em princípio, pode-se estimar a demanda com base no consumo correspondente as localidades rurais. Entretanto, o consumo deve ser mensurado de acordo com a situação da localidade específica. A demanda máxima de energia pode ser obtida a partir da potência instalada ponderada pelos respectivos fatores de demanda, levando em consideração também todas as perdas por transmissão e distribuição.

Para uma demanda residencial de um projeto de eletrificação rural, esta corresponde à soma dos consumos individuais da totalidade das casas da localidade, considerando-se uma taxa de crescimento do consumo, além da taxa de crescimento vegetativo, que é a diferença entre os nascimentos e mortes, geralmente expressos pela taxa de crescimento natural, calculada subtraindo-se a taxa de natalidade pela taxa de mortalidade. Para determinação do cálculo da demanda necessita-se que habitação de uma localidade rural possua eletricidade e esteja em funcionamento (CHILE, 2013).

Em relação à demanda de energia para as atividades produtivas, o consumo de energia adicional deve ser estimado. Obtem-se a exigência desses usuários a partir do consumo correspondente em localidades eletrificadas sem racionamento e com consumo



estabilizado. Esse montante será expresso como porcentagem adicional do consumo de energia residencial.

Portanto, para o atendimento das demandas em projetos de eletrificação rural com o intuito de promover sua eficiência, torna-se necessário o estudo detalhado destas demandas, para que sua utilização seja eficaz e que possa beneficiar a comunidade onde o projeto será implantado, garantindo também a sustentabilidade da geração, distribuição e adequado nível da oferta durante os anos. A demanda projetada no horizonte de tempo deve estar estritamente relacionada à disponibilidade do sistema instalado (CHILE, 2006).

Em relação à oferta, esta pode ser proveniente dos mais variados sistemas por meio da rede convencional ou por sistema de autogeração como fotovoltaico, eólico, biomassa, dentre outros.

Segundo Giesecke (2011), na maioria dos casos, a análise da oferta começa com a determinação do potencial energético da zona em que será inserido o projeto. Esta pode ser calculada conforme a disponibilidade do sistema a ser instalado.

Posto isso, se otimiza a capacidade da oferta existente do projeto, a fim de determinar qual é a tecnologia ideal para o suprimento de energia, como forma de melhor uso dos recursos disponíveis e efetivamente utilizados, devendo-se avaliar o grau de cobertura da demanda projetada no horizonte de avaliação, em conformidade com a oferta.

Logo, escolhida a alternativa tecnológica para o suprimento energético da localidade rural, selecionam-se a rede de extensão que deverá incluir no mínimo a distribuição e a sustentação do dimensionamento da alternativa escolhida.

## **2.2 Identificação dos benefícios e custos de projetos de eletrificação**

Em termos gerais, os benefícios dos projetos de eletrificação rural, correspondem à maior disponibilidade de energia e a inserção de outras energias substitutivas para o suprimento de eletricidade das comunidades rurais. Por sua vez, os custos provêm da maior quantidade de recursos usados pelo projeto na geração, transmissão e distribuição de energia elétrica (CHILE, 2006). Em ambos os casos, benefícios e custos devem ser considerados, pois afetam todos os setores onde o projeto tem influência, seja ele, residencial, setor público e/ou comercial.

Os benefícios do projeto de eletrificação rural são estimados de forma semelhante aos benefícios residenciais, considerando um aumento percentual no consumo residencial

devido aos usos produtivos. Os benefícios podem ser analisados por meio de duas formas, sociais e privados (CHILE, 2006).

Os benefícios sociais gerados pelos projetos de eletrificação rural correspondem à maior quantidade de energia ofertada ao menor custo de aquisição para as pessoas, possibilitando o aumento de seu bem-estar. Outro benefício atribuível a esses tipos de projetos é a possibilidade da execução desses projetos propiciar a redução do consumo de uso de fontes secundárias de suprimento energético, tais como de velas, parafinas, baterias e gás natural. O projeto também contribui com a redução do tempo associado à compra destes produtos, tornando-se vantajoso para o País dado que não precisará alocar tantos recursos para a fabricação destes bens (GIESECKE, 2011).

Os benefícios privados gerados pelos projetos de eletrificação rural, correspondem à projetos convencionais de extensão da rede elétrica, em que a renda pode se decompor em fixa e variável, ambas são reguladas e incorporadas ao sistema tarifário.

A avaliação de projetos de eletrificação rural deve identificar também os custos envolvidos, sejam sociais ou privados. Para estimar os custos totais do projeto, deve-se calcular o investimento, bem como os custos de operação e manutenção distinguindo os componentes não negociáveis dos bens comercializáveis, quando aplicáveis aos projetos provedores de eletricidade nas áreas rurais (ORTEGÓN, 2005).

Os custos privados em projetos de eletrificação rural referem-se aos desembolsos que devem ser feitos pelas empresas ou cooperativas que irão disponibilizar o fornecimento de eletricidade. Nestes custos encontram-se investimentos, assim como os custos operação, manutenção e administração do sistema.

Os custos operacionais e de manutenção são aqueles determinados a partir do momento em que o sistema entra em operação, de acordo com os preços de mercado que se encontram também inclusos nos sistemas de autogeração. Os custos incorridos pela empresa ao operar o sistema devem ser também incluídos, como operar o sistema, realizar a leitura de consumo, emitir bilhetes de cobranças, dentre outros.

### **2.3 Análise privada de projetos de eletrificação rural**

A avaliação de um projeto de fornecimento de energia elétrica para áreas rurais envolve um processo sistêmico destinado a comparar os impactos relativos as diferentes opções tecnológicas orientadas para satisfazer uma determinada necessidade energética.

Portanto, os projetos de eletrificação rural são destinados a satisfazer o consumo residencial, iluminação pública, atividades produtivas e entidades do serviço público.

Dentro desta linha, a análise deve considerar os impactos do projeto, desde a fabricação, instalação e operação, em conjunto com os objetivos definidos pela comunidade nacional ou local relacionados às diferentes dimensões de seu desenvolvimento, até a economia, meio ambiente, nível tecnológico, preservação e desenvolvimento cultural (CHILE, 2013).

No caso de projetos de extensão da rede convencional de eletricidade cuja meta é eletrificar pequenas localidades, em muitos casos, torna-se necessário realizar um estudo de perfil das comunidades rurais. No caso de projetos de eletrificação por meio de sistemas de autogeração como são os casos dos sistemas fotovoltaico e eólico, como há muita incerteza em suas variáveis, torna-se necessário um estudo de viabilidade que inclua os elementos de engenharia detalhadamente, a fim de reduzir as incertezas quanto aos custos de investimento, energia fornecida, custos de operação e sustentabilidade do projeto ao longo do tempo. (UGÁS, 2007).

A análise de investimentos é dita como uma abordagem sistêmica que possibilita a avaliação financeira, econômica e social de ativos de longo prazo. Para tanto, necessita-se levar em consideração algumas abordagens de como elaborar e avaliar os mais diversos tipos de projetos (SALES, 2015).

Neste contexto, a avaliação financeira de projetos tem como objetivo atingir e apreciar a capacidade do projeto para cumprir os compromissos assumidos por seu financiamento e remuneração do capital próprio do investidor. Assim, a avaliação privada tenta quantificar o retorno sobre o capital próprio que é complementado externamente pelos fundos fornecidos por meio de créditos de fornecedores. Portanto, a análise baseia-se no fluxo de fundos (positivo e negativo), para certo esquema de financiamento e operação do projeto (AGUILERA, 2011).

Neste contexto, o processo de avaliação engloba a seguintes etapas: identificação, medição e valorização dos custos e benefícios dos diferentes e múltiplos projetos para atingir os objetivos propostos e estabelecer qual deles é mais conveniente para execução (FONTAINE, 2008).

A escolha da solução tecnicamente viável contribui para a determinação do projeto que possibilita maiores benefícios, podendo ser avaliados por meio de cinco enfoques: avaliação privada, econômica e social, análise de sensibilidade, análise de sustentabilidade, análise e comparação das alternativas (GASANZ, 2011).

Para a determinação do método de avaliação financeira torna-se necessária a construção de um fluxo de caixa que possibilite mensurar os indicadores de rentabilidade. Nesse fluxo devem constar as entradas, que são as receitas ou benefícios do projeto, e as saídas, que são os desembolsos com os investimentos e custos operacionais registrados durante o horizonte de planejamento do projeto.

Os projetos podem também assumir duas formas de avaliação com financiamento e sem financiamento. Na primeira, o investidor recorre a financiamento de terceiros, enquanto que nesta última o investidor utiliza somente recursos próprios para a execução do projeto.

Conforme Ugás (2007), o horizonte de avaliação do projeto é uma etapa relevante, pois determina a base temporária em que serão projetadas as necessidades da oferta e da demanda, investimento de cada alternativa sendo o horizonte definido pela vida útil do projeto. Todavia, os analistas devem considerar que os projetos a serem avaliados devem ter o mesmo horizonte de tempo.

Sugere-se utilizar horizonte de planejamento de 10 anos para projetos de eletrificação de tecnologias de autogeração. Dentre os projetos de autogeração encontram-se o de geração de energia mediante painéis solares, geração de energia por meio de geradores a diesel, geração de energia mediante turbinas eólicas (vento) e de geração de energia híbrida mediante as combinações anteriores (UGÁS, 2007).

Outro ponto a considerar no fluxo de caixa, são os valores residuais dos itens de investimentos das tecnologias que compõem o projeto, de acordo com sua vida útil, para os projetos de extensão da rede, os micro e mini centrais hidroelétricas.

Para os projetos que possuem um ativo de inversão elevado como no caso das placas solares, a vida econômica do projeto não se limita pela obsolescência da vida útil técnica do principal gasto de inversão que se prolonga por 25 anos. Deve-se levar em consideração a alternativa da atualização das taxas de descontos aplicadas no custo de oportunidade do capital, dado que as taxas de descontos permitirão a rentabilidade do investimento.

Os custos inseridos no fluxo de caixa de projetos de eletrificação são aqueles concernentes a investimentos em ativos, tangíveis e intangíveis, os custos tangíveis correspondem aos custos de compra de energia e de fornecimento que incluem os custos de operação, manutenção e administração. Os custos de ativos intangíveis estão relacionados a assistência técnica, gastos com organização, capacitação, treinamento, tramitação de patentes e licenças, que são decorrentes dos cálculos da engenharia do projeto.

Existem também os custos com compra da energia para os projetos de eletrificação que envolvem extensão de rede, assim como compra de combustíveis para a geração da energia (diesel, gás natural, etc). Todavia, para projetos de energias renováveis dos tipos fotovoltaicos e eólicos estes gastos não se justificam e são considerados zero (GASANZ, 2011).

Em relação aos custos de operação e manutenção, leva-se em conta a inversão marginal para a operação e manutenção do sistema de eletrificação que implica na compra de insumos e também na inclusão da mão de obra, devendo ser avaliados a preços de mercado.

Para Campos e Campos (2014), os custos compreendem dispêndios com investimentos em ativos de longo prazo com reposição de capital fixo ou reinvestimentos e, por último, com os custos operacionais (os insumos e serviços necessários para executar o projeto). Porém, os benefícios gerados pelo projeto são medidos em unidades monetárias no fluxo anual e contribui para obtenção dos objetivos almejados.

Os projetos de eletrificação rural apoiados por tecnologias de autogestão devem incluir dentro de sua proposta uma estrutura de administração e troca de benefícios que possibilite beneficiar a comunidade onde é implantada.

Como forma de determinar a rentabilidade de um projeto, deve-se obter a alternativa mais atrativa, relacionando-a com o custo de oportunidade do capital, ou seja, os indicadores mensurados por meio desta óptica devem ser associados ao custo de oportunidade do capital. A taxa de desconto, que deverá ser expressa como a melhor rentabilidade alternativa dos investimentos, deve refletir as projeções de risco do empreendimento.

Após a elaboração de fluxos anuais de custos e benefícios, os respectivos indicadores de rentabilidade podem ser calculados: Relação Benefício-Custo (B/C), Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Prazo de Retorno do Investimento (*Payback*). Define-se da seguinte forma:

a) Relação Benefício-Custo (B/C): é definido como o quociente entre as somas anuais dos valores dos benefícios pelos custos anuais ambos atualizados por uma determinada taxa de desconto. É matematicamente expressa da seguinte forma:

$$\frac{B}{C} = [\sum_{i=0}^n R_i / (1+r)^i] / [\sum_{i=0}^n C_i / (1+r)^i] \quad (1)$$

em que:

$B/C$  = Relação Benefício Custo;

$R_i$  = Benefícios no  $i$ -ésimo ano;

$C_i$  = Custos mais investimentos no  $i$ -ésimo ano;

$r$  = taxa real de desconto por ano;

$i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$  (anos).

Um projeto é considerado viável a partir deste indicador quando, sendo que os fluxos de caixas devem ser atualizados a uma taxa de desconto ( $r$ ) superior ao custo de oportunidade do capital, esta relação for maior do que um.

A inviabilidade do projeto ocorre quando a relação  $B/C$  for menor do que um, este indicador também possibilita verificar se os benefícios superam os custos, e se para cada real de custo o projeto possibilita um retorno bruto em termos de unidade monetária investida.

A regra diz que o investimento deve ser feito somente se os benefícios forem superiores aos custos, em relação aos valores atuais dos benefícios e os custos. Portanto, é uma regra dita como correta para se decidir se a melhor solução é realizar ou não o investimento (FONTAINE, 2008).

b) Valor Presente Líquido (VPL): é definido como a diferença atualizada entre os benefícios e os custos operacionais e inversões do projeto. Este indicador significa que ao se efetuar uma inversão espera-se receber, ao longo de sua vida útil, um valor igual à soma investida mais um valor adicional (resíduo). Matematicamente, o Valor Presente Líquido é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{i=0}^n (R_i - C_i) / (1 + r)^i = \sum_{i=0}^n R_i / (1 + r)^i - \sum_{i=0}^n C_i / (1 + r)^i \quad (2)$$

em que:

$VPL$  = Valor Presente Líquido;

$R_i$  = Benefícios no  $i$ -ésimo ano;

$C_i$  = Custos mais investimentos no  $i$ -ésimo ano;

$r$  = Taxa de desconto real no ano;

$i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$  (anos).

Uma característica relevante a respeito deste indicador é que ele seja maior do que zero, atualizado a uma taxa de desconto maior ou igual ao custo de oportunidade do capital.

Sendo que o projeto é considerado inexecutável se o VPL for menor que zero, e impassível de aceitar ou não sua execução se este indicador for igual a zero (SALES, 2015).

O Valor Presente Líquido também apresenta medida de análise superior a razão B/C e a Taxa Interna de Retorno (TIR) e juntamente com o indicador de relação B/C é função decrescente da taxa de desconto utilizada. Além disso, pode ser considerada uma medida acumulada, sendo superior a melhor alternativa de investimento que se apresenta ao investidor.

Um investimento é lucrativo somente se o valor atual do fluxo de renda for maior do que o valor atual do fluxo de custos, quando estes são atualizados fazendo uso da taxa de juros relevantes para o investidor (FONTAINE, 2008).

c) Taxa Interna de Retorno ( $TIR=r$ ): é a taxa de juros que torna o valor do fluxo dos benefícios líquidos igual a zero (FONTAINE, 2008). Pode-se, então, auferir que é a taxa de desconto que expressa a rentabilidade do capital do projeto durante todo o horizonte de tempo. Matematicamente é determinada por meio da seguinte fórmula:

$$TIR = r^* \text{ tal que, } \sum_{i=0}^n (R_i - C_i)/(1 + r^*)^i = 0 \quad (3)$$

em que:

$TIR$  = Taxa Interna de Retorno;

$R_i$  = Benefícios no  $i$ -ésimo ano;

$C_i$  = Custos mais investimentos no  $i$ -ésimo ano;

$r$  = taxa de desconto;

$i = 0, 1, 2, \dots$  (anos).

Algumas considerações podem ser levadas em conta se a  $TIR > r$  o projeto é considerado viável, caso contrário, se a  $TIR < r$ , o projeto é considerado inviável para sua execução.

É conveniente fazer o investimento quando a taxa de juros for menor do que a taxa interna de retorno, ou seja, quando o capital em investimentos alternativos “render menos” do que o capital investido no projeto. (FONTAINE, 2008).

A TIR apresenta a desvantagem quando os projetos têm comportamentos irregulares em seus fluxos, apresentando fluxos líquidos com duas ou mais mudanças de sinais. Neste caso, ocorre mais de uma TIR, isto é, matematicamente haveria múltiplas soluções (AGUILERA, 2011).

d) Prazo de Retorno do Investimento (*Payback* Atualizado): é uma das técnicas de análise de investimentos, necessária para recuperar o capital inicialmente investido sendo encontrado quando o fluxo de caixa passa do negativo para o positivo. Este método considera o valor do dinheiro no tempo.

$$PBE = K, \text{ tal que } \sum_{i=0}^k FIi / (1 + r)^i \geq 0 \text{ e } \sum_{i=0}^{k-1} FIi / (1 + r)^i < 0 \quad (4)$$

em que:

$FIi$  = Fluxo de caixa de cada período  $i$ ;

$r$  = Taxa de desconto real ao ano;

$i = 0, 1, 2, \dots, n$  (anos).

Segundo Assaf Neto e Lima (2009), a principal vantagem deste indicador de rentabilidade privada financeira e que leva em conta o tempo de investimento, permitindo calcular o número de períodos ou quanto tempo o investidor irá necessitar para recuperar o investimento realizado.



### 3 METODOLOGIA

Essa seção divide-se em três subseções que abordam a área geográfica de estudo, natureza e fonte dos dados e, por fim, o método de análise. Nesta foram coletadas informações específicas dos sistemas de energia fotovoltaica e eólica. Os dados secundários foram obtidos junto a diversos órgãos do governo Estadual e Federal. No método de análise apresenta-se como foram calculados as receitas/benefícios e custos financeiros para cada um dos sistemas energéticos presente neste estudo.

#### 3.1 Área geográfica de estudo

O clima predominante no estado do Ceará é o tropical quente semiárido, abrangendo 53% das sedes municipais. Esse tipo climático possui características de escassez e irregularidade pluviométrica associada a altas taxas de evapotranspiração; possui também grande incidência solar e ventos constantes, bem direcionados com alto índice de aproveitamento e bem distribuídos na área geográfica (IPECE, 2016).

O conhecimento preciso da radiação solar incidente é de grande importância para o planejamento energético do Estado do Ceará. Segundo o Instituto Nacional de Meteorologia (2015), a insolação total (hora/dias) é de 1.309 h/d, com a média dos últimos dez anos de incidência solar de 2.740,16 h/d.

O mapeamento da radiação solar incidente na região é relevante, pois permite que projetos de instalação de plantas fotovoltaicas e de aproveitamento de energia solar pelas mais diversas tecnologias possam ser realizados numa base sólida, visando a redução dos riscos econômicos e estratégicos para as iniciativas privadas e públicas.

Neste cenário, o Ceará descobriu essa vocação no final da década de 1990 e tornou-se pioneiro no estímulo à geração de energia eólica no Brasil. O Estado do Ceará dispõe de 80 GW de potencial eólico acumulado em velocidades superiores a 7,0 m/s (SETOR ELÉTRICO, 2017).

Em razão dos baixos índices de pluviosidade no Estado, a energia convencional geradas pelas usinas hidrelétricas vem se tornando cada vez mais onerosa, principalmente, para os agricultores. As novas tecnologias contribuem para amenizar esta situação, possibilitadas pelas características climáticas propícias ao desenvolvimento do setor energético renovável do Estado, sendo utilizadas para o atendimento da população rural.

Por meio da iniciativa pública da Secretaria do Desenvolvimento Agrário (SDA) e do Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF), no estado do Ceará foram implantadas pequenas usinas de geração de energia fotovoltaica e eólica para o suprimento da Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial do Município de Quixeré (COOPAFAQ), na comunidade de Barreirinhas, no Município de Irauçuba na comunidade Saco do Vento) e no Município de Maranguape (comunidade Ladeira Grande), na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar (COPERFAM CEARÁ).

O Município de Maranguape está situado a 28 km da capital cearense, com latitude 3° 53' 27'' e longitude 34° 41' 08''. Em 2010, 24% da população residia na zona rural, sendo a população estimada para o ano de 2017 equivalentes a 126.486 habitantes. Apresenta clima tropical quente úmido, sendo a principal forma de suprimento de energia elétrica a convencional. A classe composta pelos consumidores rurais perfazem 24.888 habitantes e consomem 13.687 MWH de energia (IPECE, 2016).

O Município de Irauçuba tem como posição geográfica a região o Norte do estado do Ceará, apresenta 1.461, 3 km de extensão territorial e está distante da capital a 146 km. É um município que possui 35,75% da sua população residindo na zona rural e mais da metade dos habitantes na área urbana, perfazendo 64,25% no ano de 2010. Apresenta clima tropical quente semiárido. A maioria dos domicílios particulares possui energia elétrica perfazendo 98, 94%. (IPECE, 2016).

O Município de Quixeré está situado na região Leste do estado do Ceará, apresenta clima tropical quente semiárido, a pluviosidade é de 857 (mm). A população está distribuída da seguinte forma 61,46% da população residem na zona urbana 38 54% na área rural. A taxa de crescimento da população rural em 2010 foi de 0,66%, sendo a principal fonte de abastecimento de energia a convencional, cujo total de consumidores rurais perfizeram 4.153 (IPECE, 2016).

### **3.2 Natureza e fonte de dados**

Os dados utilizados no presente trabalho são de natureza primária e secundária. Os dados de natureza primária foram coletados por meio de uma pesquisa de campo com entrevistas e aplicações de 28 questionários com produtores residentes nas comunidades rurais dos respectivos municípios do estado do Ceará.

No Quadro 1 encontram-se os dados primários relativos as respectivas variáveis utilizadas nos resultados deste estudo.

Quadro 1 – Variáveis e fonte de dados.

Variáveis coletadas	Variáveis calculadas	Fonte de dados
Preço do kWh de energia dos sistemas	Receitas	FEDAF/ENEL
Quantidade de placas	Custos operacionais	FEDAF/SDA
Valor da turbina eólica	Custos operacionais	FEDAF/SDA
Financiamento e juros	Crédito de Investimentos	FEDAF/ SDA

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

O valor dos investimentos aplicados no sistema fotovoltaico doméstico do Assentamento Saco do Vento em Irauçuba corresponde a R\$ 10.373,39, na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar perfazem R\$ 118.962,97 e, por fim, o capital investido para implantação do sistema eólico na Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (COOPAFAQ) perfaz R\$ 102.208,35.

Cada informação sobre estas ações foi fornecida pelo Fundo Estadual de Desenvolvimento Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA). Todos os valores monetários utilizados foram coletados durante o ano de 2017, expressos em (R\$) e atualizados por meio do Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M), da Fundação Getúlio Vargas, para o período de julho de 2017.

Os dados de natureza secundária foram obtidos junto a diversos órgãos do Governo Estadual e Federal (ADECE, SDA, IPECE, ANEEL, ENEL) e referem-se a valores das quantidades produzidas de energias, oferta e demanda, em kWh/ano, e a tarifa de energia para cada 100 kWh consumidos cobrada pelas concessionárias distribuidoras de energia elétrica.

### 3.3 Método de análise

A análise de um projeto de fornecimento de eletricidade rural envolve as tecnologias destinadas a satisfazer as necessidades de energia em determinada localidade, englobando sua instalação e operação. Isto pressupõe a existência de critérios de avaliação destinados a analisar a adequação dos objetivos específicos conforme delineados.

Um projeto de fornecimento de energia pode multiplicar o impacto no desenvolvimento de pessoas com o aproveitamento ao máximo da riqueza de conhecimento,

já presente na comunidade rural e tornando-se um catalisador para o fortalecimento da organização de seus habitantes e de todos os novos projetos de desenvolvimento que possam surgir impulsionados por essa iniciativa (CHILE, 2013).

Outro ponto a considerar sobre este método de avaliação corresponde à vida econômica do projeto a qual define o seu horizonte de tempo de avaliação. Neste contexto, o horizonte de planejamento de avaliação de projetos de eletrificação rural pode ser considerado por períodos mais longos dependendo dos devidos suportes técnicos. Para os projetos de energia da rede convencional a literatura recomenda-se um horizonte de avaliação de 30 anos. Entretanto, para fins de avaliação dos projetos de autogeração como é o caso dos projetos fotovoltaicos e eólico, pode-se considerar um horizonte de 10 anos (GIESECKE, 2011).

Após a determinação do horizonte de planejamento do projeto, elaborou-se o fluxo de caixa considerando a formação de entrada composta pelas receitas, créditos (investimentos e custeio) e os desinvestimentos, e as saídas compostas pelas inversões e reinversões, custos operacionais e serviço da dívida.

Para projetos de autogeração baseados em micro usinas solar, eólica, diesel ou híbrido (combinação das anteriores), a taxa de desconto privada utilizada é de 8% ao ano com base nos trabalhos desenvolvidos por Ugás (2007), Ministerio de Desarrollo Social do Chile (2013) e Giesecke (2011). Foram também utilizadas diferentes taxas de atratividade para a avaliação financeira: 6%, 8%, 10% e 12% ao ano para simular diferentes alternativas de investimentos.

#### a) Valoração dos Benefícios

O fluxo de receitas foi estimado em conformidade com a quantidade de energia gerada anualmente em (kWh) para cada uma das ações dos sistemas, com o preço do kWh cobrado por cada sistema e o consumo efetivo de cada comunidade visitada (CHILE, 2013).

Assim, os benefícios foram calculados considerando o funcionamento de sistemas de energia fotovoltaica (para uso doméstico e na atividade agrícola) nas comunidades do Assentamento Rural do Saco do Vento e na cooperativa rural (COOPERFAM CEARÁ) e o sistema eólico (para uso na atividade agrícola), no sítio Barreirinhas na cooperativa rural (COOPERFAQ). Matematicamente mensurou-se os benefícios da seguinte forma:

$$VB = \sum_{i=1}^n P_{Fl} \cdot Q_i \quad (5)$$

em que:

$VB$  = Valor de benefícios gerados de cada sistema;

$P_{FI}$  = Preço financeiro ou de mercado do kWh cobrado por cada sistema i;

$Q_i$  = Quantidade ofertada de energia por cada sistema i, anualmente, em kWh.

A oferta prevista no estudo de viabilidade será determinada de acordo com as sugestões e contribuições das comunidades pesquisadas. Os projetos de eletrificação rural devem considerar a geração de energia disponível as comunidades, portanto o sistema tem que se adaptar aos usuários e, em menor grau, os usuários devem se adaptar ao que os sistemas podem oferecer. (GASANZ, 2011).

#### b) Valoração dos custos

Para valoração dos custos operacionais representativos de todas as despesas ao longo do funcionamento do projeto foram identificados, quantificados e valorados os seguintes itens: matéria-prima, insumos, mão de obra, aluguel, arrendamento, assim como os custos de operação e manutenção de cada sistema. Os custos financeiros para cada ano do horizonte de planejamento do projeto, em R\$/ano foram determinados da seguinte forma:

$$VC = \sum_{j=1}^n P_{fj} \cdot S_j \quad (6)$$

em que:

$VC$  = Valor dos custos de cada sistema;

$P_{fj}$  = preço financeiro dos insumos j utilizados em cada sistema;

$S_j$  = Quantidade utilizada do insumo j em cada sistema.

Por meio dos fluxos de benefícios e de custos torna-se possível calcular os seguintes indicadores do projeto: valor presente líquido, relação benefício-custo, taxa interna de retorno e o *payback* atualizado.

Como forma de incluir o valor do fator de risco aos resultados prognosticados no investimento, realizou-se uma análise de sensibilidade que possibilita mensurar o quanto é sensível a avaliação realizada para variações em um ou mais parâmetros decisórios.

Este estudo tem como objetivo verificar o grau de sensibilidade dos resultados obtidos quanto a fatores exógenos, como variações nos preços dos painéis solares e na mina turbina eólica, como nos seus componentes e também na taxa de juros. A relevância da análise de sensibilidade se manifesta pelo fato de que os valores das variáveis que foram utilizadas para executar a avaliação do projeto podem apresentar desvios com efeitos consideráveis na medição de seus resultados. (CAMPOS, 2010).

Neste trabalho, foram consideradas para fins de análise de sensibilidade para a taxa de juros de 8% ao ano as seguintes simulações: a) receitas e custos normais; b) redução de 5% nas receitas e custos normais; c) receita normal e aumento de 5% dos custos; d) redução de 10% nas receitas e custos normais; e) receita normal e aumento de 10% nos custos.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados estão distribuídos conforme o suplemento energético das comunidades rurais no estado.

### 4.1 Avaliação Financeira de implantação do sistema fotovoltaico na comunidade do assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba - Ceará

O levantamento do investimento total para implantação do projeto de geração de energia aos agricultores familiares segue o beneficiamento da tarifa rural. É composto pelo orçamento do sistema e por um kit de bombeamento de água para o consumo doméstico e utilização na agricultura irrigada.

Observa-se pela Tabela 16 que o referido sistema é composto por um conjunto de equipamentos constituindo-se por sete painéis solares de silício policristalino de 127,5 wp ligados em paralelo, um inversor semisenoidal de 1000W 12 Vcc-220 Vca, uma bateria estacionária Freedom 115 12 V, uma bomba submersa alemã, cabos de energia, cabos de corrente contínua e alternada e cinco lâmpadas led de 3 W, dentre outros itens.

Tabela 16 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação de um sistema de energia fotovoltaica no Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017.

1. RECEITAS OPERACIONAIS DOS SISTEMAS	Valor anual (R\$)			
Receitas operacionais (R\$) (Ano 1- 10)	9.792,00			
<b>Total</b>	<b>9.729,00</b>			
2. INVESTIMENTOS	Vida Útil (anos)	Valor Unitário (R\$)	Quant.	Valor total (R\$)
Placas policristalinas de 250Wp	25	923,28	7	6.462,96
Bateria estacionária Freedom 115AH-12v	5	400,00	1	400,00
Inversor senoidal 1000W 12Vcc/220 Vac	10	549,57	1	549,57
Gabinete	5	300,00	1	300,00
Lâmpadas tubo led	5	5,00	5	25,00
Dispositivos de proteção	6	80,00	1	80,00
Mão de obra qualificada	0	0,00	1	900,00
Transporte	0	0,00	0	700,86
Bomba submersa alemã	3	800,00	1	800,00
Cabo de corrente continua	10	15,00	5	75,00
Cabo de corrente alternada	10	16,00	5	80,00
<b>Total</b>	-	-	-	<b>10.373,39</b>
3. CUSTOS OPERACIONAIS	Valor unitário (R\$)			
Transporte	159,69			

(continua)

(conclusão)

Tabela 16 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação de um sistema de energia fotovoltaica no Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017.

<b>3. CUSTOS OPERACIONAIS</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>
Mão de obra	205,12
Outros custos operacionais (troca de equipamentos)	2.001,08
<b>Total</b>	<b>2.365,89</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

A tecnologia é consolidada e modular, de acordo com as necessidades dos beneficiários, com garantia dos fabricantes e operação muito simples. Uma falha em um sistema não afeta o restante, o que garante alta disponibilidade do serviço elétrico. Não existem peças móveis, nem sistemas de regulação ou distribuição complexos, em que sua manutenção técnica é simples e econômica.

Dessa forma, o sistema solar possibilita a utilização de geração própria de energia durante o dia e a sobra armazenada a noite por meio de bateria que é utilizada no período noturno. Embora, trate de um sistema *off grid*<sup>1</sup> acaba se tornando híbrido, pois no período noturno a bateria é acionada para autossuficiência.

Neste contexto, a receita é obtida considerando a base de informações disponibilizadas pela empresa Consultoria, Planejamento e Sistemas (CONPSYS) e pelo Fundo de Desenvolvimento Estadual da Agricultura Familiar (FEDAF), determinada da seguinte maneira: 225kWh gerados pelo sistema solar foi multiplicado por 8 horas (que corresponde a quantidade de irradiação diária) por 12 meses (ano) e por último pela tarifa de R\$ 0,40/kWh. Portanto, o valor da receita foi de R\$ 9.792,00 representando a economia anual gerada pelo sistema.

Os investimentos iniciais para implantação do sistema foram realizados coletivamente e rateados entre as dez famílias que residem na comunidade. O custo médio de implantação do sistema fotovoltaico é de R\$ 10.373,39 em termos financeiros a preços de mercado de julho de 2017. Foram obtidos créditos de investimento para aquisição do capital fixo cujo financiamento concedeu carência de dois anos e juros a serem pagos a partir do primeiro ano.

Os custos de operação e manutenção incluem transporte, mão de obra técnica especializada, bem como pequenas peças de reposição necessárias, inversores e bateria, representando, em média, R\$ 2.365,89/ano.

<sup>1</sup> São sistemas isolados da rede de energia ou autônomos.



Outro fator a considerar é o fato de a empresa responsável pela implantação do sistema disponibilizar assistência técnica pelo período de três anos de maneira gratuita para os beneficiários. Portanto, nos primeiros anos da implantação do sistema, não há custos de manutenção do sistema para os beneficiários. Em relação ao principal ativo que compõe o sistema, as placas fotovoltaicas, as próprias famílias realizam a manutenção.

Analisou-se a produção potencial de energia elétrica do sistema fotovoltaico instalado, o qual é constituído por um conjunto de módulos fotovoltaicos e um conjunto de elementos que adaptam a energia elétrica produzida pelo gerador. Como a comunidade não era eletrificada até a implantação do sistema fotovoltaico, a oferta de energia potencial é calculada a partir do consumo atual.

Diante dos custos (investimentos, manutenção e operação) e das receitas auferidas com o investimento na implantação de um sistema solar no ano de 2017, foi elaborada a demonstração do fluxo de caixa para um horizonte de planejamento de 10 anos (Tabela 17).

Tabela 17 – Demonstração do Fluxo de caixa financeiro - Sistema fotovoltaico do Assentamento Saco do Vento Irauçuba-CE.

Especificações	Anos de Projeto											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>I - TOTAL ENTRADAS (1+2+3)</b>	<b>20.165,39</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.792,00</b>	<b>14.229,78</b>
1. Receita do Projeto	9.792,00	9.792,00	9.792,00	9.792,00	9.792,00	9.792,00	9.792,00	9.792,00	9.792,00	9.792,00	9.792,00	9.792,00
2. Créditos (2.1+2.2):	10.373,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. C. de investimento	10.373,39											
2.2. C. de custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.437,78
<b>II – TOTAL DE SAÍDAS (4+5+6+7)</b>	<b>10.373,39</b>	<b>51,87</b>	<b>51,87</b>	<b>4.699,67</b>	<b>3.892,26</b>	<b>4.609,85</b>	<b>4.757,44</b>	<b>3.870,03</b>	<b>3.862,62</b>	<b>4.655,21</b>	<b>2.365,89</b>	
4. Investimento	10.373,39											
5. Reinvestimento	0,00	0,00	0,00	800,00	0,00	725,00	880,00	0,00	0,00	800,00	0,00	
6. Custos Operacionais	0,00	0,00	0,00	2.365,89	2.365,89	2.365,89	2.365,89	2.365,89	2.365,89	2.365,89	2.365,89	2.365,89
7. Serviço da Dívida(7.1+7.2)	0,00	51,87	51,87	1.533,78	1.526,37	1.518,96	1.511,55	1.504,14	1.496,73	1.489,32	0,00	
7.1. Investimento (a + b)	0,00	51,87	51,87	1.533,78	1.526,37	1.518,96	1.511,55	1.504,14	1.496,73	1.489,32	0,00	
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	1.481,91	1.481,91	1.481,91	1.481,91	1.481,91	1.481,91	1.481,91	0,00	
b) Juros	0,00	51,87	51,87	51,87	44,46	37,05	29,64	22,23	14,82	7,41	0,00	
7.2. Custeio (c + d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
c) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
d) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
<b>III – BENEFL. LÍQUIDO (I -II)</b>	<b>9.792,00</b>	<b>9.740,13</b>	<b>9.740,13</b>	<b>5.092,33</b>	<b>5.899,74</b>	<b>5.182,15</b>	<b>5.034,56</b>	<b>5.921,97</b>	<b>5.929,38</b>	<b>5.136,79</b>	<b>11.863,89</b>	

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Após a elaboração e análise da demonstração de fluxo de caixa, mensurou-se os indicadores financeiros (Tabela 18) por meio da simulação de diferentes taxas de desconto (6% a 12% ao ano), em que todos os indicadores apresentaram viabilidade financeira.

Tabela 18 – Avaliação financeira da implantação do sistema de energia solar no Assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017.

Taxa de Desconto (%)	Relação B/C (R\$)	VPL (R\$)	TIR (%)	PB (anos)
6	2,84	61.343,62	42,18	4,7
8	2,84	56.963,50		
10	2,84	53.169,04		
12	2,84	49.864,29		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

A relação benefício-custo é maior do que um para uma taxa de desconto de 8% ao ano, que representa o custo de oportunidade do capital. Neste contexto, tem-se que os benefícios superam os custos e que para cada um real de custo o projeto gera um retorno bruto de R\$ 2,84 ou retorno líquido de R\$ 1,84.

O valor presente líquido é maior do que zero, logo, o projeto é viável para a mesma taxa de desconto. O VPL foi de R\$ 56.963,50, indicando que todo o capital investido mais os custos operacionais foram recuperados e remunerados, no caso a 8% ao ano, gerando ainda uma sobra (líquida) de R\$ 56.963,50.

A taxa interna de retorno foi maior do que o custo de oportunidade do capital, logo, pelo critério de decisão, o projeto é considerado viável. O indicador mostra que todos os recursos investidos no projeto estão sendo remunerados em 42,18%, considerando todo o horizonte de planejamento. Já o *payback* descontado mostrou que o capital investido no projeto é recuperado em 4,7 anos em comparação a taxa de desconto utilizada como parâmetro.

A análise de sensibilidade tem como objetivo verificar a estabilidade do projeto a possíveis variações de receitas e custos que podem influenciar os resultados finais. Assim, pode-se avaliar, por exemplo, a influência de variações em determinado parâmetro como os preços dos equipamentos que compõem o kit solar sobre o resultado do projeto. Desta forma, várias simulações foram feitas para verificar a estabilidade (ou viabilidade) do projeto para uma taxa de desconto de 8% ao ano.

Na Tabela 19 identifica-se a viabilidade financeira do sistema para todas as simulações realizadas, mesmo quando se aumentam os custos em 10% e 20% e se reduzem as receitas em 10%.

Tabela 19 – Análise de sensibilidade do projeto, a taxa de desconto de 8% ao ano, de energia solar do Assentamento Rural do Saco do Vento - CE.

Discriminação	R <sub>b/c</sub> (R\$)	VPL (R\$)	TIR (%)
Receitas e custos normais	2,84	56.963,50	42,18
-5% de receita e custo normal	2,70	52.657,00	42,19
+5% de custo e receita normal	2,70	55.415,00	42,19
-10% de receita e custo normal	2,56	48.171,00	42,20
+ 10% de custo e receita normal	2,58	53.867,00	42,20
Receita normal e custo +20%	2,37	50.771,00	42,23
Receita -10% e custo +10%	2,32	45.075,00	42,23

Fonte: Elaboração própria, a partir de resultados da pesquisa (2017).

#### 4.2 Avaliação Financeira de implantação do sistema de energia fotovoltaica na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar, Maranguape - CE

A presente seção faz referência à instalação de um sistema de energia fotovoltaica na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar (COOPERFAM CEARÁ) no Município de Maranguape. O kit composto por 36 placas inversoras que geram 9 kWa por dia é direcionado para o suprimento energético da atividade comercial da cooperativa da agricultura familiar.

Trata-se de um sistema de energia fotovoltaica *on gride*<sup>2</sup> implantado em 2015 por meio da iniciativa pública da FEDAF da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA). O conjunto de equipamentos solares utilizados na cooperativa é composto por 36 placas solares de silício policristalino de 127,5 Wp ligados em paralelo, um inversor senoidal 12 Vcc-220 Vca, 1000 W, 2000W, string box e lâmpadas 80 led's de 3 W.

Atualizando os valores dos equipamentos assim como do orçamento para o ano de 2017 pelo IGP-M, os atuais valores dos equipamentos e a inversão estão especificados na Tabela 20.

O cálculo para a determinação da receita gerada pelo sistema da Cooperativa Agroecológica Familiar corresponde a soma total anual dos valores pagos pela utilização do sistema relacionados aos períodos Hora Ponta<sup>3</sup> e Fora Ponta<sup>4</sup> que totalizaram R\$ 95.891,59. Para o cálculo do consumo Hora Ponta e Fora Ponta multiplicou-se os consumos mensais

<sup>2</sup> São sistemas são conectados à rede elétrica.

<sup>3</sup> Refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas estabelecidas pela distribuidora levando em consideração a curva de carga de seu sistema elétrico, com aprovação da ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais.

<sup>4</sup> Refere-se ao período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares definidas no horário de ponta e intermediário (no caso da Tarifa Branca).

(kWh/mês) pelas tarifas de R\$1,79/kWh e R\$ 0,45/kWh, resultando em consumo total anual de R\$ 38.696,22/kWh e R\$ 57.195,37/kWh, respectivamente.

Tabela 20 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia fotovoltaica na COFERPAM, Maranguape - Ceará, 2017.

<b>1.RECEITAS OPERACIONAIS DO SISTEMA</b>					
	<b>Valor Anual (R\$)</b>				
Receitas operacionais (R\$) (Ano 1- 10)	95.891,59				
<b>Total</b>	<b>95.891,59</b>				
<b>2. INVESTIMENTOS</b>		<b>Vida Útil (anos)</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor Total (R\$)</b>
Placas policristalinas de 250Wp	25	1.036,80	36	37.324,80	
inversor senoidal 1000W 12Vcc/220 Vac	5	1.799,66	1	1.799,66	
Gabinete	5	805,66	1	805,66	
lâmpadas tubo led	5	40,00	50	2.000,00	
String box	5	14,50	80	1.160,00	
Cabo	10	734,60	1	734,66	
Mão de obra qualificada	0	16.041,55	4	64.166,20	
Transporte	0	10.971,99	1	10.971,99	
<b>Total</b>	-	-	-	<b>118.962,97</b>	
<b>3. CUSTOS OPERACIONAIS</b>		<b>Valor Unitário (R\$)</b>			
Outros custos operacionais (troca de equipamentos como string box)	1.200,00				
<b>Total</b>	<b>1.200,00</b>				

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Verifica-se o valor da inversão de R\$ 118.962,97 para instalação de um sistema de energia solar. Entretanto, os custos operacionais do referido sistema diferem quanto ao uso, frequência de manutenção, qualidade de operação e grau de problema que vão surgindo geralmente como a troca de equipamentos como o String Box.

Durante os três primeiros anos de funcionamento do sistema, a empresa executora garante a manutenção técnica do sistema. Todavia, cessado o prazo da prestação do serviço a manutenção durante os anos posteriores fica a cargo da própria cooperativa.

A propósito pode-se constatar que na comunidade pesquisada, como ainda não havia instalado o medidor bidirecional de energia, que realiza o controle da geração de eletricidade, ou seja, mede a entrada e saída de energia, não foi possível mensurar de maneira precisa a diferença entre o consumo de energia elétrica convencional e a fotovoltaica consumida.

Em síntese o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e a injetada por posto tarifário, devendo a distribuidora utilizar o excedente que não tenha sido compensado no ciclo de faturamento corrente para abater o consumo medido em meses subsequentes no prazo máximo de 36 meses.

Logo, a quantidade de energia ativa injetada no sistema de distribuição pela cooperativa seria cedida a título de empréstimo gratuito para a distribuidora, a qual possibilitaria a COFERPAM a obtenção de um crédito em quantidade de energia ativa.

Depois de mensuradas as entradas e saídas do projeto elaboraram-se o fluxo de caixa considerando a vida útil do referido sistema de 10 anos (TABELA 21).

Tabela 21 – Demonstração do fluxo de caixa financeiro - Sistema de energia fotovoltaica Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar, Maranguape – CE.

Especificações	Anos de Projeto											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>I - TOTAL ENTRADAS (1+2+3)</b>	<b>214.854,56</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.891,59</b>	<b>118.286,47</b>
1. Receita do Projeto	95.891,59	95.891,59	95.891,59	95.891,59	95.891,59	95.891,59	95.891,59	95.891,59	95.891,59	95.891,59	95.891,59	95.891,59
2. Créditos (2.1+2.2):	118.962,97	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. C. de investimento	118.962,97											
2.2. C. de custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22.394,88
<b>II – TOTAL DE SAÍDAS (4+5+6+7)</b>	<b>118.962,97</b>	<b>594,81</b>	<b>594,81</b>	<b>18.789,52</b>	<b>18.704,55</b>	<b>23.119,56</b>	<b>18.534,60</b>	<b>18.449,63</b>	<b>18.364,66</b>	<b>18.279,68</b>	<b>18.279,68</b>	<b>1.200,00</b>
4. Investimento	118.962,97											
5 - Reinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.499,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Custos Operacionais	0,00	0,00	0,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00	1.200,00
7. Serviço Dívida(7.1+7.2)	0,00	594,81	594,81	175.89,52	17.504,55	17.419,58	17.334,60	17.249,63	17.164,66	17.079,68	17.079,68	0,00
7.1. Investimento (a + b)	0,00	594,81	594,81	175.89,52	17.504,55	17.419,58	17.334,60	17.249,63	17.164,66	17.079,68	17.079,68	0,00
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	16.994,71	16.994,71	16.994,71	16.994,71	16.994,71	16.994,71	16.994,71	16.994,71	0,00
b) Juros	0,00	594,81	594,81	594,81	509,84	424,87	339,89	254,92	169,95	84,97	84,97	0,00
7.2. Custeio (c + d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
c) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>III – BENEFL. LÍQUIDO (I -II)</b>	<b>95.891,59</b>	<b>95.296,78</b>	<b>95.296,78</b>	<b>77.102,07</b>	<b>77.187,04</b>	<b>72.772,03</b>	<b>77.356,99</b>	<b>77.441,96</b>	<b>77.526,93</b>	<b>77.611,91</b>	<b>77.611,91</b>	<b>117.086,47</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Após a elaboração da demonstração de fluxo de caixa mensurou-se os indicadores financeiros para os investimentos feitos na Cooperativa da Agricultura Familiar do Ceará (COFERPAM), os quais podem ser visualizados na Tabela 22.

Tabela 22 – Avaliação financeira do sistema de energia fotovoltaica na COFERPAM-Ceará, 2017.

<b>Taxa de Desconto (%)</b>	<b>Relação B/C (R\$)</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>PBA (anos)</b>
6,00	4,31	716.860,39	39,73	4,9
8,00	4,21	662.178,29		
10,00	4,11	614.754,89		
12,00	4,01	537.394,73		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

A Tabela 22 mostra que os investimentos feitos no sistema fotovoltaico apresentaram viabilidade financeira segundo os indicadores analisados para diferentes taxas de desconto utilizadas. Observa-se que a relação benefício-custo foi maior do que um, assim para R\$ 1,00 de custo o projeto gerou um retorno bruto superior a R\$ 4,21.

Pelo critério de decisão do valor presente líquido, este resultou em um valor maior do que zero, logo o projeto é viável. Há criação de valor pois os fluxos foram atualizados a uma taxa de desconto maior ou igual ao custo de oportunidade do capital e resultaram em benefícios positivos.

O VPL positivo no valor de R\$ 662.178,29 indica que todo o capital investido mais os custos operacionais foram recuperados e remunerados à taxa de desconto de 8% ao ano e gerou uma sobra (líquida) de R\$ 662.178,29.

A taxa interna de retorno apresentou resultado acima do custo de oportunidade do capital, logo, pelo critério de decisão o projeto é considerado viável. Assim, os investimentos estão sendo remunerados em 39,73% considerando todo o horizonte de planejamento. Ademais, o número de anos para recuperação do investimento inicial, ou seja, o tempo necessário para que os fluxos de caixa cubram o investimento inicial é de aproximadamente cinco anos para a referida taxa de desconto. O uso da análise de sensibilidade influenciará na determinação do grau de certeza dos resultados dos indicadores de rentabilidade. A função dela é identificar se a modificação de algum valor de uma variável da amostra é suficiente para mudar os resultados e a interpretação da análise (CAMPOS; CAMPOS, 2014).

Desta forma, realizou-se a análise de sensibilidade com o objetivo de verificar a estabilidade do projeto a possíveis variações de receitas e custos. Assim, pode-se avaliar a



influência de variações nos indicadores em relação a taxa de desconto atualizada.

Para constatar a viabilidade financeira foram feitas várias simulações, por exemplo, para os casos em que as entradas (receitas) venham a reduzir em 5% e 10% e simultaneamente o total de saídas (custos) se elevem em até 5%, 10% e 20%. Conforme a Tabela 23, os resultados indicam que a relação benefício-custo ( $R_{b/c}$ ) foi maior do que um, o valor presente líquido foi maior do que zero e a taxa interna de retorno foi maior do que o custo de oportunidade do capital, no caso 8% ao ano.

Tabela 23 – Análise de sensibilidade, a taxa de desconto de 8% ao ano, do sistema de energia solar da COFERPAM-CE.

<b>Discriminação</b>	<b><math>R_{b/c}</math> (R\$)</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>TIR (%)</b>
Receitas e custos normais	4,21	662.178,00	39,73
-5% de receita e custo normal	4,00	618.745,00	39,51
+5% de custo e receita normal	4,01	651.854,00	39,26
-10% de receita e custo normal	3,79	575.311,00	39,26
+ 10% de custo e receita normal	3,82	641.529,00	39,31
Receita normal e custo +20%	3,51	620.880,00	38,86
Receita -10% e custo +10%	3,44	554.663,00	38,76

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

### **4.3 Avaliação financeira de implantação de um sistema de energia eólica na Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (COOPAFAQ) da comunidade rural de Barreirinhas, Quixeré - CE**

O sistema de energia eólica foi implantado em 2014. Essa iniciativa deve-se aos esforços da Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região por intermédio do Fundo de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) vinculado à Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará (SDA) para a execução do empreendimento. O orçamento para a construção da mini usina eólica, encontra-se especificado na Tabela 24.

A determinação da receita gerada pelo sistema eólico foi calculada pela média do consumo efetivo anual da Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região. Logo, a receita gerada pelo sistema equivale a R\$ 8.215,20/ano. Constatou-se também que a turbina gera em média um excedente 2.226 kWh/ano beneficiando a comunidade por meio da energia injetada na rede convencional. Diante do tipo de energia gerada, como o sistema é *on-gride*, ou seja, interligado a rede, a produção excedente é injetada na rede, sendo consumida pelos habitantes da localidade.

Neste contexto, a Resolução Normativa nº 482/2012 da ENEEL estabelece que energia a injetada na rede de distribuição geral pela unidade geradora. Neste caso, a

cooperativa será cedida como empréstimo gratuito para a distribuidora, passando a cooperativa a obter um crédito de energia ativa. O controle da medição da energia excedente é realizado por um medidor bidirecional de energia do consumidor.

Neste caso, a resolução normativa nº 482/2012, estabelece que o consumo de energia elétrica ativa a ser faturado é a diferença entre a energia consumida e injetada por posto tarifário, a qual a distribuidora utiliza o excedente que não tenha sido compensada para abater o consumo em meses subsequentes por 3 anos.

Tabela 24 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia eólica na COOPAFAQ, Quixeré - Ceará, 2017.

<b>1. RECEITAS OPERACIONAIS</b>	<b>Valor anual (R\$)</b>			
Receitas operacionais (R\$) (Ano 1- 10)	8.215,20			
<b>Total</b>	<b>8.215,20</b>			
<b>2. INVESTIMENTOS</b>	<b>Vida Útil (anos)</b>	<b>Valor Unitário (R\$)</b>	<b>Quantidade</b>	<b>Valor total (R\$)</b>
Mini turbina eólica 3.5 kw	25	58.028,68	1	58.028,68
Inversor senoidal 1000W 12Vcc/220 Vac	10	1.799,67	1	1.799,67
Cabo	10	450,00	30	13.500,00
Mão de obra	0	2.400,00	6	14.400,00
Dispositivos de proteção	6	80,00	1	80,00
Transporte	0	14.400,00	1	14.400,00
<b>Total</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>102.208,35</b>
<b>3. CUSTOS OPERACIONAIS</b>	<b>Valor unitário (R\$)</b>			
Manutenção	400,00			
Mão de obra	300,00			
<b>Total</b>	<b>700,00</b>			

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Observa-se que, em média, o custo de construção da mini central eólica perfaz R\$ 102.208,35 a preços de julho de 2017. Os custos de operação e manutenção correspondem, em média, a R\$ 700,00/ano e são relativos à montagem de andaimes e aplicação de graxa específica nos rolamentos da turbina. Todavia, a empresa responsável pela implantação do sistema garantiu por três anos a manutenção dos equipamentos sem custos adicionais para os beneficiários, a partir do ano de implantação do sistema eólico.

Diante dos custos (investimento, manutenção e operação) e das receitas auferidas com o investimento na instalação do sistema eólico no ano de 2017, foi elaborada a demonstração do fluxo de caixa para um horizonte de 10 anos (TABELA 25).

Tabela 25 – Demonstração de fluxo de caixa financeiro - Sistema de energia eólica da Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (COOPAFAQ), Quixeré – CE.

Especificações	Anos de Projeto											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>I - TOTAL ENTRADAS (1+2+3)</b>	<b>110.423,55</b>	<b>8.215,20</b>	<b>8.215,20</b>	<b>8.215,20</b>	<b>8.215,20</b>	<b>8.215,20</b>	<b>8.215,20</b>	<b>8.215,20</b>	<b>8.215,20</b>	<b>8.215,20</b>	<b>8.215,20</b>	<b>43.059,07</b>
1. Receita do Projeto	8.215,20	8.215,20	8.215,20	8.215,20	8.215,20	8.215,20	8.215,20	8.215,20	8.215,20	8.215,20	8.215,20	8.215,20
2. Créditos (2.1+2.2):	102.208,35	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. C. de investimento	102.208,35											
2.2. C. de custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	34.843,87
<b>II – TOTAL DE SAÍDAS (4+5+6)</b>	<b>102.208,35</b>	<b>511,04</b>	<b>511,04</b>	<b>15.812,23</b>	<b>15.739,23</b>	<b>15.666,22</b>	<b>15.673,22</b>	<b>15.520,21</b>	<b>15.447,20</b>	<b>15.374,20</b>	<b>15.374,20</b>	<b>700,00</b>
4. Investimento	102.208,35											
5 - Reinvestimento		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	80,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Custos Operacionais	0,00	0,00	0,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00	700,00
7. Serviço Dívida(7.1+7.2)	0,00	511,04	511,04	15.112,23	15.039,23	14.966,22	14.893,22	14.820,21	14.747,20	14.674,20	14.674,20	0,00
7.1. Investimento (a + b)	0,00	511,04	511,04	15.112,23	15.039,23	14.966,22	14.893,22	14.820,21	14.747,20	14.674,20	14.674,20	0,00
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	14.601,19	14.601,19	14.601,19	14.601,19	14.601,19	14.601,19	14.601,19	14.601,19	0,00
b) Juros	0,00	511,04	511,04	511,04	438,04	365,03	292,02	219,02	146,01	73,01	73,01	0,00
7.2. Custeio (c + d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
c) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>III – BENEFL. LÍQUIDO (I -II)</b>	<b>8.215,20</b>	<b>7.704,16</b>	<b>7.704,16</b>	<b>-7.597,03</b>	<b>-7.524,03</b>	<b>-7.451,02</b>	<b>-7.458,02</b>	<b>-7.305,01</b>	<b>-7.232,00</b>	<b>-7.159,00</b>	<b>-7.159,00</b>	<b>42.359,07</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Conforme a Tabela 26, a análise dos indicadores financeiros mostra a viabilidade do sistema para diferentes taxas de desconto. Analisando estes parâmetros a uma taxa de desconto de 8% ao ano, constata-se que o indicador relação benefício-custo foi maior do que um, ou seja, os benefícios superam os custos, pois para R\$ 1,00 de custo o projeto gerou um retorno bruto de R\$ 1,05 ou retorno líquido de R\$ 0,05.

Tabela 26 – Avaliação financeira do sistema de energia eólica, na cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região, 2017.

Taxa de Desconto (%)	Relação B/C (R\$)	VPL (R\$)	TIR (%)	PBA (anos)
6,00	1,05	9.196,14	89,21	9,6
8,00	1,05	8.491,28		
10,00	1,05	8.075,65		
12,00	1,05	7.817,75		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

O VPL apresentou resultado maior do que zero, indicando que todo o capital investido mais os custos operacionais foram recuperados e remunerados à taxa de desconto de 8% ao ano, gerando uma sobra (líquida) de R\$ 8.491,28.

A taxa interna de retorno apresentou resultado superior ao custo de oportunidade do capital, logo o projeto é considerado viável. O capital investido no projeto está sendo remunerado em 89,21% considerando todo o horizonte de planejamento. O *payback* descontado foi de aproximadamente dez anos.

Na Tabela 27, a análise de sensibilidade mostra instabilidades nos resultados de indicadores (relação benefício-custo e valor presente líquido) para determinadas variações nas receitas e custos, indicando riscos de implantação do projeto.

Tabela 27 – Análise de sensibilidade, a taxa de desconto de 8% a.a., do sistema de energia eólica da COOPAFQAQ-CE.

Discriminação	R <sub>b/c</sub> (R\$)	VPL (R\$)	TIR (%)
Receitas e custos normais	1,05	8.491,28	89,21
-5% de receita e custo normal	0,99	(593,11)	16,13
+5% de custo e receita normal	0,99	(168,54)	13,37
-10% de receita e custo normal	0,94	(9.677,49)	-
+ 10% de custo e receita normal	0,95	(8.828,36)	-
Receita normal e custo +20%	0,87	(26.148,00)	-12,85
Receita -10% e custo +10%	0,86	(26.997,13)	-14,03

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

## 5 CONCLUSÃO

A viabilidade financeira de investimentos em ações que promovem o suprimento energético de comunidades rurais do estado do Ceará foi confirmada a partir da análise dos indicadores de relação benefício-custo (B/C), valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e o prazo de retorno do capital (*Payback* descontado), considerando as simulações de preços de tarifa de R\$ 0,40/kWh para consumidores rurais residenciais e comerciais.

As análises destes indicadores financeiros possibilitam o direcionamento de instrumentos de políticas públicas eficientes, voltados para atendimento das necessidades básicas da população rural e, principalmente, para os agricultores familiares.

O indicador relação benefício-custo apresentou maior resultado (R\$ 4,21) no sistema fotovoltaico de Maranguape para uma taxa de desconto de 8% ao ano. Quanto ao VPL, o sistema apresentou maior retorno líquido totalizando R\$ 662.178,29. A TIR apresentou um alto índice de rentabilidade para todos os sistemas mostrando que é bastante favorável para o investidor a implantação de eletrificação rural, pois os investimentos estão sendo remunerados acima da alternativa de remuneração do capital. O tempo de recuperação do capital investido foi menor (4,6 anos) para o sistema fotovoltaico em Irauçuba.

Os sistemas fotovoltaicos possuem capacidade para atender o consumo doméstico de 10 famílias por ano e uma cooperativa de agricultores familiares. Vale ressaltar que o aumento do consumo efetivo das famílias vem aumentando gradativamente após a utilização da eletricidade, com isso torna-se necessária a incorporação de novos investimentos na aquisição de novas placas que possibilitem gerar mais energia para suprir esta demanda.

Por outro lado, o sistema eólico garante o suprimento energético de cooperativa, assim como beneficia comunidades pelo excedente de energia gerada, dado que o sistema é interligado a rede convencional contribuindo para uso da eletricidade pela população local. Apesar dos benefícios gerados, constatam-se altos custos de implantação deste sistema e consequentemente menor viabilidade financeira.

Como sugestão para futuros trabalhos, é relevante a ampliação da amostra de sistemas de energias renováveis instalados em diferentes municípios cearenses, tais como Beberibe, Iguatu, e Aracati, de forma a mensurar as externalidades positivas ou negativas e analisar a eficiência destes investimentos, incluindo também a mensuração do excedente de energia gerado pelos sistema.

## CAPITULO III

# AVALIAÇÃO ECONÔMICA DE SISTEMAS DE ENERGIA FOTOVOLTAICA E EÓLICA EM COMUNIDADES RURAIS NO ESTADO DO CEARÁ

## 1 INTRODUÇÃO

No momento atual há uma grande necessidade por energia devido ao desenvolvimento tecnológico e socioeconômico. Entretanto, as fontes primárias tradicionais de energia começam a torna-se alvo de preocupação por seguir na direção contrária a tendência do desenvolvimento sustentável (ADECE, 2011).

A maior parte da economia mundial está alicerçada na exploração de fontes finitas para o atendimento das necessidades da população tais como: petróleo, gás natural, carvão mineral e urânio que requerem um prazo exorbitante de milhões de anos para a formação das reservas utilizadas na produção de energia.

Além disso, estas fontes de energia causam impactos ambientais inerentes aos resíduos provocados pelos processos de produção e distribuição e fomentam a preocupação crescente em torno do aumento da temperatura média do planeta e das mudanças climáticas globais impulsionando a busca por fontes alternativas.

Os investimentos mundiais em energia renovável e tecnologias inteligentes vêm aumentando como forma de solucionar estes entraves, atingindo US\$ 333,5 bilhões no ano de 2017, um aumento de 3% em relação aos números de 2016, deste montante o total dos investimentos direcionados para a energia solar somaram US\$ 160,8 bilhões em 2017, 18% a mais em relação ao ano anterior (CICLOVIVO, 2018).

A segunda maior fonte alternativa a receber investimentos em 2017 foi a eólica com US\$ 107,2 bilhões. Esse montante representa aumento de 12% em relação aos níveis de 2016, um número recorde de projetos financiados para os tipos de geração *onshore*<sup>5</sup> e *offshore*<sup>6</sup>.

Entre os países que mais direcionaram investimentos para as fontes alternativas, o Brasil ocupa a segunda colocação em projetos de fontes alternativas, cerca de US\$ 6,2 bilhões, representando alta de 10%, em relação a 2016. As fontes alternativas de energia

---

<sup>5</sup> É a instalação e geração de energia eólica em terra.

<sup>6</sup> É a instalação e geração de energia eólica no mar (marítima).

causam maior independência ao país, bem como favorecem seu desenvolvimento socioeconômico de maneira sustentável.

Na região Nordeste, a discussão acerca do setor elétrico, especialmente para área rural, é um assunto bastante recorrente em função das grandes dificuldades de geração de eletricidade por meio dos recursos hídricos. Contudo, estados como o Ceará vem fortalecendo e diversificando sua matriz energética com a inclusão de fontes renováveis, tais como as energias solar e eólica.

No estado, práticas governamentais como forma de diminuir os entraves a demanda por eletricidade, criaram programas para suprir as necessidades das comunidades rurais com a inserção da energia solar (fotovoltaica) e eólica. Entre os programas tem-se o Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar, que vem levando eletricidade às comunidades rurais.

O setor de energia possui um papel de destaque, tendo em vista que a energia constitui uma necessidade básica para a toda a sociedade, principalmente para a área rural que ainda possui carência por falta deste recurso. Dentre os problemas provenientes da falta de eletricidade na zona rural encontram-se: a falta de atendimento das necessidades básicas para o consumo residencial; suprimento energético para o bombeamento de água; iluminação de escolas; postos de saúde que possibilitam a melhoria do bem estar da população; baixo investimento na geração e distribuição de energia; falta de planejamento, dentre outros.

Diante disso, torna-se extremamente importante a criação de programas e projetos que garantam o suprimento da demanda energética para o atendimento da classe de consumidores rurais, principalmente nas regiões semiáridas.

Como forma de avaliar os benefícios e custos advindos das fontes renováveis, este trabalho tem como objetivo geral analisar a viabilidade econômica de fontes de energia fotovoltaica e eólica em comunidades rurais no Estado do Ceará. Especificamente, objetiva-se elaborar a demonstração de um fluxo de caixa para um horizonte de planejamento de 10 anos, a partir dos investimentos aplicados em 2017; mensurar e interpretar indicadores econômicos, identificando a viabilidade econômica ou não das propostas.

Dessa forma, a metodologia empregada visa quantificar os valores dos benefícios e custos sociais gerados pelos projetos de eletrificação dos habitantes da zona rural dos municípios de Maranguape, Quixeré e Irauçuba no Estado do Ceará. Outrossim, discutir resultados encontrados os quais contribuem para a melhoria do bem-estar dos beneficiários, levando a tomada de decisão para a futura criação de novas ações derivadas dos projetos, alimentando a continuidade destes processos de desenvolvimento rural.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

As informações divulgadas nesta seção englobam os dados fornecidos pela antiga Companhia Energética do Ceará (COELCE), divulgados para os anos de 2010 e 2015 tais como: infraestrutura energética, consumo e consumidores de energia elétrica do Estado Ceará; em seguida, realizou-se uma descrição da avaliação econômica e seus respectivos indicadores de rentabilidade.

### 2.1 Análise do cenário energético do Estado do Ceará

Da produção até consumo, o setor de energia elétrica engloba as seguintes atividades: geração, transmissão e distribuição. Nesse contexto, reveste-se a relevância singular do processo de comercialização da energia elétrica. A Tabela 28 contém informações sobre a infraestrutura energética que engloba a construção de linhas de transmissão, rede de distribuição e subestações, como também a ampliação da capacidade instalada das subestações.

Tabela 28 – Infraestrutura energética do Ceará, 2010/2015.

<b>Discriminação</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>
Construção de linha de transmissão (km)	39	32
Construção /reforma de rede de distribuição (km)	3712	1203
Construção de subestações	1	4
Ampliação da capacidade de instalada das subestações (mva)	87	175

Fonte: COELCE *apud* IPECE, (2015).

Observa-se na Tabela 28 que houve uma redução na construção de linhas de transmissão, de 39 km de extensão para 32 km, o que certamente implica na diminuição da quantidade de localidades abastecidas pelo consumo de eletricidade. Ainda de acordo com a referida Tabela, outra redução também pode ser verificada quanto à construção e reforma de rede de distribuição (km), em 2010 eram 3.712 km, caindo para 1.203 km, em 2015. A diminuição das linhas de distribuição, assim como suas reformas, provoca uma redução na oferta energética para o estado do Ceará.

A Tabela 29 contempla o consumo e o número de consumidores de energia elétrica segundo as classes de consumo, sendo a classe industrial desagregada segundo os gêneros. Verifica-se o consumo em MWh, segundo a classe de consumo durante os períodos de 2010 a 2015.



Tabela 29 – Consumo (MWh) e consumidores de energia elétrica no estado do Ceará, 2010/2015.

<b>Classe de consumo</b>	<b>2010</b>	<b>2015</b>
Residencial	2.949.210	1.781.508
Industrial	1.666.952	1.569.941
Comercial	1.684.608	1.340.517
Rural	877.821	154.225
Público	463.063	618.821
Consumo próprio	12.575	7.597
<b>Total</b>	<b>8.810.032</b>	<b>5.472.609</b>

Fonte: COELCE *apud* IPCE (2015).

Verifica-se que o consumo de energia em (MWh) dos consumidores rural, residencial, industrial e próprio diminuíram durante os cinco anos, sendo o maior impacto verificado na área rural, onde o consumo de 877.821MWh foi reduzido para 154.225 MWh.

Entre os diversos motivos que poderiam ter provocado tal redução tem-se os altos custos com as tarifas cobradas pelas concessionárias limitando o consumo, e também a redução das linhas de transmissão e distribuição. Logo, a utilização das energias renováveis torna-se um importante veículo de suprimento de eletricidade direcionada para as áreas rurais, dado que os sistemas podem ser implantados em localidades de difícil acesso.

Os projetos de eletrificação contemplam o abastecimento de energia elétrica, tanto para o setor residencial, público, como para os sistemas produtivos que podem ser executados mediante várias formas, tais como a conexão à rede de distribuição elétrica ou por intermédio de sistema de autogeração fotovoltaico, eólico e até mesmo hidráulico.

## 2.2 Avaliação econômica de investimentos

A análise econômica parte do pressuposto da contribuição do projeto para a sociedade levando em consideração o custo de oportunidade da utilização dos recursos escassos, justificados pelos benefícios sociais.

A avaliação do ponto de vista econômico busca quantificar a variação do bem estar da sociedade de maneira geral. Esta avaliação visa determinar se os benefícios sociais da execução de um projeto possibilitam a geração de benefícios para um país ou região em seu conjunto (URUGUAY, 2014).

Como extensão da avaliação econômica tem-se a avaliação social, enquanto a avaliação econômica não se preocupa com quem irá arcar com os custos ou quem receberá os benefícios. A análise social procura identificar quem irá receber os benefícios econômicos e quem pagará os custos incorridos (CAMPOS; CAMPOS, 2015).

Outra diferença da avaliação econômica em relação à avaliação financeira reside na questão dos preços. Na avaliação econômica os preços, são denominados como preços econômicos, preços de conta, preços-sombra ou preços de eficiência. Quanto aos preços financeiros, o que os distingue são as distorções e regulamentos impostos, tais como restrições às importações, subsídios, salário mínimo, dentre outros.

As origens das divergências entre os preços de mercado e os preços econômicos encontram-se nas imperfeições de mercados, intervenção estatal de determinados mercados, existência de bens públicos ou externalidades e na ausência de mercados para certos bens e serviços. (AGUILERA, 2011).

Outra relevante diferença entre a avaliação financeira e econômica trata-se da montagem do fluxo de caixa. Na análise econômica, as transferências, tais como: impostos, subsídios e empréstimos com os juros pagos devem ser eliminados dos fluxos de custos e benefícios, pois representam apenas transferências sem influência no cômputo da renda nacional. (CAMPOS; CAMPOS, 2015).

Algumas variáveis que compõem o fluxo de caixa são tratadas de maneira diferenciada na avaliação econômica: os subsídios, taxas e impostos são tratados como meras transferências. Logo, não são considerados como benefício líquido para a sociedade, ao contrário, este método considera estas variáveis como distorções do mercado e as utiliza como preços corrigidos.

Os juros e os empréstimos obtidos são considerados transferências, pois fazem parte do benefício líquido que a análise econômica dispõe a calcular e avaliar. Já os juros provenientes de capital de terceiros são tratados como custos, assim como também os juros sobre o capital estrangeiro.

Uma vez estimados os preços sombras, os verdadeiros preços para a sociedade, deve-se estimar os fluxos de caixa e decidir qual será a taxa de atualização de desconto que refletirá os benefícios gerados para a sociedade.

Infere-se que a taxa de desconto adequada para os projetos privados é a de mercado, a qual representa o custo marginal do capital. Entretanto, o custo marginal do capital para a sociedade é diferente do custo marginal do capital para inversão privada, logo aplica-se a taxa social de mercado para se obter o valor presente dos fluxos de caixa. (FONTAINE, 2008).

Diversos países utilizam diferentes taxa de desconto social, dentre os quais: Bolívia 12%, Argentina 12%, Chile 6%, Nicaragua 8%, Colombia 12%, Costa Rica 12%,

México 10%, Peru 9%, Uruguai 7,5%, na Espanha varia entre 4,8% a 20% e Paraguai 11,4%. (CONTRERAS, 2014).

Os benefícios e custos sociais são determinados de maneira exógena, podendo ser identificados, quantificados e valorados em termos sociais expressos em unidades monetárias e atualizados com uma taxa de desconto relevante para a sociedade.

As externalidades geradas pelos projetos avaliados sob a óptica econômica ocorrem por meio de diferenças entre os custos privados e sociais e entre os custos e benefícios marginais do consumo privado e social. No primeiro caso, os danos são sentidos por terceiros; no segundo, o consumo privado possibilita benefícios para a sociedade.

Tendo em vista a metodologia de avaliação financeira e econômica de custo e benefícios para cada uma das fontes energéticas analisadas, torna-se necessária a utilização dos preços de conta estimados para corrigir os preços de mercado em preços sociais. (BID, 2013).

Conforme Brent (2008), existem alguns métodos para a determinação dos preços sociais. O primeiro método usa o critério dos multiplicadores de Lagrange, por meio da maximização do benefício social sujeito a restrição de bens e insumos disponíveis na economia. A sociedade maximiza uma função sujeita a uma restrição orçamentária. O preço econômico ou sombra obtido na resolução do problema de otimização corresponde ao vetor preço social, que é conhecido como *Ramseyprice*.

O segundo método corresponde a obtenção dos preços sombras por meio dos preços de mercado, essa abordagem é conhecida dentro do equilíbrio parcial entre oferta e demanda, considerando tudo o mais constante (*ceteris-paribus*).

Conforme Sales (2015), a avaliação econômica é realizada sob o enfoque macroeconômico, pois os preços econômicos ou de eficiência são os que realmente representam o bem ou serviço gerado para a região ou país livre de toda influência de distorção.

Os chamados preços sombras podem ser determinados conforme o segundo método da seguinte forma:

$$FC = \frac{\text{Preço sombra do bem } i}{\text{Preço de mercado do bem } i} \quad (7)$$

Ao se multiplicar o preço de mercado do bem ou insumo, pelo respectivo fator de convenção, obtém-se o preço sombra do insumo ou bem:

$$PE = PF * FC \quad (8)$$

tem-se que:

$PE$  = Preço econômico;

$PF$  = Preço financeiro;

$PC$  = Fator de conversão.

Os indicadores utilizados na avaliação econômica são os mesmos indicadores de rentabilidade da análise financeira, determinados após serem elaborados os fluxos anuais de custos e benefícios, a diferença é que estes são mensurados a preços econômicos: Relação Benefício-Custo (B/C), Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Período de Retorno do Investimento (*Payback*); assim como os critérios para a tomada de decisão também são os mesmos.

a) Relação Benefício-Custo (B/C): É definido como o quociente entre as somas anuais dos valores dos benefícios pelos custos anuais ambos atualizados por uma determinada taxa de desconto. É matematicamente expressa da seguinte forma:

$$\frac{B}{C} = [\sum_{i=0}^n R_i / (1+r)^i] / [\sum_{i=0}^n C_i / (1+r)^i] \quad (9)$$

em que:

$B/C$  = Relação Benefício Custo;

$R_i$  = Benefícios no  $i$ -ésimo ano;

$C_i$  = Custos mais investimentos no  $i$ -ésimo ano;

$r$  = taxa real de desconto por ano;

$i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$  (anos).

Um projeto é considerado viável a partir deste indicador quando, sendo que os fluxos de caixas devem ser atualizados a uma taxa de desconto ( $r$ ) superior ao custo de oportunidade do capital, esta relação for maior do que um.

A inviabilidade do projeto ocorre quando a relação B/C for menor do que um, este indicador também possibilita verificar se os benefícios superam os custos, e se para cada real de custo o projeto possibilita um retorno bruto em termos de unidade monetária investida. A regra diz que o investimento deve ser feito somente se os benefícios forem superiores aos

custos, em relação aos valores atuais dos benefícios e os custos. Portanto, é uma regra dita como correta para se decidir se a melhor solução é realizar ou não o investimento. (FONTAINE, 2008).

b) Valor Presente Líquido (VPL): é definido como a diferença atualizada entre os benefícios e os custos operacionais e inversões do projeto. Este indicador significa que, ao se efetuar uma inversão espera-se receber, ao longo de sua vida útil, um valor igual à soma investida mais um valor adicional (resíduo). Matematicamente, o Valor Presente Líquido é obtido a partir da seguinte fórmula:

$$VPL = \sum_{i=0}^n (R_i - C_i)/(1+r)^i = \sum_{i=0}^n R_i/(1+r)^i - \sum_{i=0}^n C_i/(1+r)^i$$

(10)

em que:

$VPL$  = Valor Presente Líquido;

$R_i$  = Benefícios no  $i$ -ésimo ano;

$C_i$  = Custos mais investimentos no  $i$ -ésimo ano;

$r$  = Taxa de desconto real no ano;

$i = 0, 1, 2, 3, \dots, n$  (anos).

Uma característica relevante a respeito deste indicador é que ele seja maior do que zero, atualizado a uma taxa de desconto maior ou igual ao custo de oportunidade do capital. Sendo que o projeto é considerado inexecutável se o VPL for menor que zero, e impassível de aceitar ou não sua execução se este indicador for igual a zero. (SALES, 2015).

O Valor Presente Líquido também apresenta medida de análise superior a razão B/C e a Taxa Interna de Retorno (TIR) e juntamente com o indicador de relação B/C é função decrescente da taxa de desconto utilizada. Como também, pode ser considerado uma medida acumulada, sendo superior a melhor alternativa de investimento que se apresenta ao investidor.

Um investimento é lucrativo somente se o valor atual do fluxo de renda for maior do que o valor atual do fluxo de custos, quando estes são atualizados fazendo uso da taxa de juros relevantes para o investidor (FONTAINE, 2008).

b) Taxa Interna de Retorno ( $TIR=r$ ): é a taxa de juros que torna o valor do fluxo dos benefícios líquidos igual a zero. (FONTAINE, 2008). Pode-se então auferir que é a taxa de desconto que expressa a rentabilidade do capital do projeto durante todo o horizonte de tempo. Matematicamente, é determinada por meio da seguinte fórmula:

$$TIR = r^* \quad \text{tal} \quad \text{que} \quad \sum_{i=0}^n (R_i - C_i)/(1 + r^*)^i = 0 \quad (11)$$

em que:

$TIR$  = Taxa Interna de Retorno;

$R_i$  = Benefícios no  $i$ -ésimo ano;

$C_i$  = Custos mais investimentos no  $i$ -ésimo ano;

$r$  = taxa de desconto;

$i = 0, 1, 2, \dots$  (anos).

Algumas considerações podem ser levadas em conta se a  $TIR > r$  o projeto é considerado viável, caso contrário se a  $TIR < r$  o projeto é considerado inviável para sua execução. É conveniente fazer o investimento quando a taxa de juros for menor do que a taxa interna de retorno, ou seja, quando o capital em investimentos alternativos “render menos” do que o capital investido no projeto (FONTAINE, 2008).

A  $TIR$  apresenta a desvantagem quando os projetos têm comportamentos irregulares em seus fluxos, apresentando fluxos líquidos com duas ou mais mudanças de sinais. Neste caso, ocorre mais de uma  $TIR$ , isto é, matematicamente haveria múltiplas soluções (AGUILERA, 2011).

d) Prazo de Retorno do Investimento (*Payback* Atualizado): é uma das técnicas de análise de investimentos, necessária para recuperar o capital inicialmente investido sendo encontrado quando o fluxo de caixa passa do negativo para o positivo. Este método considera o valor do dinheiro no tempo.

$$PBE = K, \text{ tal que } \sum_{i=0}^k Fli / (1 + r)^i \geq 0 \text{ e } \sum_{i=0}^{k-1} Fli / (1 + r)^i < 0 \quad (12)$$

em que:

$Fli$  = Fluxo de caixa de cada período  $i$ ;

$r$  = Taxa de desconto real ao ano;

$i = 0, 1, 2, \dots, n$  (anos).

Segundo Assaf Neto e Lima (2009), a principal vantagem deste indicador de rentabilidade privada financeira é que leva em conta o tempo de investimento, permitindo calcular o número de períodos ou quanto tempo o investidor irá necessitar para recuperar o investimento realizado.

### 3 METODOLOGIA

A seção de metodologia se divide em três subseções que abordam a delimitação da área de estudo, base de dados e, por fim, o cálculo dos benefícios e custos econômicos.

#### 3.1 Delimitação da área de estudo

O estado do Ceará possui uma área total de 148.886,3 km<sup>2</sup> e população estimada em 2017 de 9.022.477 habitantes, de acordo com os dados populacionais divulgados pelo IBGE. O estudo também apontou uma tendência de desaceleração do crescimento demográfico de 0,06% ao ano levando em conta a variação de 2015/2016. (IBGE, 2017). O estado produz energia elétrica com as mais variadas fontes energéticas, convencional por meio das hidroelétricas e renováveis tais como: biomassa, fotovoltaica e eólica, garantindo a oferta de eletricidade a toda a população.

A demanda por eletricidade varia bastante entre os Municípios cearenses, pois 125 Municípios possuem consumo de energia (MWH) entre 20.000 a 25.000 MWH. Tem-se ainda os que consomem entre 25.001 a 50.000 (MWH). Por sua vez, outros 15 Municípios possuem consumo de energia (MWH) entre 50.001 a 100.000, outros 14 o consumo de energia em (MWH) varia de 100.001 a 500.000 (MWH). Por fim, apenas 2 Municípios possuem demanda entre 500.001 a 4.203.104 em (MWH). (IPECE, 2016).

Como forma de suprir a demanda, o Ceará detém as características propícias à implantação de fontes renováveis como fotovoltaica e eólica, sendo que, nesta última, o estado se destaca. Tornou-se pioneiro no estímulo à geração de energia eólica no Brasil, com a implantação dos primeiros parques comerciais com grande capacidade instalada.

O potencial de eficiência do vento para geração de energia eólica no Ceará supera a média mundial e a do próprio país. O estado possui um fator de capacidade média de 47,6%, segundo dados da Associação Brasileira de Energia Eólica (ABEEÓLICA), enquanto o Brasil fica com 40,7% e o mundo com 25%. Esse indicador demonstra a capacidade de geração de energia em função da potência instalada e do período de operação. (SEINFRA, 2017).

O Estado gera 3.806.000.000 MW de energia elétrica, bem acima da demanda que é de 1.800.000.000 MW. A energia eólica é a segunda principal fonte energética do Ceará, com potência instalada de 1.652 MW, representados por 61 parques eólicos em funcionamento e 22 em construção.



O Ceará também detêm 447 unidades solares fotovoltaicas com potência instalada de 10.414 kW, correspondendo a 19% da potência instalada de geração distribuída no Brasil, em que as unidades ou centrais estão localizadas em 47 dos 184 Municípios cearenses. A maioria é residencial, mas há unidades de uso comercial e industrial, onde a sua principal usina encontra-se no município de Tauá e tem capacidade instalada de 1 MWp. Também no município de Pindoretama encontra-se em fase de testes para operação uma usina solar fotovoltaica de porte também comercial com capacidade instalada de 3 MWp. (SEINFRA, 2017).

No Ceará, por meio da implantação de ações da Secretaria do Desenvolvimento Agrário (SDA) por intermédio do Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF), foram implantadas mini usinas de geração de energia fotovoltaica e eólica para o suprimento das famílias rurais dos Municípios de Quixeré (na comunidade da Barreirinhas), Irauçuba (na comunidade Saco do Vento) e Maranguape (na comunidade Ladeira Grande), na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar (COPERFAM CEARÁ).

O Município de Maranguape situa-se a 28 km da capital cearense, possui um Índice de Desenvolvimento Humano (IDH-2010) de 0,659 ocupando a 16ª na posição no *ranking* estadual. A taxa de crescimento geométrica da população rural em 2010 é 1,77%. O consumo de energia elétrica total do Município é de 87.416 mWh. A principal forma de suprimento de energia elétrica é a convencional, a classe de consumidores rurais consomem o equivalente a 13.695 mWh. (IPECE, 2016).

O Município de Irauçuba possui 35,75% da sua população residindo na zona rural no ano de 2010. A maioria dos domicílios particulares possui energia elétrica perfazendo 98,94%, sendo que o consumo total de eletricidade do Município equivale a 12.450 mWh, ressaltando-se que, na área rural este valor chega 1.949 mWh. Entretanto, a taxa geométrica anual de crescimento da população rural está decrescendo a 0,84%. (IPECE, 2016).

O Município de Quixeré apresenta clima tropical quente semiárido. A população está distribuída da seguinte forma: 61,46% da população residem na zona urbana e 38,54% na área rural. A taxa geométrica de crescimento anual da população rural em 2010 é 0,66%. A principal fonte de abastecimento de energia é a convencional, o consumo total corresponde a 42.932 kWh e a classe dos consumidores rurais perfazem 4.153. (IPECE, 2016).

### 3.2 Base de dados

Os dados utilizados são de natureza primária e secundária. Os dados de natureza primária foram coletados por meio de uma pesquisa de campo, sendo aplicados de maneira direta 29 questionários a uma amostra de produtores rurais que dispõe de energias renováveis em suas propriedades.

Os municípios e suas localidades rurais foram selecionadas por possuírem as fontes de energia renovável fotovoltaica e eólica implantada por meio de ações públicas e privadas do Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário (SDA).

Os dados de natureza secundária foram obtidos junto a diversos órgãos dos Governos Estaduais e Federais: FEDAF, ADECE, SDA, IPECE e ANEEL. Todos os valores monetários utilizados foram coletados durante o ano de 2017, expressos em R\$, atualizados por meio do Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M) da fundação Getúlio Vargas para o período de julho de 2017.

### 3.3 Método de Análise

É dito como avaliação econômica de um projeto de eletricidade rural, a avaliação dos benefícios gerados tanto para o bem-estar dos beneficiários, assim como de toda a sociedade pelas tecnologias empregadas para satisfazer tal necessidade.

Utilizou-se de um horizonte de avaliação de 10 anos para os projetos de eletrificação de tecnologias de autogeração e uma taxa de desconto social de 12% ao ano. Pode-se estimar os custos e benefícios, os quais foram transformados em custos e benefícios econômicos. Conforme Campos (2010) admitem-se os seguintes procedimentos para a determinação da quantificação dos benefícios e custos do projeto.

Os fatores de conversão aqui utilizados foram recomendados pela Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste (SUDENE), Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNDU) e o Banco Mundial.

a) Valoração dos Benefícios Econômicos (VBE):

$$VBE = \sum_{i=1}^n P_{FI} \cdot FC_i \cdot Q_i \quad (13)$$

em que:

$VBE$  = Valoração do benefícios econômico;

$P_{Fi}$  = Preço financeiro ou de mercado do uso da energia em kWh;

$FC_i$  = Fator de conversão do j-ésimo item= 0,81....., 0,94;

$Q_i$  = Quantidade de energia ofertada anualmente em kWh nos sistemas fotovoltaico e eólico.

Consideraram-se as diversas tarifas cobradas de acordo com a situação energética no país representado por meio de bandeiras informadas pelo preço de kWh da seguinte forma: Bandeira verde: condições favoráveis de geração de energia, logo a tarifa não sofre nenhum acréscimo; Bandeira amarela: condições de geração menos favoráveis.

A tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,020 para cada quilowatt-hora (kWh) consumido nas condições de Bandeira vermelha - Patamar 1: condições mais custosas de geração em que a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,030 para cada kWh consumido; de Bandeira vermelha - Patamar 2: condições ainda mais custosas de geração em que a tarifa sofre acréscimo de R\$ 0,035 para cada kWh consumido. A quantidade de energia disponibilizada anualmente (kWh/ano) por cada um dos sistemas eólicos e fotovoltaicos foram observadas nas comunidades em que os sistemas foram implantados.

b) Os Custos financeiros foram transformados em econômicos (CE) para cada ano do horizonte de Planejamento do projeto em R\$/ ano:

$$CE = \sum_{i=1}^n P_{Fi} \cdot FC_i \cdot S_j \quad (14)$$

sendo que:

$CE$  = Custo econômico;

$P_{Fj}$  = Preço financeiro dos insumos j utilizados para a implantação de cada ação que viabiliza o acesso a energia destes sistemas;

$FC_j$  = Fator de conversão do j-ésimo item= 0,81....., 0,94;

$S_j$  = Quantidade utilizada do insumo j utilizado para a implantação de cada ação que viabiliza o acesso à energia elétrica.

Na determinação dos custos econômicos, os investimentos e custos operacionais foram determinados por tipo de itens agrupados, equipamentos, mão de obra, transporte, dentre outros.

Os custos operacionais são despesas com operação e manutenção independente da quantidade de energia produzida anualmente (mão de qualificada e peças de reposição anuais). Foram excluídos da análise os impostos, subsídios, juros de financiamento, depreciações e aluguéis, considerados como meras transferências.

Utilizou-se alguns fatores de conversão em algumas variáveis empregadas na análise econômica as quais encontram-se expostas no Quadro 2. Nestas variáveis, os preços financeiros foram transformados em preços econômicos.

Quadro 2 – Fatores utilizados na conversão dos preços financeiros em econômicos.

Discriminação	Fatores de conversão
Energia Elétrica	0,97
Transporte	0,79
Bomba	0,87
Mão de obra qualificada	0,81
Receita Total	0,97
Demais variáveis	0,94
Matérias nacionais ou importados	0,88
Fator de conversão padrão ou para blocos de produtos similares (FCP)	0,94

Fonte: SUDENE (1991).

A transformação das variáveis utilizadas na composição do fluxo de caixa possibilita o cálculo e interpretação dos indicadores utilizados para a avaliação econômica, tais como o VPL, B/C, TIR e o *Payback* Atualizado.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dessa pesquisa estão dispostos em tópicos organizados por tipo de ação que viabiliza o acesso as energias fotovoltaica e eólica nas comunidades rurais no Estado do Ceará.

### 4.1 Avaliação econômica de investimentos aplicados na implantação do sistema fotovoltaico na comunidade do assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba - Ceará

No ano de 2014 foram implantados mais de 30 projetos de eletrificação rural por meio de energias renováveis nas comunidades rurais do estado do Ceará de competência do Fundo Estadual de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário, com participação no estudo da área de localização, instalação e assistência técnica.

O cálculo das receitas operacionais foi determinado da seguinte forma: 225kWh gerados pelo sistema solar foram multiplicados por 8 horas (que corresponde a quantidade de irradiação diária) por 12 meses (ano); por último, pela tarifa de R\$ 0,40/kWh. Portanto, o valor da receita foi de R\$ 9.503,09/ano, representando a economia anual gerada pelo sistema (TABELA 30).

Tabela 30 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação de um sistema de energia fotovoltaica no Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017.

<b>1. RECEITAS OPERACIONAIS</b>	Valor anual (R\$)			
Receitas operacionais (R\$) (Ano 1- 10)	9.503,04			
<b>Total</b>	<b>9.503,04</b>			
<b>2. INVESTIMENTOS</b>	Vida Útil (anos)	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Placas policristalinas de 250Wp	25	867,88	7	6.075,18
Bateria estacionária Freedom 115AH-12v	5	376,00	1	376,00
Inversor senoidal 1000W 12Vcc/220 Vac	10	516,60	1	516,60
Gabinete	5	282,00	1	282,00
Lâmpadas tubo led	5	4,70	5	23,50
Dispositivos de proteção	6	75,20	1	75,20
Mão de obra qualificada	0	729,00	1	729,00
Transporte	0	553,68	0	553,68
Bomba submersa alemã	3	696,00	1	696,00
Cabo de corrente continua	10	14,10	5	70,50

(continua)

(conclusão)

Tabela 30 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação de um sistema de energia fotovoltaica no Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017.

<b>2. INVESTIMENTOS</b>	Vida Útil (anos)	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Cabo de corrente alternada	10	15,04	5	75,20
<b>Total</b>	-	-	-	<b>9.472,86</b>
<b>3. CUSTOS OPERACIONAIS</b>	Valor unitário (R\$)			
Transporte	889,58			
Mão de obra	1.111,97			
Outros custos operacionais (troca de equipamentos tais como: bateria e inversores)	222,39			
<b>Total</b>	<b>2.223,94</b>			

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

O valor de implantação de um sistema de energia fotovoltaica para uso doméstico corresponde a R\$ 9.478,86 a preços de julho de 2017, de acordo com a FEDAF. Esse total está relacionado ao transporte de maquinário, estrutura física e obtenção de dados para diagnósticos específicos.

Em relação aos custos de operação e manutenção, segundo os técnicos da FEDAF, correspondem, em média, a R\$ 2.223,94/ano, referente aos serviços de troca de equipamentos como bateria, inversores e pagamento da mão de obra especializada.

Vale ressaltar que nos três primeiros anos, os custos operacionais são garantidos pela empresa que implantou o sistema solar a Consultoria Planejamento e Systemas (CONPSYS).

Na elaboração do fluxo de caixa considerando diferentes taxas de desconto e tarifa em kWh, os investimentos realizados mostraram-se viáveis sob o ponto de vista econômico (Tabela 31).

Tabela 31 – Demonstração de Fluxo de caixa econômico - Sistema fotovoltaico do Assentamento Saco do Vento, Irauçuba-CE.

Especificações	Anos de Projeto										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>I - TOTAL ENTRADAS (1+2+3)</b>	<b>18.975,95</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>13.637,27</b>
1. Receita do Projeto	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09	9.503,09
2. Créditos (2.1+2.2):	9.472,86	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. C. de investimento	9.472,86										
2.2. C. de custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4.134,18
<b>II – TOTAL DE SAÍDAS (4+5+6+7)</b>	<b>9.472,86</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>2.919,94</b>	<b>2.223,94</b>	<b>2.905,44</b>	<b>2.995,14</b>	<b>2.223,94</b>	<b>2.223,94</b>	<b>2.919,94</b>	<b>2.223,94</b>
4. Investimento	9.472,86										
5 - Reinvestimento	0,00	0,00	0,00	696,00	0,00	681,50	771,20	0,00	0,00	696,00	0,00
6. Custos Operacionais	0,00	0,00	0,00	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94	2.223,94
7. Serviço Dívida(7.1+7.2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.1. Investimento (a + b)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.2. Custeio (c + d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
c) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>III – BENEF. LÍQUIDO (I-II)</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>9.503,09</b>	<b>6.583,15</b>	<b>7.279,15</b>	<b>6.597,65</b>	<b>6.507,95</b>	<b>7.279,15</b>	<b>7.279,15</b>	<b>6.583,15</b>	<b>11.413,33</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

A Tabela 32 mostra os resultados dos indicadores utilizados na avaliação econômica. Considerando a taxa de desconto de 12% ao ano utilizada pelo Banco Mundial para financiamento de projetos sociais, constata-se que o indicador de relação benefício-custo apresentou valor maior do que um (R\$ 3,74), indicando a viabilidade do projeto pois os benefícios gerados para a sociedade superam os custos, ou seja, para cada R\$ 1,00 de custo o projeto apresenta retorno bruto de R\$ 3,74 ou retorno líquido de R\$ 2,74.

Tabela 32 – Avaliação econômica de implantação do sistema de energia fotovoltaica no Assentamento rural Saco do Vento, Irauçuba-CE, 2017.

<b>Taxa de Desconto (% a.a.)</b>	<b>B/C (R\$)</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>PB (anos)</b>
6	3,83	67.414,87	40,45	4,62
8	3,80	62.377,09		
10	3,77	58.007,38		
12	3,74	54.197,78		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

O valor presente líquido (VPL) foi maior do que zero, logo o projeto é viável, indicando que todo o capital investido mais os custos operacionais foram recuperados e remunerados à taxa de desconto de 12% ao ano e gerou uma sobra (líquida) de R\$ 54.197,78.

A Taxa Interna de Retorno (TIR) foi maior do que o custo de oportunidade do capital, indicando também viabilidade do projeto e o período de recuperação do investimento foi de aproximadamente 5 anos.

Os benefícios são aqueles que possibilitam a aquisição e suprimento energético para a comunidade, garantindo o acesso a cidadania pelo uso de bens e serviços que dependem da eletricidade. Desta forma, fica evidente a relevância da eletricidade para o desenvolvimento econômico e social da sociedade, principalmente para as localidades de difícil acesso.

A energia solar ou fotovoltaica tornou-se um veículo de propagação do desenvolvimento rural, sendo de fácil aquisição, renovável e não poluente. Por fim, a avaliação econômica permite também a avaliação do cidadão rural, que consome energia elétrica e que permanece excluído do acesso ao serviço de eletricidade.

Em relação aos benefícios indiretos gerados por meio destas fontes energéticas, elas contribuem para que a comunidade rural possa adquirir bens e serviços que dependem da eletricidade, fomentando a demanda por estes produtos favorecendo a geração de emprego e renda, ou seja, possibilitando a geração de benefícios para região.



## 4.2 Avaliação econômica do sistema de energia fotovoltaica na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar, Maranguape - CE

O estudo faz referência a análise econômica da instalação de um sistema de energia fotovoltaica na Cooperativa Agroecológica da Agricultura Familiar (COOPERFAM CEARÁ) no município de Maranguape. Diferentemente da avaliação financeira, os custos econômicos para a construção de um sistema de energia fotovoltaica são menores, tendo em vista os preços sociais dos equipamentos, mão de obra, e transporte.

Na Tabela 33, tem-se a receita gerada pelo sistema localizado no município de Maranguape. O cálculo para a determinação da receita gerada pelo sistema da Cooperativa Agroecológica Familiar corresponde à soma total anual dos valores pagos pela utilização do sistema relacionados aos períodos Hora Ponta<sup>7</sup> e Fora Ponta<sup>8</sup> que totalizaram R\$ 93.014,85. Para o cálculo do consumo Hora Ponta e Fora Ponta multiplicou-se os consumos mensais (kWh/mês) pelas tarifas de R\$1,79/kWh e R\$ 0,45/kWh, resultando em consumo total anual de R\$ 38.696,22/kWh e R\$ 57.195,37/kWh, respectivamente.

Pode-se observar que a implantação do sistema apresentou um custo de R\$ 101.837,79. Os custos operacionais dessa tecnologia social envolve a troca de equipamentos, como o string box que, em média, custa R\$ 1.128,00/ano.

Tabela 33 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia fotovoltaica na COFERPAM, Maranguape - Ceará, 2017.

<b>1. RECEITAS OPERACIONAIS DO SISTEMA</b>	Valor anual (R\$)			
Receitas operacionais (R\$) (Ano 1- 10)	93.014,85			
<b>Total</b>	<b>93.014,85</b>			
<b>2. INVESTIMENTOS</b>	Vida Útil (anos)	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Placas policristalinas de 250Wp	25	974,59	36	35.085,31
inversor senoidal 1000W 12Vcc/220 Vac	5	1.691,68	1	1.691,68
Gabinete	5	757,32	1	757,32
lâmpadas tubo led	5	37,60	50	1.880,00
cabo	5	13,63	80	1.090,40
String box	10	690,58	1	690,58

<sup>7</sup> Refere-se ao período composto por 3 (três) horas diárias consecutivas estabelecidas pela distribuidora levando em consideração a curva de carga de seu sistema elétrico, com aprovação da ANEEL para toda a área de concessão, com exceção feita aos sábados, domingos e feriados nacionais.

<sup>8</sup> Refere-se ao período composto pelo conjunto das horas diárias consecutivas e complementares definidas no horário de ponta e intermediário (no caso da Tarifa Branca).

(continua)

(conclusão)

Tabela 33 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia fotovoltaica na COFERPAM, Maranguape - Ceará, 2017.

<b>2. INVESTIMENTOS</b>	Vida Útil (anos)	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Mão de obra qualificada	0	12.993,66	4	51.974,62
Transporte	0	8.667,87	1	8.667,87
<b>Total</b>	-	-	-	<b>101.837,79</b>
Outros custos operacionais (troca de equipamentos como string box)	1.128,00			
<b>Total</b>	<b>1.128,00</b>			

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Após mensuradas as entradas e saídas do projeto, elaborou-se o fluxo de caixa considerando a vida útil do referido sistema de 10 anos, o qual encontra-se na Tabela 34.

Tabela 34 – Demonstração do fluxo de caixa econômico - Sistema de energia fotovoltaico da COOPERFAM, Maranguape – CE.

Especificações	Anos de Projeto											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>I - TOTAL ENTRADAS (1+2+3)</b>	<b>194.852,64</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>114.066,04</b>
1. Receita do Projeto	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85	93.014,85
2. Créditos (2.1+2.2):	101.837,79	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. C. de investimento	101.837,79											
2.2. C. de custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21.051,19
<b>II – TOTAL DE SAÍDAS (4+5+6+7)</b>	<b>101.837,79</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1.128,00</b>	<b>1.128,00</b>	<b>5.357,98</b>	<b>1.128,00</b>	<b>1.128,00</b>	<b>1.128,00</b>	<b>1.128,00</b>	<b>1.128,00</b>	<b>1.128,00</b>
4. Investimento	101.837,79											
5 - Reinvestimento		0,00	0,00	0,00	0,00	4.229,98	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Custos Operacionais	0,00	0,00	0,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00	1.128,00
7. Serviço Dívida(7.1+7.2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.1. Investimento (a + b)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.2. Custeio (c + d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
c) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>III – BENEFL. LÍQUIDO (I - II)</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>93.014,85</b>	<b>91.886,85</b>	<b>91.886,85</b>	<b>87.656,87</b>	<b>91.886,85</b>	<b>91.886,85</b>	<b>91.886,85</b>	<b>91.886,85</b>	<b>91.886,85</b>	<b>112.938,04</b>

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

A Tabela 35 mostra que o projeto apresenta viabilidade econômica para a tarifa de energia considerada e para todas as taxas de desconto utilizadas. Considerando a taxa de desconto de 12% ao ano, identifica-se que o indicador de relação benefício-custo apresentou valor maior do que um (R\$ 6,69), indicando a viabilidade do projeto pois os benefícios gerados para a sociedade superam os custos, ou seja, para cada R\$ 1,00 de custo o projeto apresenta retorno bruto de R\$ 6,69 ou retorno líquido de R\$ 5,69.

Tabela 35 – Avaliação econômica do Sistema de energia Fotovoltaica na COOFERPAM, 2017.

<b>Taxa de Desconto (% a.a.)</b>	<b>Relação B/C (R\$)</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>PB (anos)</b>
6	8,01	779.972,12	38,55	5,2
8	7,52	718.466,54		
10	7,08	665.067,11		
12	6,69	618.480,14		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

O valor presente líquido (VPL) foi maior do que zero, logo o projeto é viável, indicando que todo o capital investido mais os custos operacionais foram recuperados e remunerados à taxa de desconto de 12% ao ano e gerou uma sobra (líquida) de R\$ 618.480,14.

A taxa interna de retorno (TIR) foi maior do que o custo de oportunidade do capital (12% ao ano), indicando também viabilidade do projeto pois os capitais investidos no projeto estão sendo remunerados a 38,55% ao ano e o período de recuperação do investimento é de 5 anos.

Neste caso, os benefícios gerados pelo sistema dizem respeito a diminuição dos gastos com eletricidade pela Cooperativa, gerando resultados que podem ser investidos, por exemplo, na aquisição de novos equipamentos, ampliação do espaço da cooperativa ou na compra de novas placas para aumento da capacidade energética.

Verifica-se também que o sistema solar possibilita a cooperativa rural gerar e ofertar sua própria eletricidade desde que de acordo com as normas de regulamentação da Agência Nacional de Energia Elétrica. Logo, o sistema poderá contribuir para a independência da Cooperativa em relação ao setor elétrico.

Quanto aos benefícios indiretos, tem-se o beneficiamento de toda a comunidade circunvizinha por meio do excedente de energia gerado devido o sistema ser interligado a rede convencional de eletricidade, garantindo maior oferta de energia no meio rural.

### 4.3 Avaliação econômica de implantação de um sistema eólico na Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região (COOPAFAQ) da comunidade rural do sítio Barreirinhas, Quixeré - CE

Foi implantado um mini sistema eólico na Cooperativa dos Produtores da Agricultura Familiar e Agroindustrial de Quixeré e Região por intermédio do Fundo de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do estado do Ceará (SDA), uma mini turbina eólica, considerada a pioneira e direcionada para agricultura familiar.

Na Tabela 36 especificam-se receitas, investimentos iniciais e custos operacionais do sistema que envolve a construção de uma mini usina eólica na comunidade rural de Barreirinhas. A empresa responsável pela implantação do sistema, Consultoria Planejamento de Sistemas (CONPSYS), garantiu por três anos a manutenção dos equipamentos sem custos adicionais para os beneficiários.

O cálculo das receitas operacionais do sistema eólico foi determinado como base na média de consumo efetivo da cooperativa cuja estimativa anual da produção resultou em R\$ 6.071,03/ano. Verifica-se que o custo médio para implantação do sistema eólico no meio rural foi de R\$ 94.203,85. Os custos de operação e manutenção correspondem, em média, a R\$ 658,00 relativos a montagem de andaimes e aplicação de graxa específica nos rolamentos da turbina.

Tabela 36 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia eólica na COOPAFAQ em Quixeré - Ceará, 2017.

<b>1.RECEITAS OPERACIONAIS</b>	Valor anual (R\$)			
Receitas operacionais (R\$) (Ano 1- 10)	6.071,03			
<b>Total</b>	<b>6.071,03</b>			
<b>2. INVESTIMENTOS</b>	Vida Útil (anos)	Valor Unitário (R\$)	Quantidade	Valor total (R\$)
Mini turbina eólica 3.5 kw	25	54.546,96	1	54.546,96
Inversor senoidal 1000W 12Vcc/220 Vac	10	1.691,69	1	1.691,69
Cabo	10	423,00	30	12.690,00
Mão de obra	0	1.944,00	6	11.664,00
Dispositivos de proteção	6	75,20	1	75,20
Transporte	0	13.536,00	1	13.536,00
<b>Total</b>	-	-	-	<b>94.203,85</b>
<b>3. CUSTOS OPERACIONAIS</b>	Valor unitário (R\$)			
Manutenção	229,00			

(continua)

(conclusão)

Tabela 36 – Orçamento de Receitas, Investimentos e Custos Operacionais para implantação do sistema de energia eólica na COOPAFAQ em Quixeré - Ceará, 2017.

<b>3. CUSTOS OPERACIONAIS</b>	Valor unitário (R\$)	
Mão de obra	429,00	
<b>Total</b>	<b>658,00</b>	

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

Na Tabela 37, após a elaboração da demonstração de fluxo de caixa foram mensurados os indicadores econômicos de avaliação de projetos.

Tabela 37 – Demonstração do fluxo de caixa econômico - Sistema de energia eólica da COOPAFAQ, Quixeré – CE.

Especificações	Anos de Projeto											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
<b>I - TOTAL ENTRADAS (1+2+3)</b>	<b>100.274,88</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>38.824,27</b>
1. Receita do Projeto	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03	6.071,03
2. Créditos (2.1+2.2):	94.203,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2.1. C. de investimento	94.203,85											
2.2. C. de custeio	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Desinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	32.753,24
<b>II – TOTAL DE SAÍDAS (4+5+6+7)</b>	<b>94.203,85</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>658,00</b>	<b>658,00</b>	<b>658,00</b>	<b>733,20</b>	<b>658,00</b>	<b>658,00</b>	<b>658,00</b>	<b>658,00</b>	<b>658,00</b>
4. Investimento	94.203,85											
5 - Reinvestimento	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	75,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
6. Custos Operacionais	0,00	0,00	0,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00	658,00
7. Serviço Dívida(7.1+7.2)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.1. Investimento (a + b)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
a) Amortização	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
b) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
7.2. Custeio (c + d)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
c) Principal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
d) Juros	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>III – BENEF. LÍQUIDO (I - II)</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>6.071,03</b>	<b>5.413,03</b>	<b>5.413,03</b>	<b>5.413,03</b>	<b>5.337,83</b>	<b>5.413,03</b>	<b>5.413,03</b>	<b>5.413,03</b>	<b>5.413,03</b>	<b>38.166,27</b>

Fonte: Dado Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

De acordo com a Tabela 38, todos os indicadores mostraram-se viáveis para as diferentes taxas de desconto analisadas. Analisando estes parâmetros a uma taxa de desconto de 12% ao ano, constata-se que o indicador relação benefício-custo foi maior do que um, ou seja, os benefícios superam os custos, pois para R\$ 1,00 de custo o projeto gerou apenas benefícios de R\$ 1,50.

Tabela 38 – Avaliação econômica de energia eólica na COOPAFAQ, Quixeré e Região, 2017.

<b>Taxa de Desconto (% a.a.)</b>	<b>Relação B/C (R\$)</b>	<b>VPL (R\$)</b>	<b>TIR (%)</b>	<b>PB (anos)</b>
6	1,67	65.354,20	32,18	0,33
8	1,60	58.690,01		
10	1,55	53.059,10		
12	1,50	48.275,50		

Fonte: Elaboração própria, a partir de dados da pesquisa (2017).

O VPL apresentou resultado maior do que zero (R\$ 48.275,50), indicando que o capital investido mais os custos operacionais foram recuperados e remunerados à taxa de desconto de 12% ao ano. A taxa interna de retorno apresentou resultado superior ao custo de oportunidade do capital, logo o projeto é considerado inviável. O capital investido no projeto está sendo remunerado em 32,18% considerando todo o horizonte de planejamento. O *payback* descontado foi de aproximadamente trinta e três dias, ou seja, menos do horizonte de planejamento.

Os benefícios proporcionados pelo sistema eólico referem-se apenas à economia de energia, possibilitando a redução dos custos operacionais da Cooperativa. Por outro lado, o sistema também contribui indiretamente para o suprimento energético da comunidade onde está instalado, pelo fato do sistema ser interligado à rede convencional.



## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O indicador relação benefício-custo apresentou maior resultado (R\$ 3,74) no sistema fotovoltaico do Assentamento Saco do Vento em Irauçuba para uma taxa de desconto de 12% ao ano. Quanto ao VPL, o sistema fotovoltaico em Maranguape apresentou maior retorno líquido totalizando R\$ 618.480,14 para a mesma taxa de desconto.

A TIR apresentou bom índice de rentabilidade apenas para os sistemas fotovoltaicos, pois os investimentos estão sendo remunerados acima da alternativa de remuneração do capital. O tempo de recuperação do capital investido foi menor (4,62 anos) para o sistema fotovoltaico em Irauçuba.

Em relação ao sistema eólico da COOPAFAQ, os indicadores apresentaram viabilidade. Portanto, do ponto de vista social, sugere-se a ampliação dos sistemas de energias renováveis principalmente para aqueles produtores que dispõem de recursos financeiros para implantá-los, a fim de reduzir a dependência em relação a energia convencional, possibilitando a redução dos custos com a atividade agrícola e também com consumo doméstico.

É importante ressaltar que a eletrificação rural, por si só, não garante o pleno atendimento das necessidades básicas da população e o desenvolvimento rural, sendo necessário que outros programas sejam implantados e promovam o acesso a serviços de saneamento, água tratada, educação, saúde, capacitação tecnológica, incentivos e financiamentos que garantam o crescimento e a redução da pobreza no campo.

## CONCLUSÃO GERAL

Cada um dos sistemas estudados tende a apresentar melhores resultados, quando implantados em conformidade com a realidade das comunidades beneficiárias. Logo, sugerem-se estudos, a fim de identificar as reais necessidades das comunidades. A viabilidade financeira e econômica de implantação dos sistemas de energias renováveis foi confirmada para quase todos os sistemas, por meio dos resultados dos indicadores calculados a partir de determinados preços da tarifa de kWh de energia e taxas de descontos.

Os resultados tendem a corroborar com as políticas públicas executadas pelo Fundo de Desenvolvimento da Agricultura Familiar (FEDAF) da Secretaria de Desenvolvimento Agrário do Estado do Ceará, possibilitando melhor gestão dos resultados financeiros e econômicos, tendo em vista a capacidade de geração de benefícios para o suprimento energético de boa qualidade, limpa e renovável.

Neste contexto, as energias renováveis direcionadas para áreas rurais têm contribuído para minimizar os custos com eletrificação rural e superar dificuldades de acesso à energia, principalmente para aqueles que vivem em regiões semiáridas, pois o bem estar de vida das populações depende do acesso à energia para a aquisição de bens necessários como água potável e serviços públicos e/ou privados.

Sugere-se melhorias ou aperfeiçoamento dos sistemas, a fim de promover o uso eficiente, além da ampliação de estudos que mensurem os benefícios financeiros, econômicos e sociais gerados pela implantação dos sistemas fotovoltaico e eólico em comunidades rurais.

## REFERÊNCIAS

ALVES FILHO, J. **Matriz energética brasileira: da crise a grande esperança**. Rio de Janeiro: MAUAD, 2003.

AGÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DO ESTADO DO CEARÁ (ADECE). **Energias renováveis no Ceará**. Fortaleza, 2011, 14 p. Disponível em: <<http://www.adece.ce.gov.br/>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA (ANEEL). **Banco de informações de gerações – BIG**. 2017. Capacidade de geração do Brasil. Matriz de energia elétrica, 2016. Disponível em: <<http://www.anel.gov.br/>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

\_\_\_\_\_. **Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012**. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, 2012.

AGUILERA, R. (Org.). **Evaluacion social de proyectos: orientaciones para aplicacion**. Unidelar, Facultad de Economía: Montevideo, Uruguai, 2011. 462p.

ALVES FILHO, J. **Matriz energética brasileira: da crise a grande esperança**. Rio de Janeiro: MAUAD, 2003.

ASSAF NETO, A. L.; LIMA, F. G. **Curso de administração financeira**. São Paulo: Atlas, 2009.

ATLAS solarimétrico do Ceará. Fortaleza, 2011, 14 p. Disponível em: <<http://www.adece.ce.gov.br/>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE DISTRIBUIDORES DE ENERGIA ELÉTRICA (ABRADEE), 2017. **Banco de dados**. Disponível em: <<http://www.abradee.gov.br/>>. Acesso em: 24 jan. 2018.

BAJAY, S. V. Formulação de políticas públicas, planejamento e regulação de mercados de energia: as visões das administrações FHC e Lula e os desafios pendentes. **Revista Eletrônica de Jornalismo Científico**, 2007. Disponível em: <<http://www.conciencia.br/>>. Acesso em: 25 fev. 2017.

BANCO INTERAMERICANO DE DESARROLLO (BID). **Evaluacion financiera y económica de proyecto de electrificación rural com energia renovable (BO-X1013)**. Cochabamba, 2013.

BRASIL. **Decreto nº 7945 de 7 de março de 2013**. Altera os Decretos nº 5.163, de 30 de julho de 2004 e nº 7.891, de 23 de janeiro de 2013. Diário Oficial, Brasília, DF, 17 mar. 2017.

\_\_\_\_\_. **Decreto nº 5.025, de 30 de março de 2004**. Regulamenta o inciso I e os §§ 1o, 2o, 3o, 4o e 5o do art. 3o da Lei no 10.438, de 26 de abril de 2002, no que dispõem sobre o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica - PROINFA, primeira etapa,

e dá outras providências. Disponível em: < [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5025compilado.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2004/Decreto/D5025compilado.htm)>. Acesso em: 30 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Programa “Luz Para Todos”**. Brasília: MME, 2009. Disponível em: < <http://mme.gov.br/>> Acesso em: 30 dez.2017.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Programa luz para todos**, 2015a. Disponível em: <<https://www.mme.gov.br/luzparatodos/asp/>>. Acesso em: 15 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Programa nacional de desenvolvimento energético de estados e municípios**. Brasília, 2015b. Disponível: < <http://mme.gov.br/>>. Acesso em: 30 nov. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Programa nacional de desenvolvimento energético de estados e municípios**. Brasília, 2016. Disponível < <http://mme.gov.br/>>. Acesso em: 3 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. Ministério de Minas e Energia. **Programa nacional de desenvolvimento energético de estados e municípios**. Brasília, 2017. Disponível < <http://mme.gov.br/>>. Acesso em: 30 dez. 2017.

BRENT, R. **Applied cost-benefit analysis**. Second Edition. Edwards Elgar Publishing. Massachusetts, USA, 2008.

BRITO, S. de S. **Energia eólica princípios e tecnologias**. 2008. 51 p. Tese (Doutorado) - Curso de Energia Eólica, Centro de Referência Para Energia Solar e Eólica, São Paulo, 2008.

CAMPOS, R. T. Avaliação sob risco da capacidade de pagamento por água bruta dos produtores da bacia do Jaguaribe (CE). **Revista de economia e sociologia rural**, Brasília, DF, v. 48, n. 2, p. 357-379, abr./jun. 2010.

CAMPOS, R. T; CAMPOS, K. C. **Elaboração e avaliação de projetos agropecuários**. Notas de aula. Fortaleza, UFC/CCA/DEA, 2014.

\_\_\_\_\_. **Elaboração e avaliação de projetos agropecuários**. Notas de aula. Fortaleza, 2015.

\_\_\_\_\_. **Análise de sensibilidade**. Notas de aula. Fortaleza, Ceará, 2010.

CANALENERGIA. Disponível em: <<http://canalenergia.com.br/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

CEARÁ. Secretaria da Infraestrutura do Estado do Ceará. **Energia**, 2017. Disponível em:<<http://www.seinfra.ce.gov.br/index.php/noticias/28-energia/1716-energias-renovaveis>>. Acesso em: 14 abril. 2017.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRA S. A. (ELETROBRAS). **Programas e fundos setoriais**, 2017. Disponível em: < <http://www.eletrobras.com>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

\_\_\_\_\_. **Cálculo de preços econômicos**: guia prático. Recife: SUDENE, 1991.

\_\_\_\_\_. **Governo do Brasil**. Disponível em :<<http://www.brasil.gov.br/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

\_\_\_\_\_. **Global market outlook for photovoltaic 2015-2019**, EPIA. Disponível em: <[http://helapco.gr/pdf/Global\\_Market\\_Outlook\\_2015\\_-2019\\_lr\\_v23.pdf](http://helapco.gr/pdf/Global_Market_Outlook_2015_-2019_lr_v23.pdf)>. Acesso em: 13 jul.2017.

CENTRO BRASILEIRO DE INFORMAÇÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA, (PROCEL). Disponível em: < <http://www.procelinfo.com.br/main.asp>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

CENTRO DE ESTRATÉGIAS DE RECURSOS NATURAIS E ENERGIA, CERNE, 2018. Disponível em: < <http://www.cerne.org.br>>. Acesso em: 14 jan. 2018.

CHAIN, N. S.; CHAIN, R.S. **Preparación y evaluación de proyectos**. 5. ed. Colombia: Mcgraw-hill Interamericana, 2008.

\_\_\_\_\_. **Preparacion y evaluacion de proyectos**. 5. ed. Bogotá- Colombia: Lily Solano Arévalo, 2004.

CHILE. Ministerio de Planificación y Cooperación. (Org.). **Metodología de proyectos de electrificación Rural**. Santiago: Governo Chileno, 2006. 39 p.

\_\_\_\_\_. Ministerio de Desarrollo Social. **Metodología de formulacion y evaluacion de proyectos de eletrificacion rural**. Chile, 2013. Disponível em: < [https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/8/52958/08\\_1Energia\\_ElectrificacionRural.pdf](https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/8/52958/08_1Energia_ElectrificacionRural.pdf)>. Acesso em: 14 jul. 2017.

CICLO VIVO. Disponível em: <<http://ciclovivo.com.br/>>. Acesso em: 14 jun. 2017.

CONTRERAS, E. **Evaluación de inversiones públicas**: enfoques alternativos y su aplicabilidad para Latinoamérica, Serie Manuales, CEPAL - ILPES, 2014.

EIA, U.S. Energy Information Administration. Disponível em: < <http://www.eia.gov>>. Acesso em: 14 jun.2017.

ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION (EIA). **International energy outlook 2017**. Disponível em: <<http://www.eia.gov>>. Acesso em: 14 jul. 2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA (EPE). **Geração de energia**. 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em: 14 fev. 2017.

FÁVERO, L. P.; BELFIORE, P.; SILVA, F. L. da.; CHAN, B. L. **Análise de dados**: modelagem multivariada para tomada de decisões. Primeira edição. Rio de Janeiro. Elsevier, 2009, p.195-265.

FONTAINE, E. R. **Evaluacion social de proyectos**. 13. ed. Pearson Educacion: México, 2008. 648p.

FUNDAÇÃO CEARENSE DE METEOROLOGIA E RECURSO HÍDRICOS (FUCEME). 2017. Disponível em: <<http://www.funceme.br>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

GASANZ, J. J. del V. **Guia metodológica para el desalio de eletrificacion rural mediante sistemas fotovoltaicos aislados**. Universidade de São Carlos III de Madrid. Escuela politécnica superior. Departamento de Engenharia Elétrica, 2011.

GIESECKE, C. (Coord). **Eletificacion rural**: Guia para formulacion de proyectos de inversion exitosos. Ministério de Economia y Finanzas, Lima-Peru, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Pesquisa nacional por amostra de domicílios, 2015**. Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09 set. 2017.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICO DO CEARÁ (IPECE). **Perfil básico municipal 2016**. Disponível em: <<http://www.ipece.ce.gov.br>>. Acesso em: 18 fev.2017.

\_\_\_\_\_. **Anuário Estatístico do Ceará 2016**. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Indicadores\\_Sociais\\_2016.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Indicadores_Sociais_2016.pdf)>. Acesso em: 22 dez. 2017.

\_\_\_\_\_. **Anuário Estatístico do Ceará 2015**. Disponível em: <[http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Indicadores\\_Sociais\\_2016.pdf](http://www.ipece.ce.gov.br/publicacoes/Indicadores_Sociais_2016.pdf)>. Acesso em: 22 dez. 2017.

LAPPONI, J. C. **Avaliação de projetos de investimento**: modelos em Excel. São Paulo: Lapponi Treinamento, 1996. 264 p.

LEME, A. A.; HAGE, J. A. (org). **A energia, a política internacional e o Brasil**. O setor elétrico no primeiro mandato do governo Lula: um primeiro olhar. Curitiba: Instituto Memoria, 2008.

MOEHLECKE, A. *et al.* **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**, CEPTEL ELETROBRAS, 2014.

MOKATE, K. M. **Evaluación financiera de proyectos de inversión**. 2. ed. Bogotá: Universidad de Los Andes, Facultad de Economía: Ediciones Uniandes: Alfaômega Colombiana, 2004. 296p.

MOREIRA, N. R. *et al.* Energia eólica no quintal da nossa casa?! Percepção ambiental dos impactos sociambientais na instalação e operação de uma usina na comunidade de sítio do cumbe em Aracati-CE. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, São Paulo, v. 2, 2013.

MORET, A. de S. As hidrelétricas do Rio Madeira e os impactos socioambientais da eletrificação no Brasil. **Ciência Hoje**, São Paulo, v. 45, n. 265, p.46-52, nov. 2009.

NAÇÕES UNIDAS NO BRASIL (ONUB). Disponível em: <[http:// https://nacoesunidas.org/](http://https://nacoesunidas.org/)>. Acesso em: 30 dez.2017.

ORTEGÓN, E. **Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas**. Santiago: Cepal, 2005. p. 49-57.

OLIVEIRA, L.C. **Perspectivas para a eletrificação rural no novo cenário econômico-institucional do setor elétrico brasileiro, 2001**. 16 p. Dissertação de Mestrado, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, Março, 2001.

PAREJA, I. V. **Decisiones de inversión para la valoración financiera de proyectos y empresas**. 6. ed. Buenos Aires: Fondo Editorial Consejo, 2009. 692 p.

PERU. Ministerio de Energia y Minas. **Plan Nacional De Electrificación Rural (PNER) periodo 2016 – 2025**, dez. 2015. Disponível em: <[http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per153304\\_anx1.pdf](http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per153304_anx1.pdf)>. Acesso em: 14 jun. 2017.

PORTAL O SETOR ELÉTRICO. Disponível em: < <https://www.oseletrico.com.br/>> Acesso em: 05 jan. 2017.

PORTAL SOLAR. Disponível em: < <http://www.portalsolar.com.br/> >. Acesso em: 14 fev. 2017.

PROGRAMA DE ACELERAÇÃO DO CRESCIMENTO (PAC). **Geração de energia elétrica -Ceará**. Disponível em: <http://www.pac.gov.br/infraestrutura-energetica/geracao-de-energia-eletrica/ce>> Acesso em: 05 jan.2017.

RELATÓRIO DE IMPACTOS AMBIENTAL (RIMA). **Russas energia solar e SPE Ltda**. Fortaleza, 123p, 2016.

RIBEIRO, F. S.; FERNANDES FILHO, G. E. F. Inspeção de cooperativas de eletrificação rural em São Paulo: um passo para a sua regularização. *In*: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 30, 2000, Campinas, São Paulo. **Anais...** Campinas-SP, 2000.

ROSA, D. J. M. **Sistemas fotovoltaicos domiciliares de dessalinização de água para consumo humano**: um estudo de sua viabilidade e configurações. 2013. 117 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Programa de pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SALES, M. L. S. **Avaliação financeira e econômica das ações de captação, acumulação e suprimento de água no Estado do Ceará**. 2015. 130 f. Dissertação. (Mestrado em Economia Rural). Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2015.

SILVA, M. **Avaliação de alternativa para eletrificação rural no contexto dos programas de universalização do Brasil**. 2016.176 p. Dissertação (Mestrado Engenharia Elétrica). Escola de Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

UGÁS, M. P. (Org.). **Guia metodológica para la identificación, formulacion y evaluacion de proyectos de electrificación rural a nível de perfil**. Programación Multianual del Sector Público (DGPM) del Ministerio de Economía y Finanzas. Lima-Peru, 2007.

UNIRC, Centro Regional de Informação das Nações Unidas. Disponível em: < <http://www.unirc.gov>>. Acesso em: 14 dez. 2017.

URUGAY. Sistema Nacional de Inversión Pública, 2014. **Precios sociales y pautas e técnicas para la evaluación socioeconómica.** SNIP: Gobierno Paraguay, 2014. 35 p.



## **APÊNDICES**

## APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO APLICADO NA PESQUISA DE CAMPO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECONOMIA RURAL**

**AVALIAÇÃO FINANCEIRA E ECONÔMICA DE ENERGIA  
FOTOVOLTAICA E EÓLICA NA MATRIZ ENERGÉTICA DE  
COMUNIDADES RURAIS NO ESTADO DO CEARÁ**

Este questionário é parte de uma pesquisa elaborada para a conclusão de Pós-Graduação no curso de Mestrado Acadêmico em Economia Rural, bem como este instrumento somente será aplicado depois de obtido o consentimento esclarecido dos entrevistados, estas informações serão utilizadas única e exclusivamente para execução do presente projeto. Ademais, Compromete-se também a fazer a divulgação das informações coletadas somente de forma anônima e que a coleta dos dados da pesquisa somente será iniciada após aprovação do sistema CEP/CONE.

Questionário Nº \_\_\_\_\_

1 - Comunidade (Distrito) \_\_\_\_\_

2 - Qual seu nome? \_\_\_\_\_

3 - Número de pessoas que residem no domicílio: \_\_\_\_\_

4 - Tempo de residência no domicílio (em anos): \_\_\_\_\_

5 - Qual a principal fonte de abastecimento da energia?

( ) Convencional ( ) eólica ( ) solar

( ) outra

fonte: \_\_\_\_\_

### **BLOCO I - INFORMAÇÕES SOBRE A FAMÍLIA E O CHEFE DA FAMÍLIA:**

1- Qual seu Sexo? ( ) Masculino ( ) Feminino

2- Idade do chefe da família:

( ) 1. Entre 18 a 30 anos ( ) 2. Entre 30 a 40 anos

( ) 3. Entre 40 a 50 anos ( ) 4. Acima de 50 anos

3- Escolaridade do chefe da família (anos de escola): \_\_\_\_\_

4- Atividade do chefe da família (formal=1; informal=0): \_\_\_\_\_

5- Condições de moradia (própria=1; alugado/outros=0): \_\_\_\_\_

6- Número de cômodos no domicílio (quartos, salas, etc.): \_\_\_\_\_

7- A moradia possui energia elétrica? Sim ( ) não( )

8- INFORMAÇÕES SOBRE A RENDA FAMILIAR:

Membros da família	Nº de pessoas	Salário/Diária/ Bico	Aposentadoria / Pensão	Outras Atividades
Avô/Avó				
Pai				
Mãe				
Tio/Tia				
Filhos(as) maior(es) de 18 anos				
Filho(a) entre 12 e 18 anos				
Filho(a) menor de 12 anos				
Outros agregados familiares (residentes)				
Outras rendas (aluguel, ajuda de família)				
Renda de atividade agropecuária				
Renda mensal total da casa				

DETERMINAÇÃO DA DAP (disposição a pagar):

13. Você estaria disposto(a) a pagar pelo uso da energia solar ou eólica? \_\_\_\_\_  
Quanto? \_\_\_\_\_ Se não, porquê \_\_\_\_\_

## BLOCO II - INFORMAÇÕES ESPECÍFICAS:

### II.1. ENERGIA FOTOVOLTAICA SISTEMA IRAUÇUBA

14. Participa de programas ou projetos envolvidas na implantação da energia fotovoltaica no meio rural?

( ) Sim ( ) Não ( ) Não sabe/não quis responder

Se sim, quais? \_\_\_\_\_

15. Quantas famílias da comunidade, em média, são beneficiadas pelo uso da energia fotovoltaica? \_\_\_\_\_

16. O sistema provem de recurso próprio ou financiado; caso seja financiador especificar a origem do recurso e o valor?  
\_\_\_\_\_

17. Qual o valor dos juros pagos sobre o capital financiado?  
\_\_\_\_\_

18. Qual o tipo de sistema fotovoltaico utilizado?

1. ( ) sistema individual
2. ( ) hibrido fotovoltaico-diesel
3. ( ) hibrido fotovoltaico –eólica
4. ( ) extensão da rede elétrica

19. Levantamento dos custos com manutenção dos equipamentos e mão de obra.

Painel \_\_\_\_\_

Bateria \_\_\_\_\_

Placas \_\_\_\_\_

Lâmpadas led \_\_\_\_\_

Inversor \_\_\_\_\_

Mão de Obra \_\_\_\_\_

Bomba submersa alemã \_\_\_\_\_

Cabos \_\_\_\_\_

Outros: \_\_\_\_\_

20. Quantas pessoas são responsáveis pela montagem e manutenção dos kits solar?

\_\_\_\_\_

21. Como é realizado o armazenamento da geração de energia solar e para que se destina (atividades domésticas, comerciais, agricultura)?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

23. Quais os principais problemas ou dificuldades que o Sr.(a) encontra para ter acesso à esta fonte de energia alternativa?

\_\_\_\_\_

24. Que sugestões o Sr.(a) faria para resolver os problemas provenientes do uso da energia solar?

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

25. O uso da energia solar resolve o problema relacionados com o abastecimento da energia convencional? Sim ( ) não( )

Por quê? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

26. Possui assistência técnica para a manutenção dos equipamentos?

( ) Sim (1) Não (2) Não sabe/não quis responder (3) Não se aplica

Se sim, de quem? \_\_\_\_\_

Com qual frequência? \_\_\_\_\_

## II. 2. ENERGIA FOTOVOLTAICA SISTEMA MARANGUAPE

27. Participa de programas ou projetos envolvidas na implantação da energia fotovoltaica no meio rural?

( ) Sim ( ) Não ( ) Não sabe/não quis responder. Se sim, quais?

---

28. O sistema provem de recurso próprio ou financiado; caso seja financiador especificar a origem do recurso e o valor?

---

29. Qual o valor dos juros pagos sobre o capital financiado?

---

30. Quanto a cooperativa paga pelo uso e qual o consumo mensal da energia fotovoltaica e a convencional? (R\$/KW) \_\_\_\_\_.

31. Qual o tipo de sistema fotovoltaico utilizado?

1. ( ) sistema individual
2. ( ) hibrido fotovoltaico-diesel
3. ( ) hibrido fotovoltaico –eólica
4. ( ) extensão da rede elétrica

32. Levantamento dos custos com manutenção dos equipamentos e mão de obra.

Painel \_\_\_\_\_

Placas \_\_\_\_\_

Lâmpadas led \_\_\_\_\_

Inversor \_\_\_\_\_

Mão de Obra \_\_\_\_\_

Stringbox \_\_\_\_\_

Gabinete \_\_\_\_\_

Cabos \_\_\_\_\_

Outros: \_\_\_\_\_

33. Quantas pessoas são responsáveis pela montagem e manutenção dos kits solar?

---

34. Como é realizado o armazenamento da geração de energia solar e para que se destina (atividades domésticas, , comerciais, agricultura)?

---

35. A utilização da energia fotovoltaica possibilita em quanto a redução da custos com a energia convencional?

---

36. Quais os principais problemas ou dificuldades que o Sr.(a) encontra para ter acesso à esta fonte de energia alternativa?

---

37. Que sugestões o Sr.(a) faria para resolver os problemas provenientes do uso da energia solar?

---



---

38. O uso da energia solar resolve o problema relacionados com o abastecimento da energia convencional? Sim ( ) não( ) Por quê?

---



---

39. Possui assistência técnica para a manutenção dos equipamentos?

( ) Sim (1) Não (2) Não sabe/não quis responder (3) Não se aplica Se sim, de quem?

---

Com qual frequência?

---

### **BLOCO III - Levantamento dos custos operacionais junto aos fornecedores**

40. Estimativas de custos operacionais para a implantação de um sistema de energia solar.

Discriminação	Unidade	Vida útil	Custo unitário	Quantidade	Preço
Painel solar					
Bateria					
Placas					
Lâmpadas led					
Inversor					
Gabinete					
Mão de obra					
Transporte					
String box					
Bomba submersa alemã					
Cabo de corrente continua					
Cabo de corrente alternada					

41. Qual o valor da taxa de importação paga pelos dos equipamentos.

Painel \_\_\_\_\_  
Bateria \_\_\_\_\_  
Controlador \_\_\_\_\_  
Placas \_\_\_\_\_  
Lâmpadas led \_\_\_\_\_  
Inversor \_\_\_\_\_  
Outros: \_\_\_\_\_

## II. 2. ENERGIA EÓLICA

42. O nome da comunidade em que o sistema foi implantado?

\_\_\_\_\_

43. Qual o seu nome completo?

\_\_\_\_\_

44. Quantas pessoas da cooperativa são beneficiadas pelo sistema na cooperativa?

\_\_\_\_\_

45. Quanto tempo de implantação?

\_\_\_\_\_

46. Qual a finalidade do uso da energia gerada pelo sistema?

\_\_\_\_\_

47. O sistema é interligado rede, isolado ou híbrido?

\_\_\_\_\_

48. Qual o valor dos custos de manutenção e referente a quais equipamentos?

\_\_\_\_\_

49. Quanto o sistema gera kWh?

\_\_\_\_\_

50. O sistema proporcionou melhoria após sua implantação; por que?

\_\_\_\_\_

51. Quanto em economia reais o sistema está proporcionando a cooperativa?

\_\_\_\_\_

53. A qual localidade se destina a produção?

\_\_\_\_\_

54. Possui assistência técnica para a manutenção dos equipamentos?

( ) Sim ( ) Não ( ) Não sabe/não quis responder ( ) Não se aplica Se sim, de quem?

---

**Bloco III - Informações específicas complementares junto aos fornecedores**

55. Levantamento dos custos operacionais para implantação de um sistema de energia eólica.

	Unidade	Vida útil	Custo unitário	Quantidade	Preço
Mini turbina eólica					
Controlador					
Inversor					
Cabos					
Dispositivos de proteção					