

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS, NÍVEL MESTRADO

JUCI JOSÉ DE PAULA

BARREIRAS E POTENCIALIDADES À DIFUSÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA,  
CONECTADA À REDE DE DISTRIBUIÇÃO, NO ESTADO DO TOCANTINS.

São Leopoldo  
2016

UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E  
SISTEMAS, NÍVEL MESTRADO

JUCI JOSÉ DE PAULA

BARREIRAS E POTENCIALIDADES À DIFUSÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA,  
CONECTADA À REDE DE DISTRIBUIÇÃO, NO ESTADO DO TOCANTINS.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas, pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Orientador: Prof. Ph.D. Luís Henrique Rodrigues

São Leopoldo  
Julho 2016

P324b Paula, Juci José de  
Barreiras e potencialidades à difusão de geração fotovoltaica, conectada à rede de distribuição, no estado do Tocantins / por Juci José de Paula. – 2016.  
126 f.: il. ; 30 cm.

Dissertação (mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, São Leopoldo, RS, 2016.  
“Orientação: Prof. Ph.D. Luís Henrique Rodrigues”.

1. Energia solar. 2. Sistemas de energia fotovoltaica. 3. Geração distribuída de energia elétrica. 4. Pensamento sistêmico. 5. Tocantins. I. Título.

CDU: 620.91

Catálogo na Publicação:

Bibliotecário Alessandro Dietrich - CRB 10/2338

JUCI JOSÉ DE PAULA

BARREIRAS E POTENCIALIDADES À DIFUSÃO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA,  
CONECTADA À REDE DE DISTRIBUIÇÃO, NO ESTADO DO TOCANTINS.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção e Sistemas pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS.

Aprovado em 15 de julho de 2016

BANCA EXAMINADORA:

---

Prof. Dr. Daniel Pacheco Lacerda

---

Prof. Dr. Luís Felipe Riehs Camargo

---

Prof. Dr. Miguel Afonso Sellitto

---

Prof. Ph.D. Luís Henrique Rodrigues – Professor Orientador

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus por ter me dado saúde e força para superar as dificuldades ao longo desta caminhada.

À UNISINOS, ao corpo docente, direção e administração que oportunizaram este mestrado.

Ao Prof. PhD. Luís Henrique pela oportunidade, orientação e apoio na *elaboração deste trabalho*.

A todos que direta ou, indiretamente, me auxiliaram nesta caminhada o meu muito obrigado.

Dedico este trabalho às pessoas mais presentes em minha vida:

Minha mãe, pelo exemplo de vida que é.

Meu pai, pelos conselhos.

À minha esposa, por estar ao meu lado nos melhores e piores momentos de minha vida.

À Maria Vitória, meu maior PRESENTE!

AMO MUITO VOCÊS!

## RESUMO

Em países como Alemanha, Japão, Estados Unidos e China a geração fotovoltaica ocupa lugar de destaque entre suas principais fontes geradoras de energia elétrica. No Brasil a geração fotovoltaica está sendo timidamente introduzida, contudo, ainda, não se destaca como fonte de energia elétrica em sua matriz elétrica. Há evidências de que a inércia, em seu desenvolvimento, está relacionada a barreiras econômicas, regulatórias, institucionais e de mercado. No intuito de encontrar os fatores que impedem sua difusão no estado do Tocantins, este trabalho busca através de um estudo de caso com a aplicação do método do pensamento sistêmico, gerar conhecimento sobre as principais barreiras ao uso desta fonte, objetivando atender à crescente demanda por energia elétrica e possibilitando uma popularização das fontes renováveis. Na primeira fase gerou-se um entendimento melhor sobre o tema pesquisado. Após, realizou-se entrevistas com especialistas que proporcionaram o entendimento da atual situação da difusão de sistemas fotovoltaicos no estado, confirmando a existências de barreiras e criando base para elaboração de miniestruturas sistêmicas que, posteriormente, foram consolidadas em uma única estrutura apresentando os dados encontrados. Os resultados obtidos apresentaram os problemas enfrentados pela geração distribuída fotovoltaica no estado, confirmando a existência de barreiras econômicas, institucionais, de mercado e outras, que atrapalham a difusão desta fonte. Ao final, foram propostas ações que eliminam ou minimizam estas barreiras.

**Palavras chave:** Energia Solar Fotovoltaica. Geração Distribuída. Barreiras. Pensamento Sistêmico.

## ABSTRACT

In countries like Germany, Japan, the United States and China, the photovoltaic power generation occupies a prominent place among their main electric energy generating source. In Brazil, the photovoltaic power generation is being timidly introduced. However, it does not stand out as an electric power source in its energetic matrix. There are evidences that its development inertia is related to economic, regulatory, institutional and market barriers. In an attempt to find the factors that prevent its dissemination in the State of Tocantins, this research seeks to engender knowledge about the main hindrances to the use of that source, through a case study, with the application of the systemic thinking method. It aims to meet the increasing demand of electric power and making it possible a popularization of the renewable sources. In the first phase, a better understanding of the studied topic was carried out. Thereupon, some interviews with specialists were performed. They provided the comprehension of the current situation of the photovoltaic systems diffusion in the state, thus confirming the existence of obstacles and creating a basis for the preparation of systemic mini structures that, subsequently, were consolidated into a single structure, presenting the data encountered. The obtained results demonstrated the problems confronted by the distributed photovoltaic generation in the state, reaffirming the existence of economic, institutional and market barriers among others, what obstruct the spreading of that source. Actions to eliminate or minimize those obstacles were proposed.

**Keywords:** Solar photovoltaic energy. Distributed generation. Barriers. Systemic thinking.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Variação do consumo e energia 2013/2014 .....	22
Figura 2: Oferta interna de energia elétrica e geração hidrelétrica .....	23
Figura 3: Os 10 maiores consumidores mundiais de energia elétrica em 2014.....	26
Figura 4: Fontes primárias na geração de energia elétrica no mundo, em %.....	28
Figura 5: Oferta interna de energia elétrica no Brasil, por fonte, em 2014.....	28
Figura 6: Geração de energia elétrica por fontes renováveis, em (GWh).....	29
Figura 7: Progressão da potência instalada em geração fotovoltaica, em (GW) .....	30
Figura 8: Potência instalada em geração distribuída fotovoltaica, no Brasil, em 2016.....	32
Figura 9: Evolução da geração distribuída, no Brasil, em KWp .....	32
Figura 10: Níveis de radiação solar em KWh/m <sup>2</sup> /dia.....	35
Figura 11: Níveis do pensamento sistêmico .....	45
Figura 12: Influência entre variáveis .....	47
Figura 13: Etapas da pesquisa .....	52
Figura 14: Radiação Solar no Plano Inclinado, média anual .....	57
Figura 15: Capacidade de geração se utilizados todos os telhados existentes.....	57
Figura 16: Níveis de importância das barreiras para a difusão dos SFV .....	59
Figura 17: ES Falta de linhas de créditos .....	64
Figura 18: Crescimento do mercado de trabalho fotovoltaico nos EUA Em mil.....	67
Figura 19: Comparação de demandas por mão de obra entre renováveis.....	68
Figura 20: ES Falta de mão de obra qualificada.....	69
Figura 21: ES Falta de informação ao consumidor.....	72
Figura 22: Normalização inadequada ou inexistente .....	75
Figura 23: Geração Térmica injetada no SIN, em MW .....	78
Figura 24: ES Não considerar as externalidades.....	79
Figura 25: Preços pagos na Alemanha e no Brasil em R\$/Wp.....	83
Figura 26: ES Custo inicial elevado .....	84
Figura 27: ES Falta de subsídio para SFV ou excesso de subsídio para geração convencional.....	88
Figura 28: ES Tempo de retorno de capital .....	90
Figura 29: ES Falta de uma cadeia produtiva completa .....	93
Figura 30: Estrutura Sistêmica Completa .....	95

Figura 31: Avenida Falta de linhas de créditos .....	96
Figura 32: Avenida Falta de mão de obra qualificada.....	97
Figura 33: Avenida Falta de informação aos consumidores .....	98
Figura 34: Avenida Normalização inadequada ou inesistente .....	99
Figura 35: Avenida Não considerar as externalidades .....	100
Figura 36: Avenida Custo inicial elevado.....	101
Figura 37: Avenida Falta de subsídio para SFV ou excesso de subsídio para geração convencional.....	102
Figura 38: Avenida Tempo de retorno de capital .....	103
Figura 39: Avenida Falta de uma cadeia produtiva completa .....	104
Figura 40: Criar incentivos .....	107
Figura 41: Quantificar custos externos .....	108
Figura 42: Criar linhas de crédito.....	109
Figura 43: Qualificar profissionais em SFV .....	110
Figura 44: Divulgar a energia solar fotovoltaica para a sociedade .....	112
Figura 45: Fomentar a produção de fotovoltaicos.....	113

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Entrevistados .....	54
Quadro 2: Barreiras .....	58
Quadro 3: Relação das miniestruturas.....	60
Quadro 4: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B1 .....	61
Quadro 5: Parciais de respostas à pergunta 4 e 5, barreira B1 .....	62
Quadro 6: Linhas de financiamento oferecidos pelo BNDES.....	63
Quadro 7: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B2.....	65
Quadro 8: Parciais de respostas à pergunta 4 e 5, barreira B2.....	66
Quadro 9: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B3.....	70
Quadro 10: Parciais de respostas à pergunta 4 e 5, barreira B3.....	71
Quadro 11: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B4.....	73
Quadro 12: Parciais de respostas às perguntas 4 e 5, barreira B4 .....	74
Quadro 13: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B5.....	76
Quadro 14: Parciais de respostas à pergunta 4 e 5, barreira B5.....	77
Quadro 15: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B6.....	80
Quadro 16: Parciais de respostas à pergunta 4 e 5, barreira B6.....	81
Quadro 17: Dados utilizados para simulação e resultados.....	83
Quadro 18: Parciais de respostas à pergunta 3, barreiras B7 e B8.....	85
Quadro 19: Parciais de respostas à pergunta 4 e 5, barreira B7 e B8.....	86
Quadro 20: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B9.....	89
Quadro 21: Parciais de respostas à pergunta 4 e 5, barreira B9.....	91
Quadro 22: Parciais de respostas à pergunta 4 e 5, barreira B10.....	92
Quadro 23: Impactos e variáveis .....	105
Quadro 24: Impactos, ações, variáveis e barreiras.....	106
Quadro 25: Itens que atendem aos objetivos .....	116

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Capacidade instalada em (MW).....	29
Tabela 2: 10 países que mais adicionaram potência em geração fotovoltaica .....	31
Tabela 3: 10 estados com maior potência instalada, em GD, em 2016.....	33
Tabela 4: Demanda nos Estados Unidos por mão de obra em SFV, em mil .....	66
Tabela 5: Preços médios em R\$/Wp praticados no Brasil.....	82

## LISTA DE SIGLAS

ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica.
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
ARASOL	Empresa de Energia SOLAR
BDN	Banco de Desenvolvimento do Nordeste
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social.
CEO	Chief Executive Officer
CGEE	Centro de Gestão e Estudos Estratégicos
CNPJ	Cadastro Nacional da Pessoa Jurídica
CO <sub>2</sub>	Gás carbônico
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
CONFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONSTRUCARD	Cartão oferecido pela Caixa Econômica Federal para aquisição de materiais de construção
COPEL	Companhia Paranaense de Energia
CPF	Cadastro de Pessoa Física
DOU	Diário Oficial da União
EBC	Energy in Building and Communities Program
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
EPIA	European Photovoltaic Industry Association
EUA	<i>Estados Unidos</i> da América
FECOLINAS	Fundação Municipal de Desenvolvimento de Colinas do Tocantins
GD	Geração Distribuída
GDFV	Geração Distribuída Fotovoltaica
GREENPEACE	Organização Global cuja missão é proteger o meio ambiente
GW	Gigawatts
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto Sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IDEAL	Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina

IEA	International Energy Agency
IFTO	Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins
IRENA	International Renewable Energy Agency
KW	Quilowatts
MME	Ministro de Minas e Energia
MWp	Megawatts de pico
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory</i>
PAYBACK	Tempo de retorno de capital
PIS	Programa de Integração Social
ProGD	Programa de Geração Distribuídas
REN21	Renewable Energy Policy Network for the 21st Century
SFV	Sistema Fotovoltaico
SIN	Sistemas Interligado Nacional
UDOP	União dos Produtores de Bioenergia
UFT	Universidade Federal do Tocantins
Wp	Watts de pico
WWF	World Wildlife Fund ou Fundo Mundial da Natureza

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 QUESTÃO DE PESQUISA.....	20
1.2 OBJETIVOS.....	20
1.2.1 Objetivo Geral.....	20
1.2.2 Objetivo Específico.....	20
1.3 JUSTIFICATIVA.....	21
1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA.....	24
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	24
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	26
2.1 FONTES PRIMÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO.....	26
2.2 ENERGIA RENOVÁVEL.....	27
2.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA.....	30
2.4 BARREIRAS À DIFUSÃO DA GD.....	34
2.4.1 Levantamento e Análise das Barreiras.....	35
2.4.1.1 Barreiras Institucionais.....	36
2.4.1.1.1 Falta de Informação aos Consumidores.....	36
2.4.1.1.2 Barreiras de Mercado.....	37
2.4.1.1.2 Subsídios para Geração Convencional.....	38
2.4.1.1.2.3 Falta ou Insuficiência de Subsídios para Geração solar Fotovoltaica.....	39
2.4.1.1.2.4 Não Considerar as Externalidades na Composição dos Custos da Geração de Energia Convencional.....	40
2.4.1.1.2.5 Falta de Mão de Obra Qualificada.....	41
2.4.1.3 Barreiras Econômicas e Financeiras.....	41
2.4.1.3.1 Tempo de Retorno de Capital Elevado.....	42
2.4.1.3.2 Falta de Linhas de Crédito Específicas para Implantação de Geração Fotovoltaica.....	42
2.4.1.3.3 Alto Custo de Implantação.....	43
2.4.1.4 Barreiras Regulatórias.....	43
2.4.1.4.1 Falta ou Insuficiência de Regulamentação.....	44
2.5 PENSAMENTO SISTÊMICO.....	45
2.5.1 Os Níveis do Pensamento Sistemico.....	45

2.5.2 Linguagem Sistêmica.....	46
2.5.2.1 Gramática da Linguagem Sistêmica .....	46
2.5.3 Método Sistemico .....	47
3 METODOLOGIA .....	50
3.1 MÉTODO DE PESQUISA.....	50
3.1.1 Classificação da Pesquisa .....	50
3.2 MÉTODO DE TRABALHO .....	51
3.2.1 Primeira Etapa .....	53
3.2.2 Segunda Etapa .....	53
4 ESTUDO DE CASO.....	56
4.1 APRESENTAÇÃO DO ESTADO DO TOCANTINS, LOCAL DE APLICAÇÃO DO ESTUDO.....	56
4.2 APRESENTAÇÃO DAS BARREIRAS .....	58
4.3 REALIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS .....	59
4.4 CONSTRUINDO MINISTRUTURAS SISTÊMICAS.....	60
4.4.1 ES1 Falta de Linhas de Crédito .....	61
4.4.2 ES Falta de Mão de Obra Qualificada .....	64
4.4.3 ES3 Falta de Informação .....	69
4.4.4 ES4 Normalização Inadequada ou Inexistente .....	72
4.4.5 Não Considerar as Externalidades .....	75
4.4.6 ES6 Custo Inicial Elevado.....	79
4.4.7 ES Falta de Subsídios para SFV ou Excesso de Subsídios para Geração Convencional.....	84
4.4.8 ES8 Tempo de Retorno de Capital .....	88
4.4.9 ES Falta de uma Cadeia Produtiva Completa .....	90
4.4.10 Estrutura Sistêmica Completa .....	94
4.5 VALIDAÇÃO DA ESTRUTURA E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS QUE IMPACTAM NA VARIÁVEL CENTRAL.....	105
4.6 AÇÕES PARA ALAVANCAGEM DA VARIÁVEL CENTRAL .....	106
4.6.1 Criar Incentivos Fiscais.....	107
4.6.2 Quantificar os Custos Externos .....	108
4.6.3 Criar Linhas de Créditos .....	109
4.6.4 Qualificar Profissionais em SFV.....	110
4.6.5 Divulgar a Geração Distribuída Fotovoltaica para a Sociedade.....	111



4.6.6 Fomentar a Produção de Fotovoltaicos .....	113
5 CONCLUSÃO .....	115
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS .....	116
5.2 LIMITAÇÕES .....	117
REFERENCIAS .....	118
ANEXO 1 .....	126

## 1 INTRODUÇÃO

Em 2015 havia uma população mundial de aproximadamente 7,3 bilhões de pessoas. A previsão para 2030 foi estimada em aproximadamente 8,42 bilhões e para 2050, de 9,6 bilhões de pessoas, significando um crescimento de aproximadamente 0,9% ao ano (UN, 2014). No Brasil, a população estimada em 1º de julho de 2014 era de aproximadamente 202,7 milhões de pessoas, sendo que no Estado do Tocantins, a estimativa para a mesma data foi de aproximadamente 1,5 milhões de pessoas. (IBGE, 2014). Não se pode afirmar que o consumo de energia elétrica esteja diretamente ligado ao aumento da população; o que se sabe é que nos últimos anos, a demanda por energia elétrica aumentou consideravelmente. Sabe-se, também, que as fontes mais exploradas estão cada vez menos acessíveis e, quando utilizadas, são prejudiciais ao meio ambiente. Esse panorama demonstra a necessidade de se buscar uma fonte inesgotável de energia, fonte essa que não prejudique o meio ambiente e que seja renovável.

No Brasil, o fornecimento de energia elétrica, em sua grande maioria, vem de grandes usinas centralizadas como hidroelétricas e termoelétricas. Estas tecnologias, por serem mais desenvolvidas, são privilegiadas pelos planos de expansão que preveem os maiores investimentos para a construção deste tipo de usina. Ainda que sejam conhecidas como fonte de energia limpa, as usinas hidrelétricas, na forma como são construídas, com grandes lagos, desmatamentos de grandes áreas, inundação de áreas cultiváveis, realocação de comunidades inteiras e etc. Causam grandes prejuízos ambientais e sociais. Diante disto, deve-se olhar para as fontes de energias renováveis e que causam menor impacto ambiental, como uma oportunidade de aumentar a oferta de energia, dando a estas tecnologias um papel relevante na matriz elétrica brasileira.

Países de todo o mundo buscam caminhos para resolver o problema das emissões de gases, ditos como prejudiciais à camada de ozônio. Tentam ainda ampliar a oferta de energia, para atender a demanda crescente imposta pelo crescimento socioeconômico e, ao mesmo tempo, reduzir impactos ambientais ligados à produção de energia.

Diante do exposto, o presente trabalho foi desenvolvido com a intenção de se compreender as barreiras que afetam a difusão da geração fotovoltaica distribuída no

estado do Tocantins. Há que se considerar a hipótese da existência de barreiras à esta difusão, tendo em vista que, em uma região onde a radiação solar é constante e intensa durante todo o ano existem tão poucos geradores instalados. (ANEEL, 2015). A utilização de energias renováveis encontra resistências que nem sempre são bem explicadas ou de fácil reconhecimento. Existem entraves que vão desde a uma simples falta de informação a um potencial usuário. Há também problemas econômicos mais complexos como considerar os custos externos ligados à energia gerada por fontes convencionais. Mesmo com a necessidade de se investir em energias renováveis, nota-se uma inércia neste mercado que, por vezes, parece insuperável.

O Brasil ocupa um lugar de destaque no uso de energias renováveis, com aproximadamente 70% de toda a sua potência instalada, em geração de energia elétrica, derivada de fontes renováveis. (EPE, 2015a). Das fontes renováveis de energia elétrica, a hidráulica é a mais explorada no Brasil, ocupando lugar de destaque dentre as energias primárias utilizadas para geração de eletricidade. (EPE, 2015a). Em contrapartida, em função das estiagens que têm prejudicado a capacidade de geração das hidrelétricas, as fontes de energia não-renováveis, como o petróleo, carvão mineral e o gás natural estão sendo os mais utilizados. Com isso elevam-se suas participações na matriz energética. (ELNOZAH, 2013).

Em outros países, a exploração da energia solar tornou-se viável devido a ações governamentais que criaram condições para que se vencessem barreiras técnicas e não técnicas; porém, ainda há muito a ser feito. No Brasil, essas ações governamentais estão no começo; o que se fez até agora foi tentar vencer barreiras regulatórias. (EPIA, 2014). Conforme Azadian (2013), no mundo, a produção de energia elétrica por geração fotovoltaica distribuída, conectada à rede, é insignificante se comparada à que é produzida por fontes tradicionais.

Até o começo deste século, a tecnologia fotovoltaica era utilizada basicamente em sistemas isolados, atendendo locais onde havia impossibilidade de se levar energia através de redes de distribuição devido a limitantes econômicos ou obstáculos naturais. Atualmente, mais de 95% dos sistemas fotovoltaicos instalados no mundo todo são de sistemas conectados à rede de distribuição. (EPE, 2014a).

Esta mudança começou no Brasil em 2012, quando foi aprovada e publicada a resolução normativa 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica. (ANEEL). A resolução normativa 482 foi um marco para a geração fotovoltaica no país,

regularizando e dando diretrizes para a conexão de micro e minigeradores de energia elétrica na rede de distribuição, oportunizando à geração distribuída no Brasil uma perspectiva de crescimento. Esta resolução foi o primeiro passo para romper barreiras regulatórias existentes na conexão de geradores de pequeno porte à rede de distribuição.

A geração fotovoltaica distribuída é composta de geradores fotovoltaicos conectados à rede de distribuição, através de um sistema de medição bidirecional. Esse sistema de geração é instalado, geralmente, sobre telhados de prédios, de garagens e casas, de maneira a se utilizar os espaços ociosos nas edificações. Conseqüentemente, os setores de consumo mais atendidos são o residencial e o comercial, onde quase todo o consumo pode ser atendido pela geração própria. A medição é feita através de um sistema de compensação, onde a energia elétrica ativa gerada por uma unidade geradora compensa a energia ativa consumida pela mesma unidade consumidora. Este sistema é chamado de Net Metering. (ANEEL, 2012).

A resolução 482/2012, alterada pela resolução ANEEL 687/2015, define classes para o sistema de geração distribuída, como a de microgeração e de minigeração. A de microgeração abrange geradores com potência instalada até 75KW e a de minigeração, para geradores com potência de 75kw até 3MW para fontes hídricas e até 5MW para as demais fontes. A microgeração é utilizada em unidades consumidoras residenciais e comerciais, onde a compensação é feita na conta de energia ao final de um período de medição. Se o que foi consumido for maior que o gerado, então o consumidor pagará a diferença; se o que for consumido for menor que o gerado, então o excedente gerado é acumulado para o próximo mês.

O Brasil, comparado aos países líderes em geração fotovoltaica distribuída é, de longe, o que tem maior potencial para exploração. Isto se dá em função dos altos índices de radiação solar. Conforme levantamento de EPE (2014a), o estado brasileiro que tem menor potencial técnico fotovoltaico residencial possui uma capacidade de suprir seu consumo residencial em 1,4 vezes. O sistema Net Metering, adotado na legislação brasileira como meio de compensação do excedente gerado, não é tão atraente para os investidores como outros mecanismos utilizados inicialmente em outros países, de forma que esta não atratividade pode atuar como uma barreira, não viabilizando economicamente e evitando a universalização da fonte (TOLEDO, 2010).

## 1.1 QUESTÃO DE PESQUISA

A implantação de uma indústria fotovoltaica brasileira depende de um mercado atrativo, que proporcione segurança aos investidores. Para que isto aconteça, é preciso vencer a inércia da atual expansão que o mercado fotovoltaico enfrenta. Em outros países foram adotadas medidas técnicas, financeiras e regulatórias, como exemplo o feed in tariff, que paga valores diferenciados à energia procedente de fontes fotovoltaicas. Tendo o Brasil, em especial o estado do Tocantins, um grande potencial energético, é necessário que haja ações que deixem este mercado atrativo. Portanto, o presente trabalho deverá responder a seguinte pergunta: Quais são as principais barreiras que impedem a difusão da energia solar fotovoltaica distribuída e quais são as potencialidades para exploração desta fonte no estado do Tocantins?

## 1.2 OBJETIVOS

São os seguintes os objetivos geral e específicos deste trabalho.

### 1.2.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é encontrar as principais barreiras ao uso da energia solar fotovoltaica distribuída e as potencialidades para exploração desta fonte no estado do Tocantins. Além disso, identificar pontos de alavancagem, visando atender à crescente demanda por energia elétrica e possibilitando uma diversificação das fontes. Além disso, contribuir com pesquisas e estudos que vêm sendo desenvolvidas sobre este assunto.

### 1.2.2 Objetivo Específico

- a) Enunciar as barreiras sobre o uso da geração distribuída fotovoltaica no estado do Tocantins;
- b) Enunciar as potencialidades para exploração dessa fonte no estado do Tocantins;
- c) Identificar os pontos de alavancagem que tornarão viável o uso da geração fotovoltaica distribuída no estado do Tocantins.

### 1.3 JUSTIFICATIVA

A geração fotovoltaica distribuída é uma ideia nova no Brasil, mas em países como Alemanha, Japão, Estados Unidos, China e outros, tornou-se uma opção viável e faz parte de suas matrizes energéticas. Contudo, ainda se encontram barreiras à implantação desta tecnologia.

Em alguns desses países, incentivados por políticas governamentais, foram criados diversos empreendimentos de geração de energia provenientes de usinas de processamento de biomassa, principalmente Resíduos Sólidos Urbanos (RSU). Esses empreendimentos vêm se estabelecendo no mercado internacional. No ano de 2011, o aproveitamento energético de 90 milhões de toneladas de RSU produzidos em todo o mundo, gerou cerca de 90 TWh de energia elétrica (EPE, 2014c). Conforme o IEA (2011) das duas mil usinas usadas para processar todo esse resíduo, a maioria está localizada, principalmente, nos Estados Unidos, Alemanha e Japão.

A preocupação com a preservação ambiental aliada ao aumento da demanda energética, impulsiona a comunidade científica a pesquisar e a desenvolver novas fontes de energia menos poluentes e renováveis e que não produzam impacto ambiental. Entre as fontes de energia renováveis, a solar se apresenta como a mais promissora. A exploração da energia solar fotovoltaica no Brasil, ainda é muito inferior a de países que lideram o uso desta tecnologia. O país conta com uma potência instalada, em sistemas fotovoltaicos, de aproximadamente 45MW, sendo que, deste total, cerca de 22MW advém de sistemas centralizados. (ANEEL, 2016).

No estado do Tocantins, a situação ainda é mais crítica que a de outras regiões brasileiras, como Minas Gerais, São Paulo ou Rio Grande do Sul. O estado não conta com nenhum sistema fotovoltaico centralizado e conta com apenas 27 sistemas distribuídos, tendo uma potência instalada média, por sistema, de 32KWp. (ANEEL, 2016).

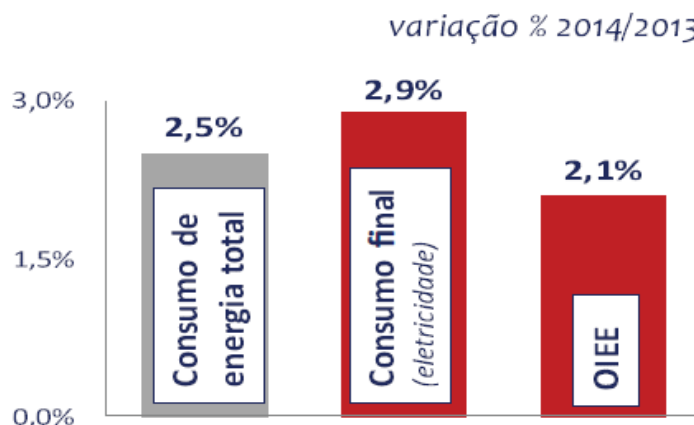
A presente proposta de pesquisa apresenta as barreiras ao aproveitamento da luz solar para geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos interligados à rede de distribuição. Enfatizando a importância da exploração da luz solar como provedora de energia elétrica, motiva-se o trabalho sobre o tema discorrido e se apresenta como uma alternativa de fonte sustentável em substituição às fontes tradicionalmente utilizadas.

Encontrar as barreiras que impedem a difusão do sistema de geração fotovoltaica distribuída no estado do Tocantins é de fundamental importância, uma vez que este estado possui um dos maiores índices de radiação solar do Brasil, ficando atrás apenas dos estados do nordeste.

A Empresa de Pesquisa Energética - EPE, elaborou um estudo para levantar o potencial energético residencial, onde analisou a capacidade de geração de sistemas fotovoltaicos, considerando a possibilidade de se instalar este sistema, em todos os telhados residenciais em cada estado brasileiro. O estudo mostrou que em todos os estados brasileiros a capacidade de geração de energia fotovoltaica, aproveitando apenas as edificações existentes, é superior à demanda residencial. Considerando todo o país, o potencial de geração é, aproximadamente, 2,3 vezes o consumo de energia elétrica residencial e, neste cenário, o estado do Tocantins ocupa a 8ª posição. (EPE, 2014a).

O consumo de energia elétrica tem aumentado em maior proporção que o crescimento da oferta interna de energia. Esta afirmação fica clara analisando-se a figura 1, que apresenta a alteração no consumo e na oferta de energia elétrica, ocorrida de 2013 para 2014, e que aponta um aumento de 2,9% no consumo final de energia elétrica frente a um aumento de 2,1% na oferta interna de energia elétrica, demonstrando a necessidade de se encontrar novas formas de incrementar esta oferta interna de energia. (EPE, 2015a). As mesmas informações, contidas no balanço energético nacional de 2014, apresentavam um déficit de 0,5% entre o crescimento do consumo e da oferta interna de energia. Este déficit, conforme verificado no balanço energético nacional 2015, teve um aumento para 0,8%. (EPE, 2015a).

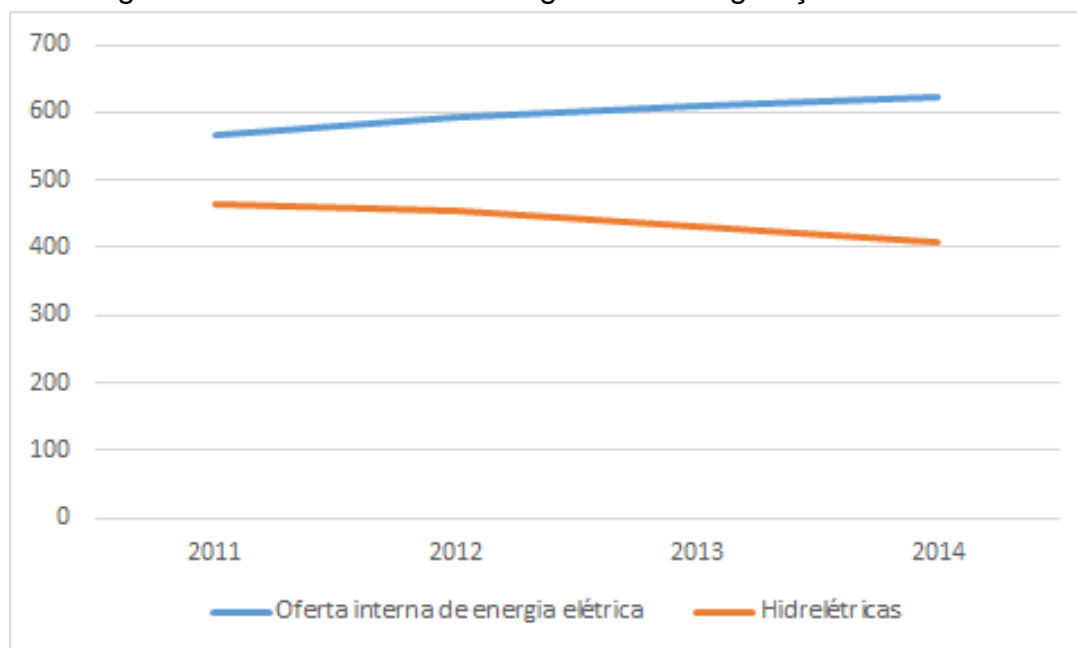
Figura 1: Variação do consumo e energia disponibilizada 2013/2014.



Fonte: (EPE, 2015a)

Além do déficit do crescimento da oferta de energia elétrica perante a demanda, nos últimos anos houve alterações nas condições hidrológicas causadas por falta de chuvas, levando a uma redução na capacidade de geração das grandes usinas hidrelétricas, que consiste na fonte tem maior participação na matriz elétrica brasileira. A figura 2 apresenta o comportamento da produção de energia elétrica por hidrelétricas, frente a oferta interna de energia, nos últimos anos.

Figura 2: Oferta interna de energia elétrica e geração hidrelétrica



Fonte: (EPE, 2015a)

Com a necessidade de atender a demanda crescente por energia elétrica e em função da queda da capacidade de geração das hidrelétricas, houve um aumento considerável na participação das termelétricas na matriz elétrica brasileira, que passou de uma participação com 18,9% em 2011 para uma participação de 34,7% em 2014. (EPE, 2012a; EPE, 2015a). Conforme o WWF (2015) o acionamento das térmicas em 2014 elevou as emissões de CO<sub>2</sub> em cerca de 70 bilhões de toneladas e provocou aumento das tarifas de energia elétrica, o que gerou custos à sociedade e ao meio ambiente.

Por outro lado, o investimento em usinas hidrelétricas não elimina a possibilidade da ocorrência de impactos ambientais, uma vez que na etapa de construção ocorre a inundação de áreas cultiváveis, cidades ribeirinhas e de florestas. E, ainda, os impactos sobre a fauna e a flora podem levar à extinção de espécies



nativas. Causa, também, a eutrofização das águas, aumentando a proliferação de microrganismos que podem afetar a saúde do ser humano. Há, também, o impacto social com a necessidade de realocação de cidades ribeirinhas.

#### 1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Com o presente trabalho pretende-se encontrar as barreiras que tornam difícil a difusão da geração fotovoltaica distribuída no estado do Tocantins. Não se tem a intenção de propor soluções para o problema e sim escrever um material de pesquisa que possa ser utilizado por outros pesquisadores ou qualquer outro interessado pelo tema. Pretende-se, também, levantar as potencialidades ou pontos de alavancagem que possam existir, para contribuir, mesmo que de forma teórica, com o desenvolvimento deste estado.

A pesquisa será desenvolvida levando em consideração o desenvolvimento da tecnologia da energia solar fotovoltaica no Brasil e no estado do Tocantins entre os anos de 2000 a 2016. As entrevistas se limitarão às empresas, usuários de sistemas e pesquisadores do Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Tocantins (IFTO) e Universidade Federal do Tocantins (UFT), na cidade de Palmas em função da indisponibilidade de recursos financeiros para deslocamento e hospedagem. Apesar de existirem muitas barreiras técnicas, que interferem na difusão da geração fotovoltaica distribuída, a pesquisa se limitará a estudar as barreiras de origem não técnicas que abrangem as questões social e econômica.

Ainda que a geração de energia elétrica, originada de sistemas fotovoltaicos, seja composta por sistemas centralizados e sistemas distribuídos, a pesquisa se limitará a entender os fatores que impedem a difusão dos sistemas distribuídos, com foco nas instalações residenciais, comerciais e industriais que representam, aproximadamente, 98% do total de sistemas instalados no país.

Não se pretende, com a pesquisa, desenvolver uma ferramenta que encontre todos os obstáculos à expansão da geração solar fotovoltaica distribuída, mas sim levantar os obstáculos mais importantes. Esta pesquisa será relacionada às barreiras encontradas no estado do Tocantins e não se aplicará aos demais estados, devido às diferentes características regionais destes.

## 1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

Esta dissertação apresenta um resumo de toda a pesquisa desenvolvida pelo pesquisador e está apresentada em 5 capítulos, que se dividem em Contextualização da pesquisa, Referencial teórico, método proposto para o desenvolvimento da pesquisa, Detalhe do método proposto e, por fim, Considerações finais. Estes capítulos serão apresentados a seguir:

Capítulo 1: Contextualização da pesquisa, questão de pesquisa, objetivo geral, objetivos específicos e justificativa. Na contextualização da pesquisa será feita uma abordagem geral sobre o assunto escolhido para desenvolver esta pesquisa. A questão de pesquisa apresenta o problema proposto. Os objetivos apresentam o que se espera alcançar com este trabalho. A justificativa apresenta a necessidade de se realizar o trabalho.

Capítulo 2: O Referencial teórico contempla a revisão bibliográfica que irá criar embasamento teórico para sustentar os argumentos utilizados ao longo do trabalho, abordando questões técnicas, financeiras e regulatórias da geração fotovoltaica distribuída, no Brasil e no mundo.

Capítulo 3: O Método proposto apresenta as considerações sobre o método de pesquisa, descrevendo as características metodológicas, justificando a escolha e a utilização da abordagem adotada para o desenvolvimento deste trabalho.

Capítulo 4: A pesquisa – Será desenvolvido um estudo de caso com uma pesquisa de natureza aplicada, com abordagem do problema qualitativa explicativa. Serão elaborados questionários para entrevistas com pessoas envolvidas com a geração fotovoltaica distribuída. Após a pesquisa os dados serão analisados e compilados.

Capítulo 5: Considerações finais - Apresenta a síntese dos resultados obtidos, limitações e contribuições alcançadas bem como as possibilidades de trabalhos futuros.

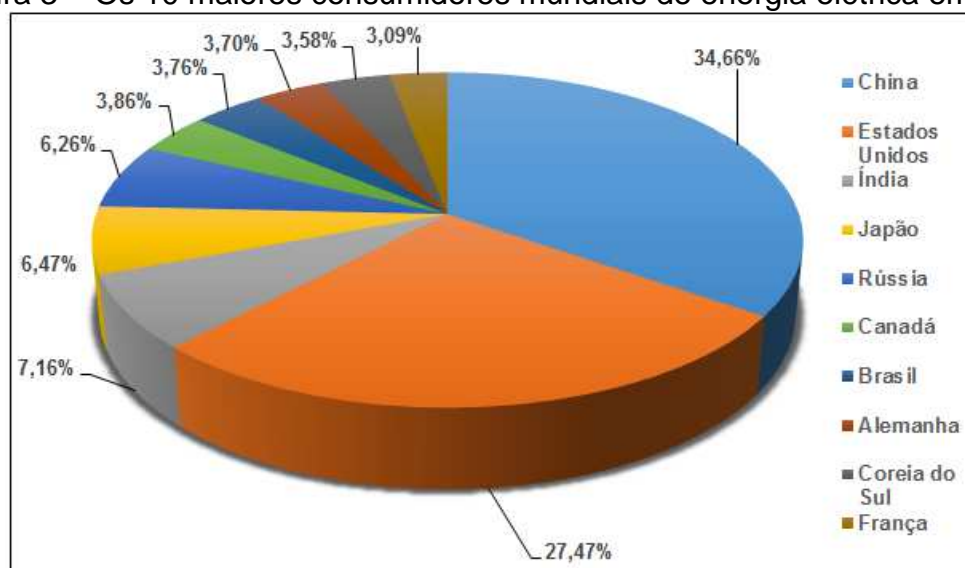
## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

Apresenta-se neste capítulo o referencial teórico sobre os conceitos utilizados para elaboração desta pesquisa. Apresenta-se, também os elementos que sustentam este trabalho. Aborda-se a situação do consumo de energia elétrica, a situação das fontes renováveis e, ainda, a situação da fonte solar fotovoltaica no mundo e no Brasil e, ao final apresenta algumas opiniões de pesquisadores sobre as barreiras analisadas no trabalho.

### 2.1 FONTES PRIMÁRIAS DE ENERGIA ELÉTRICA NO MUNDO

Em 2012 a matriz geradora de energia elétrica mundial, era formada por 21,9% de fontes renováveis e 78,1% de fontes não renováveis. Na demanda por energia elétrica mundial o combustível fóssil foi o que teve maior participação, com aproximadamente, 67,2%, seguido por fontes renováveis com participação de 21,9% e, a fonte nuclear, teve participação de 10,9%. Isto demonstra a dependência mundial de fontes não renováveis em grande escala, tornando-se importante uma mudança na matriz energética, inserindo ou ampliando a participação de outras fontes de energia na geração de energia elétrica. (EPE, 2015c).

Figura 3 – Os 10 maiores consumidores mundiais de energia elétrica em 2014



Fonte: (GLOBAL, 2014)

Dentre os dez países maiores consumidores de energia elétrica do mundo, no ano de 2013, a China ocupa o primeiro lugar com um consumo de 4883TWh, que significa 34,66% do consumo total deste grupo e, 23,81% de todo o consumo mundial. Os EUA ficaram em segundo lugar com um consumo de 3830TWh, significando 27,47% do consumo dos dez maiores consumidores e com a participação de 18,87% de todo o consumo mundial. Os dois países são responsáveis por, aproximadamente, 42% de todo o consumo mundial de energia elétrica. O Japão ocupou a quarta posição com um consumo de 903TWh e, participação de 6,47%. Estes países tem suas matrizes energéticas baseadas em fontes não renováveis de energia. O Brasil com um consumo de 524TWh ficou com a sétima posição com uma participação de 3,76% (GLOBAL, 2014).

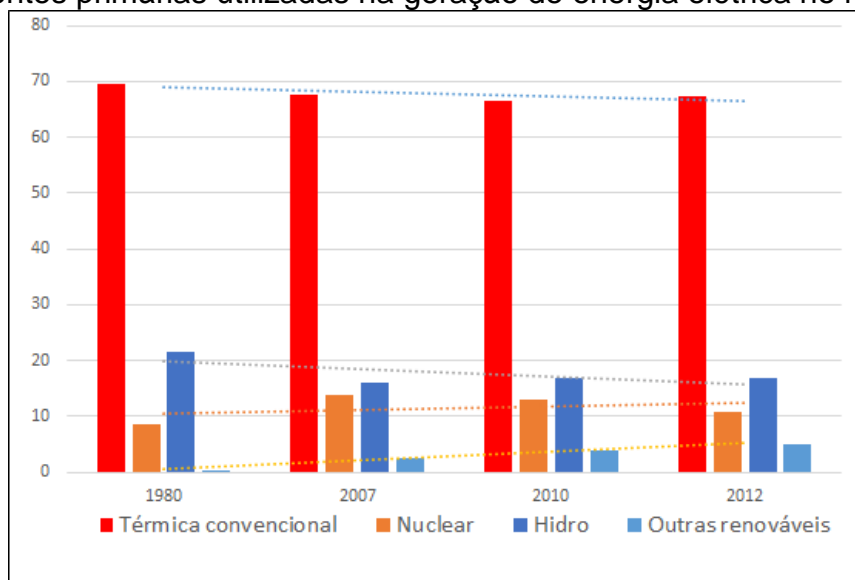
## 2.2 ENERGIA RENOVÁVEL

Atualmente, na área de planejamento de sistemas elétricos de potência, existe um desafio a ser superado para conectar às redes o crescente aumento do nível de geração distribuída advindos de fontes renováveis. O mundo está enfrentando um grande problema com a ausência de energia segura, danos ambientais causados por excessivo consumo de energia vindos de fontes que causam poluição (TOLEDO, 2010). O histórico de geração de energia elétrica mundial mostra que há uma predominância de fontes primárias não renováveis, nota-se pela figura 4, que a geração térmica, que é proveniente de fontes não renováveis apresentou, ao longo de três décadas, um decréscimo de 0,0842% ao ano, representando um pequeno decréscimo, mantendo-se quase que constante durante todo este período. A figura 4 apresenta, ainda, um crescimento de 0,4737% ao ano no uso de outras fontes renováveis como solar e eólica. Porém, fontes renováveis como a hidráulica mostraram uma tendência de queda de 0,1658% ao ano, ao longo deste período.

Há uma preocupação mundial com a redução das emissões de carbono, estando os principais consumidores procurando fontes alternativas de energia que sejam seguras e não poluentes. Porém, para as fontes de energia renováveis, como a solar fotovoltaica, possam competir com as fontes tradicionais é importante uma preocupação especial para o problema econômico. (ABOLHOSSEINI, 2014). Segundo o mesmo autor, se estas tecnologias não tiverem uma vantagem econômica, como incentivos governamentais, como por exemplo o feed in tariff, ou levar em

consideração os custos ambientais e sociais, a difusão deste tipo de fontes renováveis não acontecerá.

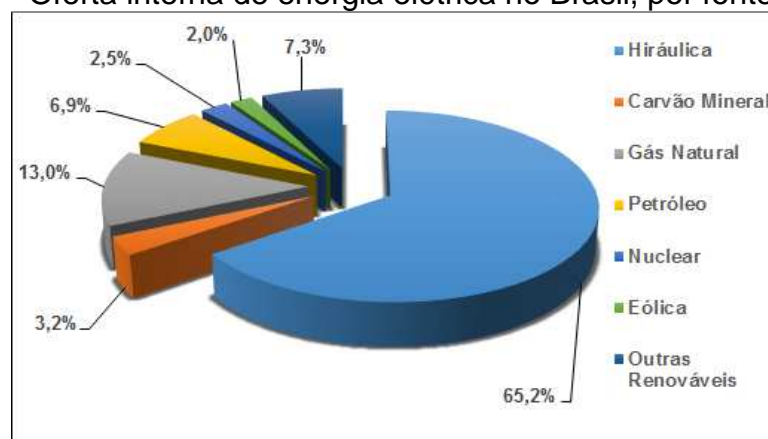
Figura 4: Fontes primárias utilizadas na geração de energia elétrica no mundo, em %



Fonte: (EPE, 2015b)

O Brasil toma um rumo diferente do resto do mundo com relação as fontes primárias utilizadas para geração de energia elétrica, tendo uma predominância de fontes renováveis, dentre estas se destacou a hidráulica com 65,2% de contribuição no ano de 2014, porém, com relação ao ano de 2013, esta fonte sofreu uma queda na sua participação de 8,28% na matriz elétrica brasileira. E as fontes não renováveis tiveram uma participação na matriz elétrica de 25,6%, no ano de 2014, apresentando um aumento em sua contribuição de 23,7% comparado ao ano anterior. (EPE, 2015a). A situação da matriz elétrica no Brasil está representada na figura 5.

Figura 5 – Oferta interna de energia elétrica no Brasil, por fonte, em 2014



Fonte: (EPE, 2015a)

A tabela 1 apresenta a capacidade instalada de geração em 2014 com uma alteração comparada a 2013 de 5,7%. As fontes renováveis contribuíram com 81,9% para este acréscimo de potência, já as fontes não renováveis contribuíram com apenas 18,1%. (EPE, 2015a).

Tabela 1: capacidade instalada em (MW)

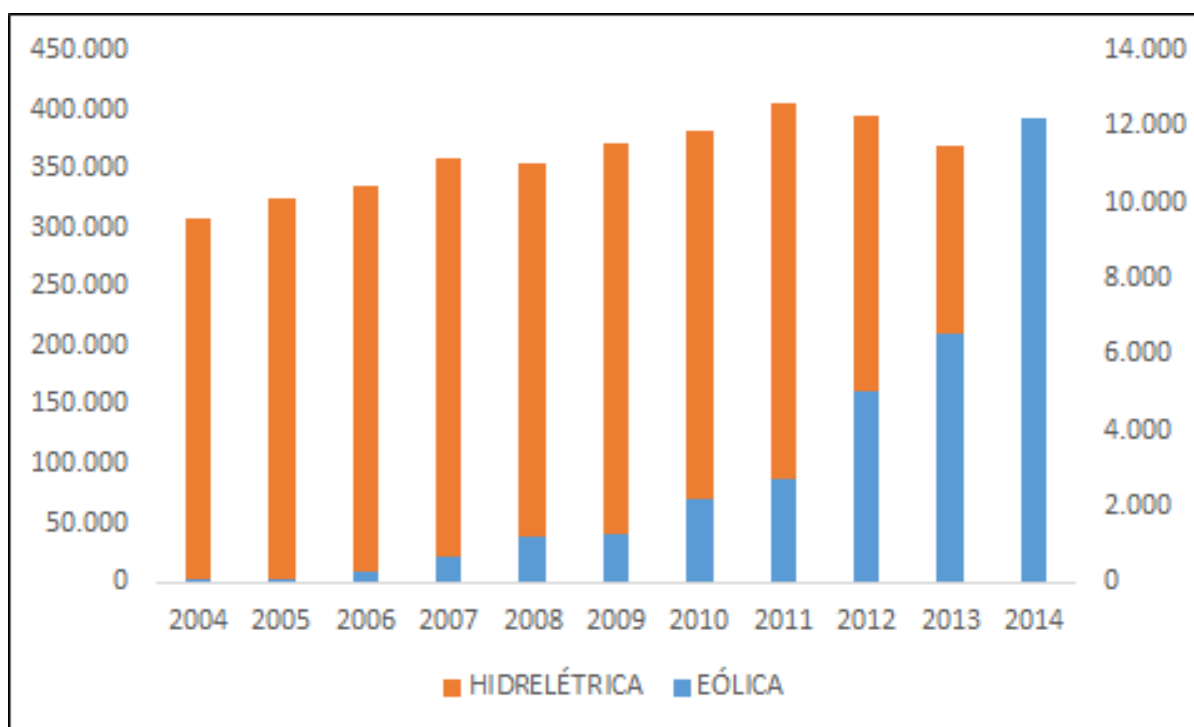
Fonte	2013	2014	Varição 2013-2014
Hidrelétrica	86.018	89.195	3,7%
Térmica <sup>1</sup>	36.528	37.827	3,6%
Nuclear	1.990	1.991	0,0%
Eólica <sup>2</sup>	2.207	4.903	122,2%
Total	126.743	133.914	5,7%

Fonte: (EPE, 2015a)

1 Inclui biomassa, petróleo, gás natural e carvão mineral;  
2 Inclui solar.

A figura 6 apresenta um histórico, ao longo de uma década, com crescimento do uso de fontes renováveis para geração de energia elétrica. Há uma predominância da fonte hidráulica que se torna muito vulnerável a grandes períodos de estiagem, isto é percebido nos anos de 2012 e 2013, onde a geração teve uma queda considerável, e confirma a pouca contribuição desta fonte em 2013.

Figura 6: Geração de energia elétrica por fontes renováveis, em (GWh)



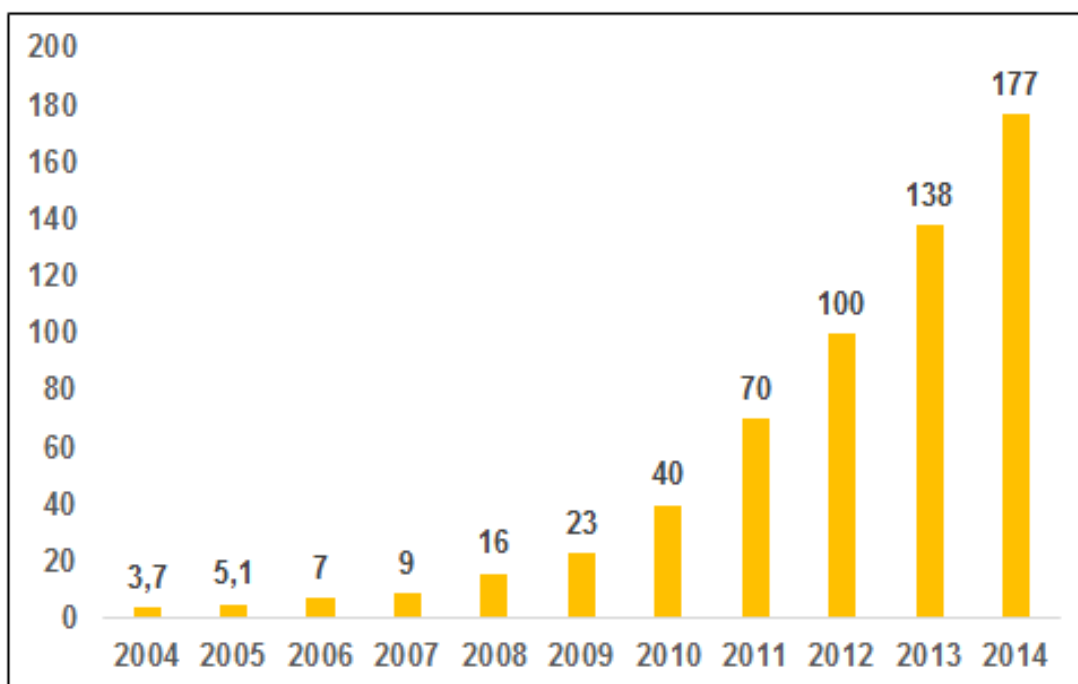
Fonte: (EPE, 2015a)

## 2.3 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

Em todo o mundo existem bilhões de pessoas que não tem acesso à energia elétrica e, conseqüentemente, às suas vantagens. A melhor forma de atender às necessidades destas pessoas pode ser através de sistemas de geração fotovoltaica, visto que, esta fonte possui várias vantagens como: sua fonte de energia primária é o sol, com isto não há custo de combustível, não requer a presença de um operador como ocorre em outros tipos de geração, é confiável e requer baixa manutenção (ZAHEDI, 2007). Isto não deixa de ser verdade, entretanto, existe uma quantidade de barreiras que superam estas vantagens, impossibilitando a sua difusão.

O ano de 2014 marcou o 60º ano da primeira demonstração pública de uma célula fotovoltaica. Marcando, também, a conquista de um recorde em adição de capacidade de geração solar fotovoltaica no mundo, apresentando um acréscimo de 40 GW de potência, fechando o ano com uma adição de 28,26% de capacidade. Passando de um total de 138GW em 2013 para um total de 177GW em 2014. Nos últimos 4 anos a capacidade global de geração solar fotovoltaica teve um acréscimo de 342,5%. (REN 21, 2015).

Figura 7: Progressão da potência instalada em geração fotovoltaica, em (GW)



Fonte: (REN21, 2015)

Os três mercados principais foram China, Japão e os Estados Unidos, seguidos por Reino Unido e Alemanha juntos, estes países adicionaram 30,8GW em 2014 o que corresponde a 77% de toda adição de capacidade ocorrida neste ano. A China lidera o grupo dos dez países que mais adicionaram capacidade de geração em 2014, com um acréscimo de 26,5%. (REN 21, 2015).

Em 2011 estimava-se que no Brasil havia, aproximadamente, 2MW de potência instalada em geração fotovoltaica, sendo que apenas 1% deste total estava conectado à rede de distribuição, o que corresponde a apenas 200KW. (IEA, 2011).

Tabela 2: 10 países que mais adicionaram potência em geração fotovoltaica

Países	Capacidade de geração em 2013, em GW.	Adição de capacidade em 2014, em GW	Capacidade de geração final em 2014, em GW.
China	17.5	10.6	28.2
Japão	13.6	9.7	23.3
Estados Unidos	12.1	6.2	18.3
Reino Unido	3.4	2.4	5.2
Alemanha	36.3	1.9	38.2
França	4.7	0.9	5.7
Austrália	3.2	0.9	4.1
Coreia do Sul	1.5	0.9	2.4
África do Sul	0.1	0.8	0.9
Índia	2.5	0.7	3.2

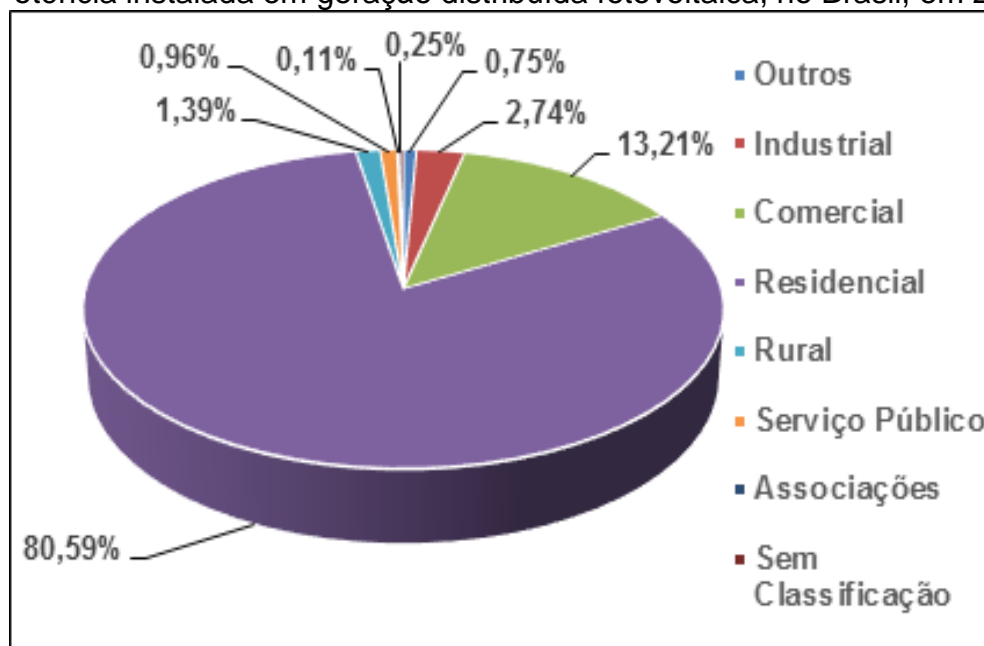
Fonte: (REN 21, 2015)

Em 2016 a potência instalada em geração fotovoltaica conectada à rede é de, aproximadamente, 22,952MW em sistemas centralizados e, aproximadamente, 23,017MWp em sistemas distribuídos, que correspondem a um grande aumento comparado a 2011, mas, no entanto, significa apenas uma pequena parcela de toda a capacidade de geração instalada no país. (ANEEL, 2016).

O rateio desta capacidade de geração de sistemas distribuídos, está detalhado na figura 8, sendo que sistemas fotovoltaicos residenciais e comerciais correspondem a 93,8%, o que demonstra a influência destes seguimentos para a difusão da geração fotovoltaica distribuída, no Brasil e no estado do Tocantins. (ANEEL, 2016). Conforme dados da International Energy Agency IEA (2010), os sistemas residências e comerciais responderão ao fim da década 2010-2020 por, aproximadamente, 60% da geração fotovoltaica, enquanto as centrais fotovoltaicas responderão por 30% e os 10% restantes serão de sistemas isolados.



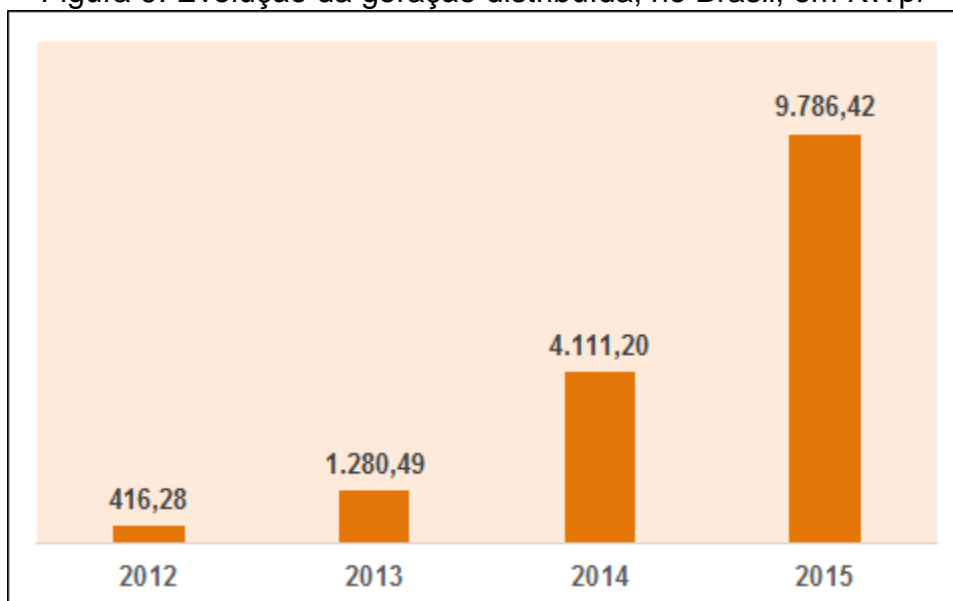
Figura 8: Potência instalada em geração distribuída fotovoltaica, no Brasil, em 2016.



Fonte: (ANEEL, 2016)

A figura 9 apresenta a evolução da capacidade de geração de sistemas distribuídos, no Brasil. A capacidade instalada, no Brasil, em 2014 foi de 4,11MWp. Comparando esta capacidade instalada com a da Índia que em 2014 foi de 3,2GW, ano em que esta ocupa a décima posição no mundo em capacidade de geração, nota-se, com isto, que o Brasil está distante de se tornar um país produtor de energia elétrica utilizando como fonte a energia solar.

Figura 9: Evolução da geração distribuída, no Brasil, em KWp.



Fonte: (ANEEL, 2016)

O estado do Tocantins ocupa a décima posição em capacidade de geração distribuída fotovoltaica, com uma potência instalada de 0,88 MW, frente a uma potência instalada, no estado de MG, de 3,8MW. Os cinco estados brasileiros com maior capacidade de geração acumulam juntos 60% de toda a potência instalada no país.

Tabela 3: 10 estados com maior potência instalada, em GD, em 2016

Estado	Potência (KWp)
MG	3.757,90
PE	2.839,73
RJ	2.537,03
RS	2.534,86
SP	2.164,40
PR	1.553,90
RN	1.374,22
SC	1.229,42
BA	1.075,00
TO	878,65

Fonte: (ANEEL, 2016a)

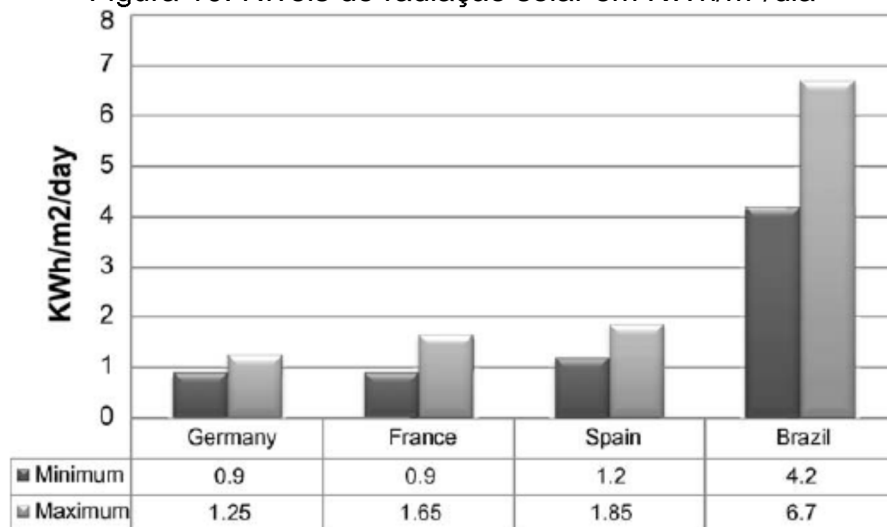
O início do desenvolvimento da geração distribuída fotovoltaica, no Brasil, foi possibilitado a partir da publicação da resolução 482/2012, em que ficava permitido a conexão de sistemas fotovoltaicos à rede de distribuição, com a compensação a partir da reunião de unidades consumidoras com interesses comuns de fato ou de direito. Este sistema se chama virtual *net metering*. Conseqüentemente, na publicação da resolução 517/2012, que altera a resolução 482/2012, houve modificação no sistema de compensação, esclarecendo o conceito de sistema de compensação de energia elétrica, enquadrado como empréstimo gratuito, limitando seu alcance aos consumidores com mesmo CPF ou CNPJ, de forma a não caracterizar a operação como compra e venda de energia. Porém, apesar de o excedente gerado ser considerado como empréstimo, o CONFAZ por sua vez, publicou o convênio ICMS 6 de 05/04/2013 taxando o sistema de compensação, considerando como base de cálculo toda a energia que chega a unidade consumidora proveniente da distribuidora, não considerando qualquer compensação de energia produzida pelo mini e micro gerador, reduzindo a atratividade deste mercado. (EPE, 2014a). Em sua 238ª reunião extraordinária, ocorrida em abril de 2015, o CONFAZ autoriza a concessão de isenção nas operações internas relativas à circulação de energia elétrica, sujeitas a faturamento sob o Sistema de Compensação de Energia Elétrica de que trata a Resolução Normativa nº 482, de 2012, da Agência Nacional de Energia Elétrica –

ANEEL, sendo aplicado somente à compensação de energia gerada por microgeração e minigeração, definidas na referida resolução. (BRASIL, 2015). Em primeiro de março de 2016 entrou em vigor a resolução ANEEL 687/2015, aprovada em dezembro de 2015, que altera a resolução ANEEL482/2012, alterando os limites considerados para microgeração e minigeração, liberando a implantação de sistemas em condomínios e inserindo o conceito de geração compartilhada.

## 2.4 BARREIRAS À DIFUSÃO DA GD

Zhang, Shen e Chan (2012) realizaram um estudo de caso sobre a difusão da geração solar fotovoltaica na China, afirmando que o mundo está enfrentado vários desafios com um possível esgotamento das fontes de energia fósseis e as emissões de (CO<sub>2</sub>) e considera a energia solar fotovoltaica como uma fonte promissora considerando-a uma solução eficaz para o problema. Entretanto, acredita que a difusão desta tecnologia depende da superação de várias barreiras. Segundo (EPIA, 2014), como resultados de pesquisas e esforços governamentais para mitigar as barreiras existentes, à penetração da energia solar fotovoltaica, os países da União Europeia ocuparam a partir 2013 o primeiro lugar no mundo em potência instalada, contando com 81,5GW. O que levou a Europa a ter 50% de toda a potência instalada no mundo. Conforme Painuly (2001), antes de se considerar a realização de um estudo de barreiras é importante identificar qual o tipo de tecnologia renovável, que a região do estudo oferece potencial de exploração. Uma vez encontrada a tecnologia correta é importante que as barreiras mais importantes não fiquem fora do estudo.

Seguindo este pensamento, Toledo (2010), afirma que no Brasil os valores anuais de radiação solar são superiores aos de outros países como Alemanha, França e Espanha. Pela figura 10, nota-se, realmente, que os valores máximos de radiação solar dos três países, juntos, é praticamente igual ao valor mínimo de radiação solar do Brasil. É bom reafirmar que a Alemanha é o país líder mundial na exploração desta tecnologia, a França ocupa a 6<sup>a</sup> posição e a Espanha a 7<sup>a</sup> posição. (REN 21, 2016).

Figura 10: Níveis de radiação solar em KWh/m<sup>2</sup>/dia

Fonte: (Toledo, 2009)

### 2.4.1 Levantamento e Análise das Barreiras

Azadian (2013) afirma que apesar de se ter um grande aumento do número de sistemas fotovoltaicos instalados ao redor do mundo, precisa-se vencer várias barreiras, para que esta tecnologia se torne universalizada e esteja ao alcance de todos os usuários de energia elétrica. Devido ao fato da geração distribuída ser uma área pouco consolidada em sistemas de energia elétrica no Brasil e, estar muito correlacionada com uso de fontes renováveis, esta apresenta obstáculos das mais diversas naturezas que representam riscos e incertezas à avaliação econômica, o que pode dificultar qualquer investimento nesta tecnologia. (ROMAGNOLI, 2005).

Ainda, conforme Azadian (2013), Romagnoli (2005) e Painuly (2001), as principais barreiras encontradas na literatura e descritas, podem ser subdivididas em várias categorias, sendo:

- Barreiras Institucionais;
- Barreiras de Mercado;
- Barreiras Econômicas e financeiras;
- Barreiras Regulatórias.

Estas barreiras quando não removidas podem contribuir em maior ou em menor grau para a redução de investimentos em geração distribuída. (ROMAGNOLI, 2005).

As barreiras relacionadas aos grupos apresentados acima serão comentadas individualmente.

### **2.4.1.1 Barreiras Institucionais**

Apesar do crescente desenvolvimento das energias renováveis no mundo, ainda existem barreiras institucionais que impedem o desenvolvimento da fonte solar fotovoltaica. Nas próximas seções apresentaremos algumas das barreiras institucionais que atrapalham a difusão desta fonte.

#### *2.4.1.1.1 Falta de Informação aos Consumidores*

Conforme WWF (2015), o nível de conhecimento da população, sobre geração distribuída, é bastante limitado. Muitos não conhecem os benefícios que o investimento em micro ou minigeração pode trazer ao longo do tempo. Ações para divulgar as vantagens deste investimento podem ter o mesmo resultado que incentivos tributários. Conforme Mondal, Kamp e Pachova (2010); Liu e Pistorius (2012), os problemas mais comuns relatados em pesquisas de opinião envolvem o conhecimento insuficiente sobre os benefícios, tanto econômicos, como ambientais, demonstrando pouco conhecimento sobre as tecnologias de energias renováveis. A falta de conscientização e conhecimento do público quanto a utilização de fontes renováveis, tem sido identificada como uma grande barreira a difusão destas fontes. (LIU; PISTORIUS, 2012).

Azadian (2013) realizou uma pesquisa sobre construção de sistemas integrados, Building integrated photovoltaic BIPV, onde afirma que o sucesso, ou o fracasso, de projetos de edifícios com geração fotovoltaica integrada, depende totalmente da cooperação e do esclarecimento dos consumidores. É fundamental ter pessoas esclarecidas sobre a importância da utilização de fontes renováveis e dos perigos do uso de combustíveis fósseis. Segundo Reddy e Painuly (2004), a falta de informações disponíveis sobre o assunto, e no tempo certo, dificulta a tomada de decisões pertinentes ao uso de energias renováveis.

Heras-Saizarbitoria, Cilleruelo e Zamanillo (2011) em sua pesquisa comentam sobre a influência da opinião pública, em especial na Espanha, sobre energia solar fotovoltaica, onde considera que a melhor cobertura feita pela mídia sobre os

benefícios econômicos e ambientais, no uso de fontes renováveis entre 2004 e 2010, teve impacto direto na difusão destas fontes, o que causou seu rápido desenvolvimento, levando, à época, a Espanha a ocupar a segunda posição mundial, depois da Alemanha, no uso de fontes renováveis. Islan e Meade (2013) reforçam que deve haver campanhas educativas para orientar e informar os consumidores sobre as vantagens de se usar um sistema fotovoltaico, caso contrário a baixa consciência tecnológica não será superada. Farkas, Munari e Miljana (2010) comentam que consumidores pouco familiarizados com estas tecnologias, possuem pouco conhecimento e motivação e, com isto, menos interesse em investir nestes sistemas. Conforme Allen, Hammond e McManus (2008), citam que consumidores bem informados sobre as vantagens de se utilizar fontes renováveis beneficia a indústria fotovoltaica e, consequentemente, a sua difusão. Percebe-se que os canais de comunicação fazem parte do processo através de uma abordagem de grandes grupos de pessoas levando à população informações necessárias sobre a vantagem de investir em fontes renováveis. D'agostino, Sovacool e Bambawale (2011) afirmam que, na China, a falta de conhecimento adequado dos consumidores, sobre energia renovável, é uma barreira importante. Esta falta de conhecimento pode resultar em uma má utilização ou incapacidade de manter os sistemas fotovoltaicos e, com isto, criar uma percepção negativa e impedir que novos clientes potenciais tomem uma decisão de adotar estas fontes de energia.

#### **2.4.1.2 Barreiras de Mercado**

Entre as barreiras mais importantes se encontra a barreira de mercado, faltando condições que assegure o desenvolvimento contínuo de novas tecnologias.

##### **2.4.1.2.1 Falta de uma Cadeia Produtiva Completa para Fotovoltaicos**

Conforme pesquisa realizada por Kinab e Elkhoury (2012), as fontes renováveis enfrentam barreiras que atrapalham sua difusão no Líbano, sendo a falta de fábricas nacionais uma das mais importantes. Painuly (2001) argumenta que a falta de estrutura de mercado pode ser verificada como a ausência ou ineficiência de canais de abastecimento, problemas logísticos, indisponibilidade de produtos, difícil contratação de serviços ou compra de materiais pelos consumidores. Para o

desenvolvimento de uma cadeia produtiva de módulos fotovoltaicos, inversores e estruturas de suporte, é necessário um volume mínimo de produção anual para que o produto de uma fábrica nacional seja competitiva com similares importados. Se não houver uma demanda mínima o investimento não se justifica. Para atrair investidores e haver concorrência na produção nacional de produtos fotovoltaicos é necessário, ao menos, uma demanda mínima de 1GW/ano. (WWF, 2015).

No caso da fonte eólica a produção nacional de componentes e equipamentos levou a uma queda nos preços dos produtos, gerando emprego e renda para o país. Com esta produção nacional se reduziu as importações, e forneceu escala para as empresas nacionais ofertantes destes produtos. Estas ações incentivaram a instalação de fábricas de aerogeradores, impulsionando o desenvolvimento desta fonte no Brasil. (SENADO, 2015). Conforme Rodrigo Lopes Sauaia, presidente da ABSOLAR, para atender a demanda brasileira por energia elétrica é necessário a ampliação de políticas industriais para incentivar a abertura de fábricas nacionais que tenham condições de competirem, em preço, com produtos importados. (UDOP, 2016). Para que uma cadeia produtiva seja competitiva com países líderes na produção de materiais e equipamentos para sistemas fotovoltaicos, é necessária uma política de governo forte. (SAUAIA, 2014).

#### *2.4.1.2.2 Subsídios para Geração Convencional*

Eleftheriadis e Anagnostopoulou (2015) realizaram uma pesquisa para encontrar as principais barreiras que afetam a difusão das fontes de energias renováveis na Grécia. Dentre as barreiras encontradas, o autor identifica que os subsídios aos combustíveis fósseis estão entre as principais. O autor afirma que há uma intervenção do maior produtor de energia da Grécia, subsidiando o sistema convencional de geração de energia e não realizando investimentos em energia renováveis. Subsídios para combustíveis fósseis podem tornar os preços da energia gerada por fontes convencionais significativamente mais baixos, colocando as fontes renováveis em desvantagem, tornando-as pouco competitivas. (BECK; MARTINOT, 2004). Painuly (2001) afirma que a energia gerada por fontes convencionais subsidiadas, levam os consumidores a pagarem um preço baixo por unidade de energia e, também, baixos impostos em comparação com os praticados para energias renováveis. Ainda que as fontes renováveis de energia ofereçam mais benefícios para

a sociedade, as fontes convencionais levam vantagem com menores preços. As empresas geradoras de energia elétrica produzem energia em grande quantidade e a preços baixos, com o apoio de órgãos reguladores e políticos que subsidiam as fontes convencionais, como forma de proteger os consumidores contra os verdadeiros custos da geração e distribuição de energia gerada por fontes convencionais. (SOVACCOOL, 2009).

#### *2.4.1.2.3 Falta ou Insuficiência de Subsídios para Geração solar Fotovoltaica*

Zhang, Shen e Chan (2012) em seu estudo de caso, afirmam que em função dos altos custos iniciais é importante que o governo crie políticas de incentivos, como subsídios, para promover a difusão da fonte solar fotovoltaica. Os subsídios podem ser oferecidos para instalação de sistemas residenciais e comerciais, bem como para empresas. Incentivos fiscais tais como empréstimos e subsídios tributários têm sido utilizados com sucesso em muitos países para enfrentar a barreira de custos iniciais elevados. (REN21, 2015). Políticas públicas de apoio para aumento da competitividade dos sistemas de geração eólica e fotovoltaica têm impulsionado o desenvolvimento recente das fontes de energias renováveis, alterando as condições de mercado para implantação de novos sistemas. (REN 21, 2015).

Em alguns países da União Europeia são aplicados subsídios governamentais para se implementar projetos de energia solar fotovoltaica. Tais subsídios têm como foco principal a remoção ou redução de barreiras, principalmente, financeiras. (TOLEDO, 2010). A IEA-EBC (2014) complementa que na Europa, antes da adoção do feed in tariff, os mecanismos de subsídios eram os meios mais comuns para incentivar a implantação de microgeração. Na verdade, continuam a ser um importante mecanismo. Mesmo que estes subsídios sejam relativamente pequenos, em relação ao custo global do equipamento, estes podem ser eficazes. Ainda, segundo o autor, a principal vantagem dos mecanismos de concessão é que fornecem suporte para cobrir o alto investimento necessário, criando as condições para a difusão das fontes renováveis.

Comparar a viabilidade econômica, na implantação de fontes de energias renováveis com fontes convencionais de geração de energia elétrica, leva à conclusão de que as políticas de incentivos devem ser de longo prazo e sustentáveis. (AZADIAN, 2013). No entanto, o peso do uso de incentivos na Europa, em determinado momento,



começou a causar o descontentamento da sociedade. Na Alemanha, por exemplo, as tarifas de eletricidade foram elevadas em mais de 20% para cobrir os gastos com o programa de energia fotovoltaica. Neste contexto, muitos países reduziram os estímulos e até mesmo adotaram medidas retroativas. (IEA, 2014),

#### *2.4.1.2.4 Não Considerar as Externalidades na Composição dos Custos da Geração de Energia Convencional*

Em sua pesquisa, Brown (2001), considera a dificuldade de se estimar os custos externos da geração convencional. O autor reconhece que existem uma série de impactos negativos desde a extração, produção, distribuição e consumo de combustíveis fósseis. Entende, também, que o preço de mercado destes combustíveis não representa, plenamente, os custos sociais e ambientais, associados ao uso destes combustíveis. O autor pondera, ainda, que estes combustíveis, quando utilizados na produção de energia elétrica, são responsáveis pela emissão de gases poluentes. Os impactos ambientais dos combustíveis fósseis muitas vezes resultam em custos reais para a sociedade, em termos de saúde humana, como perdas de dias de trabalho e gastos com doenças. Representa, também, o custo por perda ambiental, como a chuva ácida que cai sobre as florestas. É difícil avaliar estes custos, pois dependem de uma ampla interpretação e descrição. (BECK; MARTINOT; 2004).

Segundo Menz (2005), pressões das partes interessadas sobre os processos políticos e regulamentares, tanto a nível federal como a nível estadual, nos Estados Unidos, podem exercer uma forte influência no desenvolvimento das fontes renováveis. É bem conhecido que a indústria de energia (carvão, petróleo e gás natural), exercem uma influência importante na política federal Americana. É evidente que existem custos externos significativos nos métodos convencionais de produção de energia elétrica que não se refletem nos preços de mercado. A não consideração das externalidades negativas, dos sistemas de geração convencionais, como poluição, desmatamento, redução da fauna terrestre e aquática, bem como a não consideração das externalidades positivas na composição dos preços da energia gerada, representa uma importante barreira para as fontes de energias renováveis. (PAINULY, 2001).

#### *2.4.1.2.5 Falta de Mão de Obra Qualificada*

Uma parcela da demanda por mão de obra qualificada, necessária para a difusão dos sistemas fotovoltaicos, podem ser atendidas por profissionais que atuam em outros setores do mercado brasileiro. Porém, com relação a demanda por profissionais de maior grau técnico e tecnológico, em especial projetistas e instaladores de sistemas fotovoltaicos, será necessário um processo gradual de formação e capacitação técnica destes profissionais. (SAUAIA, 2014). Zhang, Shen e Chan (2012) complementam que é necessário a qualificação de profissionais como engenheiros e técnicos instaladores. Estes profissionais devem ter habilidades técnicas para realizar as instalações com competência e habilidades e conhecimento sobre as vantagens de se utilizar estes sistemas.

Segundo Menz (2005), a falta de profissionais qualificados ou de profissionais familiarizados com tecnologias de energia renovável, também pode influenciar negativamente na demanda dos consumidores por este tipo de fonte de energia. Beck e Martinot (2004) entendem que o mercado funciona melhor quando todos os envolvidos possuem as habilidades necessárias para desenvolver suas atividades. Mas, em certos mercados, como o de energias renováveis, pode não existir pessoas qualificadas, em quantidades suficientes, para instalar, operar ou manter os sistemas em funcionamento. O autor completa que a falta de competência pode aumentar as incertezas deste mercado e, com isto, afetar a opinião dos envolvidos.

#### **2.4.1.3 Barreiras Econômicas e Financeiras**

As restrições econômicas às fontes renováveis advêm da necessidade de se fazer um alto investimento inicial levando a um tempo de retorno de capital elevado. Outro fator incontestável nesta barreira, é a falta de linhas de crédito específicas para financiamento e implantação da geração fotovoltaica, não favorecendo as classes mais baixas.

#### *2.4.1.3.1 Tempo de Retorno de Capital Elevado*

Zhang, Shen e Chan (2012) em sua pesquisa sobre os obstáculos que a exploração da energia solar enfrenta em Hong Kong, considerou um período de recuperação de capital longo como sendo a segunda barreira mais importante para utilização deste sistema. Este período de retorno longo, envolvido na utilização de sistemas fotovoltaicos, é causado, principalmente, pelo alto custo das matérias primas utilizados na fabricação das células fotovoltaicas. Chow et al (2007) afirmam que um tempo de retorno de capital ideal, para investimentos em sistemas fotovoltaicos, é de 9,6anos. Zhang, Shen e Chan (2012) complementam que um período de retorno longo desencoraja os consumidores a realizarem investimentos na instalação de sistemas fotovoltaicos de micro ou minigeração.

#### *2.4.1.3.2 Falta de Linhas de Crédito Específicas para Implantação de Geração Fotovoltaica*

Zang et al (2015) afirmam que na China os bancos são os principais provedores de financiamento, porém, até 2014 os bancos chineses preferiam investir na fabricação do PV e não na implantação dos sistemas de geração. O autor comenta que na hora de se investir na implantação, os bancos preferiram os projetos de grande porte, financiando grandes empresas ou estatais e, em contrapartida, não emprestavam a pequenos produtores de energia. Reddy e Painuly (2004) completam que sem acesso ao capital para investimentos, o alto custo das tecnologias de energias renováveis faz com que famílias que possuem baixos rendimentos e pequenas empresas não tenham acesso a estas tecnologias.

Zang et al (2015), em sua pesquisa, reconhecem que os pequenos produtores chineses são penalizados com altos juros quando da contratação de empréstimos. Na China os juros estão, em média, em torno de 10%, apesar de existir pressão do governo para que os bancos cobrem uma taxa de 7%. No entanto os pequenos produtores só conseguem taxas que vão de 10% a 15%. Zang et al (2015) afirma ainda que, as incertezas quanto às políticas de energias renováveis fazem com que as instituições que oferecem crédito, tenham pouco ou nenhum interesse em investir neste mercado. Jacobsson e Jacobsson (2012) enfatiza que nas últimas décadas o setor financeiro tem demonstrado maior interesse por financiamentos a curto prazo,

que trazem grandes retornos financeiros, em detrimento de investimentos de longo prazo.

#### *2.4.1.3.3 Alto Custo de Implantação*

Sovacool (2009) observa em sua pesquisa sobre os impedimentos para o desenvolvimento da fonte solar fotovoltaica nos Estados Unidos, quando mais de 90 por cento dos entrevistados consideraram o custo inicial como o único grande impedimento para difusão das fontes renováveis. Apesar de todos os benefícios que os sistemas renováveis podem oferecer, o seu custo de capital o torna demasiadamente caro para a maioria dos consumidores residenciais e comerciais. Um dos principais obstáculos à difusão de sistemas fotovoltaicos é o custo inicial de implantação. Zhang, Shen e Chan (2012) reforçam que os custos iniciais são elevados, em especial para instalações residenciais e comerciais.

Na pesquisa de Zang, Shen e Chan (2012), as entrevistas confirmaram que os custos para produzir e fornecer energia solar fotovoltaica são elevados, e excede o custo médio de fornecimento de energia elétrica, por sistemas convencionais, com uma grande diferença. Estes custos tornam o uso da energia solar fotovoltaica financeiramente inviável e desencorajam investimentos nesta área. Conforme Yang et al (2008), o custo inicial de um sistema fotovoltaico compreende os custos de instalação, de painéis, inversores, cabos e demais peças de montagem. Tais itens podem ter valores muito altos. Zang, Shen e Chan (2012) complementam que o custo de mão de obra é um item importante na composição do custo de instalação. Os autores chamam a atenção para que se faça uma análise na hora da implantação, averiguando se é vantajoso a implantação destes sistemas, uma vez que estes custos podem desencorajar os investimentos.

#### **2.4.1.4 Barreiras Regulatórias**

Falta de regulamentação adequada é mais um dos fatores que dificultam a difusão de fontes de energias renováveis. O Brasil já possui regulamentações, porém, seria importante uma análise para alteração de alguns pontos chave como, possibilidade de venda da energia gerada.

#### 2.4.1.4.1 Falta ou Insuficiência de Regulamentação

Um órgão regulador ineficaz pode ser o responsável por problemas como criar regulamentações inadequadas ou desfavoráveis, falhar na implementação destes regulamentos ou, ainda, impor regulamentações pesadas o que não contribui em nada com a difusão das fontes de energias renováveis. (PAYNULI, 2001). Para muitos pesquisadores a definição de uma legislação que garanta boa política de ajuste é uma das ações mais importantes para incentivar o crescimento do mercado de fotovoltaicos, como ocorreu na Alemanha e em muitos outros países que adotaram o sistema feed in tariff. (AZADIAN; RADZI, 2013). Segundo ABINEE (2012), o sistema feed in tariff, ou tarifa prêmio, foi um dos melhores instrumentos utilizado, por alguns países, para promoção da geração distribuída. A tarifa prêmio tem como objetivo criar condições que aumentem os investimentos em energias renováveis. Neste modelo é oferecido um preço maior por unidade de energia produzida por geração fotovoltaica distribuída, isto ocorre para compensar os altos custos de implantação deste sistema.

IEA-EBC (2014) comenta que os países europeus que adotaram o mecanismo feed in tariff, consideram que este mecanismo tem um baixo nível de risco, uma vez que proporciona um apoio, ao consumidor gerador, por um longo período de tempo. Além disto estes mecanismos são ajustados para garantir um determinado retorno do investimento, tornando assim os investimentos em micro e minigeração mais atrativos. EEG (2007) considera que o sistema feed in tariff é o instrumento mais eficaz para a promoção das fontes renováveis e completa que dezoito países da União Europeia adotaram este mecanismo. Ainda, segundo o autor outros modelos de promoção, foram deixados de lado porque contribuíam muito pouco para o aumento da capacidade de geração por fontes renováveis.

O setor elétrico tem sido objeto de várias alterações regulatórias (medidas provisórias, leis, decretos, resoluções, etc.). Estas intervenções afetam as percepções de risco e de incerteza de potenciais investidores, fazendo com que tais agentes recuem, retardando ou desistindo de realizar investimentos no país. (SILVA, 2015). No Brasil a legislação atual, que regulamenta o net metering, não permite que o micro ou o minigerador de energia elétrica venda sua energia gerada como ocorre no feed in tariff. O que se permite é um empréstimo do excedente gerado, para a distribuidora, com tempo predeterminado para recuperação. (ANEEL, 2012).

## 2.5 PENSAMENTO SISTÊMICO

O pensamento sistêmico engloba diversos métodos, princípios e ferramentas, tendo a visão de entender a inter-relação entre forças dentro de um sistema. Atua em várias áreas do conhecimento, porém, todas estas metodologias possuem uma ideia comum: “que o comportamento de todos os sistemas segue certos princípios comuns, cuja natureza está sendo descoberta e articulada”. (SENGE et al,1995).

O pensamento sistêmico é hoje reflexo do trabalho de biólogos, psicólogos e ecologistas que na década de 30, quando estudavam o sistemas vivos, passaram a considerar organismos e comunidade de organismos em termos de conexidade, de relação e de contexto. (CAPRA, 1996). Tem seu surgimento com base na Dinâmica de Sistemas, onde o pesquisador Peter M. Senge teve contato na década de 70, trabalhando em pesquisas voltadas a dinâmica de sistemas em processos gerenciais. (MORANDI, 2008).

### 2.5.1 Os Níveis do Pensamento Sistêmico

Um dos principais modelos de funcionamento do pensamento sistêmico são os níveis de uma situação. Kemeny (1997) sustenta que particularmente em ambientes organizacionais, um bom pensador sistêmico é aquele que pode ver quatro níveis atuando simultaneamente: eventos, padrões de comportamento, sistemas e modelos mentais. Os níveis da realidade fazem analogia a um iceberg, conforme figura abaixo:

Figura 11 - Níveis do pensamento sistêmico



Fonte: (ANDRADE et al, 2006)

Conforme Andrade et al (2006) e Morandi (2008), os níveis do pensamento sistêmico podem ser explicados conforme segue:

No primeiro nível os eventos ocorrem e são percebidos pelas pessoas envolvidas. É com base nestes eventos que as pessoas explicam suas ações que, geralmente, são reativas. Estes eventos são apenas evidências de variações nos padrões de comportamento de uma variável. Quando um nível crítico é ultrapassado percebe-se os problemas com certa facilidade.

A estrutura sistêmica é o nível que indica as causas dos padrões de comportamentos, tentando explicar como as variáveis se influenciam mutuamente com relação a causa e efeito. Este é o nível que tem mais informações e que permite encontrar pontos de alavancagem para mudança.

Os modelos mentais são responsáveis pelas estruturas que os seres humanos constroem. Estas estruturas da realidade social são construídas com o que as pessoas carregam em suas mentes. Desta forma é preciso entender como os modelos mentais geram ou influenciam estas estruturas, para compreendê-las e modificá-las.

## **2.5.2 Linguagem Sistêmica**

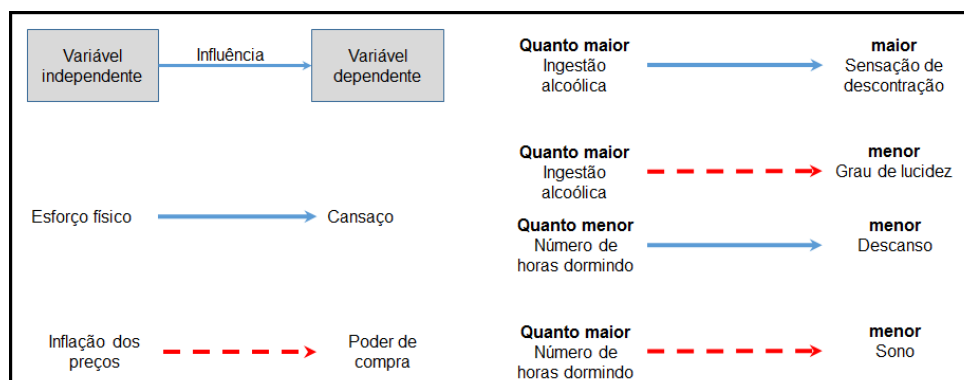
A linguagem sistêmica é um dos instrumentos utilizados para colocar em prática as ideias sistêmicas. Se quiser se tornar um pensador sistêmico deve procurar uma linguagem que satisfaça as necessidades de pensar sistemicamente (ANDRADE et al, 2006).

### **2.5.2.1 Gramática da Linguagem Sistêmica**

A linguagem sistêmica é uma linguagem simples que se utiliza, basicamente, de símbolos que representa as variáveis de um sistema, suas partes, e a relação entre elas (ANDRADE et al, 2006).

Segundo Andrade et al (2006), os elementos principais da linguagem são as variáveis. Níveis de esforço físico, grau de cansaço, receita e lucro são exemplos de variáveis. Estas variáveis se relacionam aos pares e podem ser dependentes (o efeito) ou independentes (a causa). Certas variáveis influenciam outras. Esta influência é representada por setas que ligam a variável independente à variável dependente.

Figura 12 – Influência entre variáveis



Fonte: (ANDRADE et al, 2006)

As variáveis da esquerda provocam mudanças nas variáveis da direita. Nota-se que existe um efeito de proporcionalidade entre as variáveis da esquerda (independente) e as variáveis da direita (dependente). Um aumento do esforço físico produz um aumento no cansaço. Um aumento na receita produz um aumento no lucro. (ANDRADE et al, 2006).

### 2.5.3 Método Sistêmico

O método sistêmico define os passos para utilização do pensamento sistêmico e é composto por nove passos. Estes passos permitem um mergulho nos níveis da realidade, apoiam o processo de aprender e, sistematicamente, aplicar a linguagem sistêmica. Cada passo provoca uma aprendizagem mais profunda gerando produtos que são entradas para os próximos passos (ANDRADE et al., 2006; TRAPP, 2015). O autor define estes passos conforme segue:

1. Definir uma situação complexa de interesse.
2. Apresentar a história por meio de eventos.
3. Identificar as variáveis chaves.
4. Traçar padrões de comportamento.
5. Desenhar o mapa sistêmico.
6. Identificar os modelos mentais.
7. Realizar os cenários.
8. Modelar em computador.
9. Definir direcionadores estratégicos, planejar ações e reprojeter o sistema.



Os detalhes destes nove passos são mostrados a seguir:

- 1) Definir uma situação complexa de interesse: O objetivo é encontrar uma definição clara da situação de interesse. Pode ser uma situação problemática ou de interesse estratégico. Problemas crônicos são ideais para o uso do pensamento sistêmico.
- 2) Apresentar a história por meio de eventos: Visando analisar eventos relevantes que sejam relacionados com a situação estudada. Todos os eventos importantes devem ser anotados. Nesta fase é importante ter uma visão compartilhada da história. O resultado desta fase é um quadro com datas e os eventos relacionados.
- 3) Identificar as variáveis chaves: A partir de uma lista de eventos pode-se identificar as variáveis que estão interagindo na situação estudada. Estas variáveis representam os eventos.
- 4) Traçar padrões de comportamento: Neste momento ocorre a coleta de dados para compor a série histórica das variáveis. Com estas séries históricas se elabora gráficos que trazem informações que explicam o comportamento de longo prazo das variáveis. Problemas aparentemente recentes podem ser mais antigos do que se parece.
- 5) Desenhar o mapa sistêmico: O objetivo é identificar as relações causais entre os fatores. As relações são elaboradas a partir da comparação de curvas, hipóteses, intuições e conhecimento especializado. No mapa sistêmico se mapeia as variáveis e as relações de causa e efeito entre elas e permite, também, localizar pontos de alavancagem para a ação eficaz e sustentada.
- 6) Identificar os modelos mentais: O objetivo é levantar os modelos mentais, ou seja, crenças e os pressupostos que as pessoas envolvidas no processo mantêm em suas mentes, e que influenciam seu comportamento, construindo as estruturas do mundo real.
- 7) Realizar os cenários: Quando se deseja visualizar futuros alternativos esta forma é a que fornece melhores resultados. Foi desenvolvida por egressos da companhia de petróleo Shell e são feitos, especialmente, para desafiar modelos mentais com relação ao futuro e possíveis desdobramentos que possam ocorrer.
- 8) Modelar em computador: Neste passo é que se constrói modelos computacionais de Dinâmica de Sistemas, com a finalidade de criar micromundos gerenciais.

Nestes modelos testa-se estratégias e obtém-se aprendizagem. Estes modelos partem de duas entradas básicas: o mapa sistêmico e os cenários.

- 9) Definir direcionadores estratégicos, planejar ações e reprojeter o sistema: Definir direcionadores estratégicos corresponde a criar caminhos estratégicos que serão usados como entrada para o planejamento estratégico. Planejar ações significa criar um plano de projeções e ações para alavancar o sistema e direcioná-lo para um alvo desejado. Reprojetar o sistema é planejar mudanças na estrutura com a intenção de alcançar resultados desejados.

### **3 METODOLOGIA**

O presente capítulo tem por objetivo apresentar o método de pesquisa que será utilizado para a realização deste estudo, descrever os procedimentos e os instrumentos a serem utilizados no andamento e na realização das etapas investigadas.

#### **3.1 MÉTODO DE PESQUISA**

Segundo Araújo et al. (2008), o estudo de caso trata-se de uma abordagem metodológica de investigação, quando procuramos compreender, explorar ou descrever acontecimentos e contextos complexos, nos quais estão simultaneamente envolvidos diversos fatores. Para Yin (2005), o estudo de caso é a melhor estratégia para analisar acontecimentos contemporâneos, mas quando não se pode controlar comportamentos relevantes baseado nas características do fenômeno em estudo e com base em um conjunto de características agregados ao processo de recolhimento de dados e às estratégias de análise dos mesmos. Conforme Gil (2002); Silva e Menezes (2005), a realização de uma pesquisa está associada à busca de informações necessárias para a resolução de problema. Neste contexto, a pesquisa apresenta-se como um esforço cuidadoso dirigido por meio de ações que visam encontrar a solução de um determinado problema através de procedimentos racionais e sistemáticos. O problema a ser solucionado foi estabelecido na questão de pesquisa.

##### **3.1.1 Classificação da Pesquisa**

Os critérios de classificação de uma pesquisa estão relacionados com a natureza das razões que determinam a sua realização, à abordagem adotada em relação ao problema, aos objetivos que estabelecem seu marco teórico e aos procedimentos técnicos utilizados que definem seu modelo conceitual e operativo. (SILVA; MENEZES, 2005; GIL, 2010). Para melhor entendimento da pesquisa apresentar-se-á a classificação desta pesquisa quanto a natureza, abordagem do problema, objetivos e procedimentos técnicos.

- a) Quanto a natureza: Do ponto de vista da natureza a pesquisa é aplicada, pois objetiva gerar conhecimento para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos.
- b) Quanto a abordagem do problema: Do ponto de vista abordagem do problema a pesquisa é qualitativa, pois leva em consideração que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito e, que existe um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números. Não requer o uso de métodos ou técnicas estatísticas. O ambiente natural é a fonte direta para a coleta de dados e o pesquisador é o instrumento chave.
- c) Quanto a seus objetivos: Do ponto de vista dos seus objetivos a pesquisa é exploratória explicativa, pois visa identificar os fatores que determinam ou contribuem para a ocorrência dos fenômenos. Aprofunda o conhecimento da realidade pois explica a razão, o “porquê” das coisas.
- d) Quanto aos procedimentos técnicos: Do ponto de vista dos procedimentos técnicos a pesquisa é um estudo de caso, pois envolve um estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos de maneira que se permita o seu amplo e detalhado conhecimento.

### 3.2 MÉTODO DE TRABALHO

O presente trabalho teve início pelo interesse do autor a respeito da energia solar fotovoltaica. A ideia ganhou maiores proporções ao ser questionado por alunos, sobre os motivos da não ocorrência da difusão destes sistemas em um país que possui um dos maiores índices de radiação solar do planeta.

Para realização deste trabalho foi escolhido o pensamento sistêmico, pela complexidade que a pesquisa apresenta e a inter-relação entre os fatores que interferem na difusão de sistemas fotovoltaicos, o que, segundo Andrade et al (2006) representa uma das característica deste método.

O trabalho foi desenvolvido em duas etapas, separadas em diversas atividades com direcionamento para alcançar os objetivos propostos. Na primeira etapa, fez-se a escolha do tema a ser pesquisado, posteriormente realizou-se uma revisão da literatura, com buscas por artigos, dissertações e teses em bases de dados como Capes, ScienceDirect, Scielo e outras, formando uma base teórica sobre o assunto. De posse do material encontrado construiu-se o referencial teórico, definiu-se as dez

barreiras a serem estudadas e a utilização do método do pensamento sistêmico. Na segunda etapa elaborou-se um questionário, entrevistou-se os especialistas locais, construiu-se miniestruturas para cada barreira, consolidou-se as miniestruturas em uma única estrutura, validou-se a estrutura com especialistas, definiu-se os pontos de alavancagem da variável central, propôs-se ações para alavancagem e, por fim, estabeleceu-se a conclusão do trabalho.

Para facilitar a visualização de tais etapas, apresenta-se a seguir a figura 13, que ilustra as fases desenvolvidas durante a pesquisa.

Figura 13: Etapas da pesquisa



Fonte: (O autor)

A seguir são descritas as etapas desenvolvidas para alcançar os objetivos propostos.

### **3.2.1 Primeira Etapa**

Passo 1: Revisão da literatura e construção do referencial teórico

Conforme Silva; Menezes (2005) uma das etapas mais importantes de um projeto de pesquisa é a revisão de literatura. A revisão de literatura se refere à fundamentação teórica que se deve adotar para se desenvolver uma pesquisa sobre certo tema, conferindo ao trabalho uma estruturação conceitual que sustenta o desenvolvimento da pesquisa.

Em primeiro lugar envidou-se esforços para elaborar uma análise profunda das referências bibliográficas, necessárias para apoiar o desenvolvimento da pesquisa dentro do esboço proposto e efetuou-se a construção do referencial teórico que embasa cientificamente a pesquisa.

Passo 2: Seleção das principais barreiras e escolha do Pensamento sistêmico.

Neste ponto, de posse do levantamento bibliográfico, selecionou-se quais os obstáculos que impedem a universalização, da energia solar fotovoltaica distribuída, no estado do Tocantins. Posteriormente, realizou-se a seleção das dez principais barreiras que afetam a difusão dos sistemas fotovoltaicos neste estado. Assim, na escolha das principais barreiras, levou-se em consideração as que melhor representam a atual situação desta fonte no estado e no país.

### **3.2.2 Segunda Etapa**

Passo 1: Elaboração de questionário e realização das entrevistas

De acordo com Gil (2002), este instrumento de pesquisa é uma potente técnica de investigação que permite a obtenção de informações referentes ao conhecimento sobre determinado assunto, crenças, opiniões, interesses e expectativas de cada sujeito investigado para determinado fim.

Neste ponto foi elaborado um questionário (ANEXO 1), para coletar os dados desta pesquisa, a ser aplicado a funcionários das empresas que trabalham com a implantação deste sistema. Serão aplicados aos usuários que tem sistemas instalados em suas edificações, também a funcionários da concessionária de energia elétrica do estado do Tocantins, os quais trabalham na área de interesse da pesquisa. O mesmo questionário será aplicado a professores pesquisadores que atuam na área do tema pesquisado. O quadro 1 apresenta a relação dos especialistas a serem entrevistados.

Quadro 1: Entrevistados.

Entrevistado	Formação	Área de atuação	Papel institucional
RESP 1	Engenharia Elétrica	Empresa de Energia solar	C.E.O
RESP 2	Engenheiro Mecânico	Gerador de Energia Elétrica Fotovoltaica	C.E.O
RESP 3	Administração	Empresa de Energia solar	Diretor de vendas
RESP 4	Engenheiro Eletricista	Distribuidora de Energia Elétrica	Coordenador do setor de Grandes Clientes e Poder Público
RESP 5	Dr. Em Sociologia	Poder Público	Secretário Municipal de Planejamento, Gestão e Desenvolvimento Humano
RESP 6	Dr. Engenharia Elétrica	Educação	Professor do ensino básico, técnico e tecnológico.

Fonte: (O autor)

### Passo 2: Construção de miniestructuras

Neste ponto, após a coleta de dados realizada através das entrevistas, serão elaboradas miniestructuras que apresentarão as inter-relações entre os fatores que influenciam em cada uma das barreiras. Na construção destas estruturas levou-se em consideração a possibilidade de se existir sobreposição entre as mesmas, devido a possibilidade da existência de variáveis comuns.

### Passo 3: Consolidação das miniestructuras em uma única estrutura

Neste ponto realizou-se a consolidação das miniestructuras em uma única estrutura, onde se visualizou o conjunto de barreiras, representadas por suas variáveis e suas inter-relações, colaborando com a compreensão dos fatores que interferem na popularização desta fonte de energia. Ainda, na consolidação da estrutura, construiu-

se avenidas para cada uma das miniestructuras, com a intenção de destacá-las, facilitando a sua leitura e entendimento.

Passo 4: Validação da estrutura sistêmica com especialistas e levantamento das variáveis que mais impactam na variável central.

Na validação da estrutura sistêmica, após a construção da estrutura sistêmica consolidada, realizou-se nova reunião com dois dos entrevistados para, apresentá-lhes a estrutura sistêmica consolidada, explicando-lhes as relações de causa e efeito e desta forma definiu-se as variáveis que mais impactam na variável central.

Passo 5: Proposição de ações para alavancagem da variável central.

Neste ponto apresentou-se as propostas de ações para superação dos obstáculos encontrados e demonstrados através da estrutura sistêmica, assim elaborou-se um plano de ação, possibilitando a alavancagem da variável central.



## 4 ESTUDO DE CASO

Este capítulo apresenta um estudo de caso, que se utiliza do método do Pensamento Sistêmico, focado na análise das barreiras que impedem a difusão da geração distribuída fotovoltaica, realizado no estado do Tocantins, apresenta-se uma aplicação prática de pensamento sistêmico que, com o qual, buscou-se ampliar os conhecimentos sobre o tema investigado.

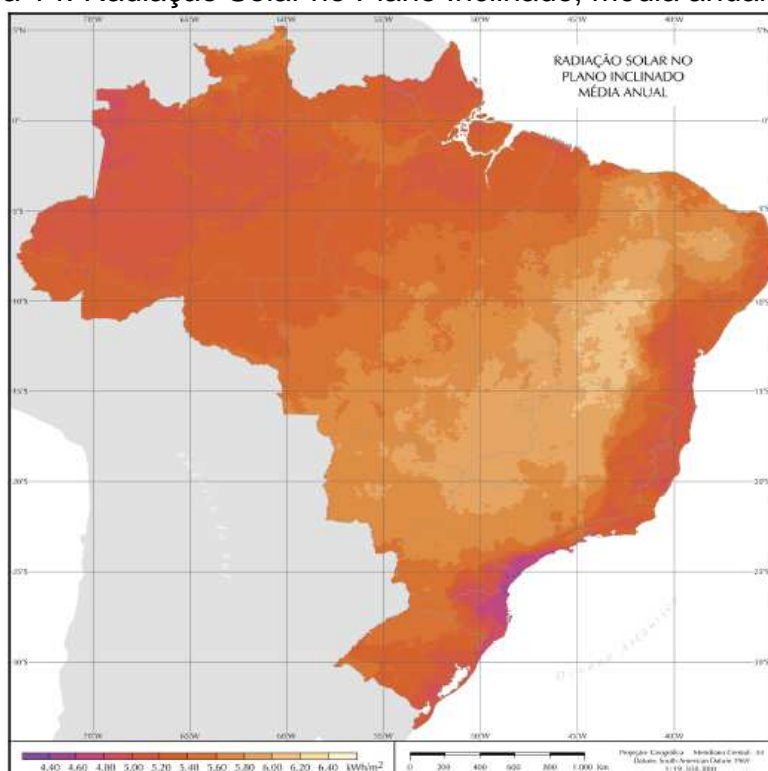
A seguir descreve-se uma breve apresentação do estado do Tocantins, mostrando suas características geográficas. Em seguida faz-se uma breve apresentação das barreiras. Posteriormente apresenta-se a construção de miniestructuras que representam as barreiras encontradas e a consolidação destas em uma única barreira. Por fim, apresenta-se as ações para alavancagem da variável central.

### 4.1 APRESENTAÇÃO DO ESTADO DO TOCANTINS, LOCAL DE APLICAÇÃO DO ESTUDO

A pesquisa foi desenvolvida no estado do Tocantins que, em agosto de 2015, completou seu 27º aniversário. Com 139 municípios, o Tocantins é um estado em crescimento econômico e populacional. O estado do Tocantins situa-se na região Norte do Brasil, sendo este o mais novo dos 26 estados do país. Sua extensão territorial é de 277.620,9 km<sup>2</sup>, divididos em 139 municípios, sendo sua capital a cidade de Palmas. O relevo Tocantinense é predominantemente formado por planícies, embora sejam encontradas planaltos e depressões, principalmente na região sul do estado, com pouca variação de altitude. A maior parte do estado não ultrapassa a altitude de 500 metros, em relação ao nível do mar. O ponto mais elevado do estado tem 1340 metros de altitude, e fica na Serra das Traíras. (PACIEVITCH, 2016).

O clima no estado é tropical. A temperatura média é de 32°C no período de seca que compreende o intervalo de abril a setembro, e de 26°C no período de chuvas que se estende de outubro a março. Na região norte do estado as temperaturas médias são cerca de 3°C mais altas do que na região sul. A população do estado estimada pelo IBGE, para julho de 2015, foi de, aproximadamente, 1.515.126 habitantes, sendo sua capital a cidade com maior número de habitantes tendo sua população estimada, para a mesma data, em 272.726 habitantes. (IBGE, 2015).

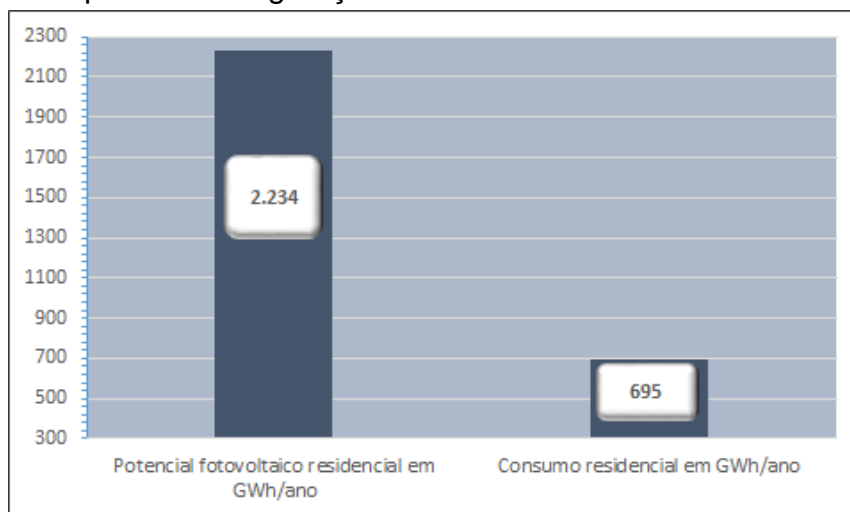
Figura 14: Radiação Solar no Plano Inclinado, média anual



Fonte: (PEREIRA et al, 2006).

O estado está situado em uma região onde ocorrem os maiores índices de irradiação solar do país. Pela figura 14 é possível perceber que o estado do Tocantins recebe, em média, de 5,6 a 6,2 KWh/m<sup>2</sup>/ano de irradiação solar. (PEREIRA et al, 2006).

Figura 15: Capacidade de geração se utilizados todos os telhados existentes



Fonte: (EPE, 2014a)

Um estudo realizado, por EPE (2014a), apresentado na figura 15, apresenta o consumo residencial de energia elétrica do estado do Tocantins e seu potencial fotovoltaico residencial. Para estimar este potencial foi considerada a instalação de painéis fotovoltaicos em todos os telhados residenciais existentes até então. Nota-se que a capacidade de geração fotovoltaica é superior ao consumo por mais de 3,21 vezes.

Serão apresentadas, de forma bem clara e simples, as principais barreiras encontradas na bibliografia, que podem influenciar no desenvolvimento desta fonte de energia elétrica, no estado do Tocantins.

## 4.2 APRESENTAÇÃO DAS BARREIRAS

A conjuntura energética e as constantes discussões sobre o aquecimento global, fomentou pesquisadores e indústrias a redescobrirem fontes e tecnologias adequadas para a geração de energia limpa. A difusão de sistemas fotovoltaicos, não só está aumentando no mercado mundial de eletricidade, mas percebe-se que em todos os lugares, em maior ou menor número e intensidade, existem barreiras que impedem a sua popularização.

Quadro 2: Barreiras

<b>BARREIRAS</b>	
B1	Falta de linhas de crédito específicas para implantação de geração fotovoltaica.
B2	Falta de mão de obra qualificada.
B3	Falta de informação aos consumidores
B4	Falta ou Insuficiência de Regulamentação
B5	Não considerar as externalidades na composição dos custos da geração de energia convencional.
B6	Alto custo de implantação
B7	Falta ou insuficiência de subsídios para sistemas fotovoltaicos
B8	Subsídios para sistemas convencionais
B9	Tempo de retorno de capital muito Elevado
B10	Falta de uma cadeia produtiva completa para Fotovoltaicos

Fonte: (O autor)

Através de uma procura em bases de dados, por artigos e dissertações relacionados ao tema pesquisado, foram encontrados vários documentos que tratam deste assunto. Alguns destes documentos fazem referências à situações vivenciadas por outros países em situação similar à que ocorre no Brasil e, em especial, no estado do Tocantins. Desta forma, foram selecionadas dez barreiras que melhor representam

a situação atual da difusão da geração distribuída fotovoltaica no estado do Tocantins. A quadro 2 apresenta a compilação destas barreiras.

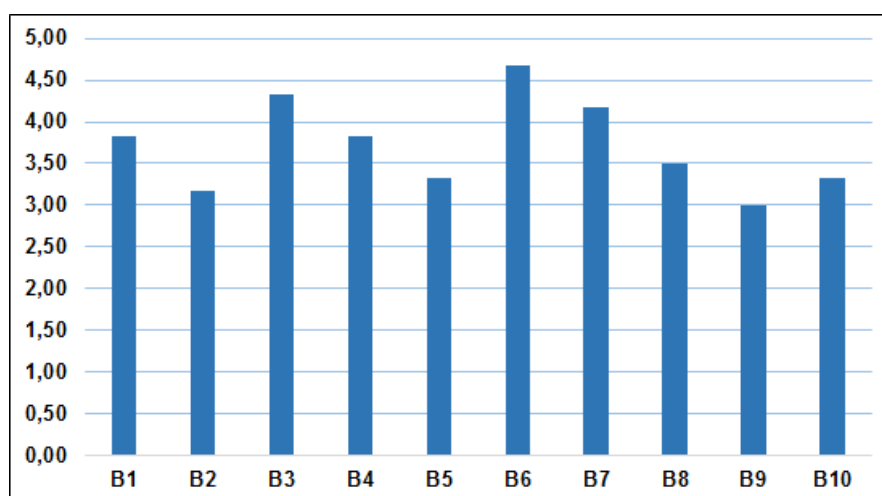
Os trabalhos pesquisados auxiliaram no entendimento das possíveis influências e, em conjunto com as entrevistas, deram origem às miniestructuras sistêmicas, que serão apresentadas na próxima seção.

#### 4.3 REALIZAÇÃO DAS ENTREVISTAS

Para um melhor entendimento do problema a ser abordado, analisou-se artigos, dissertações e teses que se referiam às barreiras ao desenvolvimento da geração distribuída fotovoltaica. Também buscou-se, na literatura, informações para elaboração de questões a serem aplicadas em entrevistas, ANEXO 1. Estas entrevistas foram realizadas com especialistas de diferentes áreas de atuação que se interagem com o assunto pesquisado.

No questionário a primeira pergunta solicitava aos respondentes a sua opinião a respeito das barreiras apresentadas. As respostas desta questão foram marcadas em uma escala Likert de 5 pontos. Ao final das entrevistas os dados, relacionados a esta questão, foram consolidados no gráfico da figura 16 que apresenta uma comparação entre as barreiras, sob a ótica dos respondentes, apontando qual destas seria mais importante para a difusão da geração distribuída fotovoltaica no estado do Tocantins.

Figura 16: Níveis de importância das barreiras para a difusão dos SFV



Fonte: (O autor)

A barreira Custo Inicial elevado, na opinião dos entrevistados, foi considerada a mais significativa na difusão desta fonte de energia, correspondendo à opinião dos autores constantes no referencial teórico. Foi perceptível, que todas as barreiras pesquisadas neste trabalho, foram consideradas com um certo nível de importância, reforçando a correta escolha das barreiras que estão sendo apresentadas. O tópico a seguir apresentará a construção da estrutura sistêmica.

Em resposta à segunda pergunta do questionário, os respondentes afirmaram não haver outras barreiras além das apresentadas na entrevista.

#### 4.4 CONSTRUINDO MINIESTRUTURAS SISTÊMICAS

As respostas dos entrevistados apresentaram resultados com foco em suas áreas de atuação, gerando uma diversidade de variáveis. As entrevistas colaboraram para estabelecimento das relações entre os fatores que englobam a pesquisa e apoiam a construção de um mapa sistêmico para cada uma das barreiras listadas.

Após encontrar as variáveis e suas relações iniciou-se a construção de miniestruturas sistêmicas. Desta forma, foram construídas várias miniestruturas, sendo uma para cada barreira encontrada na bibliografia. Com exceção das barreiras 7 e 8 que foram consolidadas em um única estrutura, uma vez que ambas tratam de subsídios, possuem variáveis em comum e várias de suas relações de causa correspondem ao mesmo efeito.

A seguir apresenta-se a forma como as miniestruturas foram construídas, utilizando a seguinte sequência:

Quadro 3: Miniestruturas sistêmicas

BARREIRAS	MINIESTRUTURAS	
B1	ES1	Falta de linhas de crédito
B2	ES2	Falta de mão de obra qualificada
B3	ES3	Falta de informação aos consumidores
B4	ES4	Normalização inadequada ou inexistente
B5	ES5	Não considerar os custos externos
B6	ES6	Alto custo de implantação
B7 e B8	ES7	Falta ou insuficiência de subsídios para sistemas fotovoltaicos Muitos subsídios para sistemas convencionais
B9	ES8	Tempo de retorno de capital muito longo
B10	ES9	Falta de uma cadeia produtiva completa

Fonte: (O autor)

Nas próximas subseções apresentar-se-á as miniestructuras, onde se procurará explicar a relação entre suas variáveis, utilizando partes destas miniestructuras e, ao final, a miniestructura completa.

#### 4.4.1 ES1 Falta de Linhas de Crédito

A inexistência de uma linha de crédito específica para energia solar fotovoltaica distribuída, a juros baixos, com prazos acessíveis e disponíveis para pessoa física, se mostra como um dos impeditivos para a difusão destes sistemas de geração. Entretanto, o consumidor poderá recorrer a outras linhas de crédito existentes no mercado, como o cartão Construcard, oferecido pela Caixa Econômica Federal, utilizado para a compra de material de construção.

Independente da finalidade principal da linha de crédito, oferecida pelo cartão Construcard, a mesma pode ser utilizada para financiar a implantação de sistemas fotovoltaicos, embora que se pratique taxas de juros em torno de 20 a 24% ao ano, o que, em função do alto valor de implantação do sistema, eleva o Payback e inviabiliza o investimento. Porém, existem linhas de crédito para pessoa jurídica, oferecidas pelo Banco da Amazônia - BASA, Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES e Banco de Desenvolvimento do Nordeste - BDN à taxa de juros abaixo de 10% ao ano, onde os valores financiáveis estão acima de valores que, normalmente, são necessários para instalação de sistemas fotovoltaicos - SFV em residências ou comércio. O quadro 4 apresenta as parciais de respostas à pergunta três do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 4: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B1

Pergunta 3: Qual a opinião a respeito desta barreira?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	<p>“Não existe um financiamento específico para energia solar fotovoltaica distribuída a um juro competitivo.”</p> <p>“Existe o Construcard, oferecido pela Caixa Econômica Federal, que tem uma taxa de juros elevada, em torno de 20 a 24% aa, como outros oferecidos por outros bancos.”</p> <p>“A utilização das linhas de créditos existentes aumentam o Payback.”</p>	
Entrevistado 4	<p>“As pessoas que entram com projeto para ser analisado pela concessionária apresentam sempre a queixa de que não existe linhas de crédito para este tipo de projeto.”</p>	
Entrevistado 6	<p>“Para o cidadão comum (pessoa física), que é o potencial gerador, ainda não existe nenhuma linha de crédito.”</p>	

Fonte: (O autor)

O quadro 5 apresenta as parciais de respostas às perguntas quatro e cinco do questionário, algumas variáveis e sua inter-relações.

Quadro 5: Parciais de respostas às perguntas 4 e 5, barreira B1

Pergunta 4 e 5: Quais ações devem ser tomadas para superar esta barreira? Quem deveria ser o responsável por estas ações?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“O governo federal deveria criar políticas para incentivar as instituições financeiras a abrirem novas linhas de créditos específicas para SFV” “Os bancos públicos poderiam ser utilizados para alavancar estas ações.”	<pre> graph LR     A[Motivação política.] --&gt; B[Políticas públicas para incentivar a GFV]     B --&gt; C[Oferta capital público] </pre>
Entrevistado 6	“Seria essencial se o governo federal utilizasse de capital público para criar uma linha de crédito junto à Caixa Econômica Federal para investimentos em SFV, como, por exemplo, financiamento da casa própria onde os juros são os menores do mercado.”	
Entrevistado 3	“Aumentando a demanda por SFV, aumentará também a procura por linhas de créditos. Isto seria um incentivo para mais instituições financeiras oferecerem novos financiamentos.”	<pre> graph TD     A[Aquisição de financiamento.] --&gt; B[Atratividade para abrir novas linhas de crédito]     B --&gt; C[Quantidade de SFV Implantados]     D[Demanda por novas linhas de crédito] --&gt; B     E[Demanda por SFV] --&gt; C </pre>
Entrevistado 4	“Com a oferta de linhas de créditos para SFV, a aquisição de financiamento aumentará incentivando a adesão de novas instituições financeiras a este tipo de financiamento.”	

Fonte: (O autor)

EPE (2014a) explica que com a falta de linhas de financiamento específicas para Geração distribuída fotovoltaica (GDFV), oferecidas por bancos públicos, os bancos privados impõem uma certa resistência, por aversão ao risco, em financiar este tipo de investimento. No entanto, o BNDES possui linhas de financiamento que poderiam ser aplicáveis, mas não são acessíveis para os pequenos investidores, como os que utilizam de mini e micro GD. Assim, neste momento, só farão investimentos em GDFV aqueles que conseguirem capital barato ou aqueles que não necessitam de financiamento. Ainda, de acordo com a EPE (2014a), a não criação de linhas de créditos, que ampare investimento neste tipo de fonte, implicará em uma repercussão negativa para a difusão da geração fotovoltaica o que terá influência direta na atratividade para investimentos no setor.

Martins (2015), complementa que não há uma linha de financiamento público, oferecido pelo BNDES, para geração distribuída fotovoltaica e que isto acontece em consequência do valor, para implantação deste sistema em uma residência ou em um

comércio, ser inferior aos valores mínimos disponibilizados por esta instituição financeira. O quadro 6 apresenta os valores mínimos disponibilizados pelo BNDES para produtores independentes de energia e eficiência energética.

Quadro 6: Linhas de financiamento oferecidos pelo BNDES

CATEGORIA	LINHA	CONDIÇÕES BÁSICAS
	<b>PROJETOS</b>	
Produtor Independente de Energia	Geração Energias Alternativas Modalidade de Project Finance	Mínimo R\$ 10 milhões TJLP 0,9% a.a. Risco: 3,57% a.a. 80% participação máxima Até 16 anos
Distribuição	Projetos de modernização tecnológica de linhas de distribuição e subestações	Mínimo R\$ 10 milhões 50% em TJLP e 50% em TJ-462 1,3% a.a. Risco: 3,57% a.a. 50% dos itens financiáveis Até 6 anos
Eficiência Energética	PROESCO - Eficiência Energética incluindo a substituição de combustíveis de origem fóssil por fontes renováveis.	TJLP 0,9% a.a. Risco: 3,57% a.a. 80% dos itens financiáveis Até 6 anos

Fonte: (BNDES, 2014)

O governo federal tem demonstrado interesse em criar políticas que incentive o desenvolvimento da GD no país. Criando em dezembro de 2015, através do Ministério de Minas e Energia, um grupo de estudos denominado ProGD. Dentre as atribuições do ProGD, uma se refere à criação de linhas de crédito e formas de financiamento de projetos, para implantação de sistemas de geração distribuída GD nos segmentos residencial e comercial. Conforme o Respondente 1, CEO da empresa ARASOL, empresa pioneira no estado do Tocantins e que presta serviços na área de energia solar

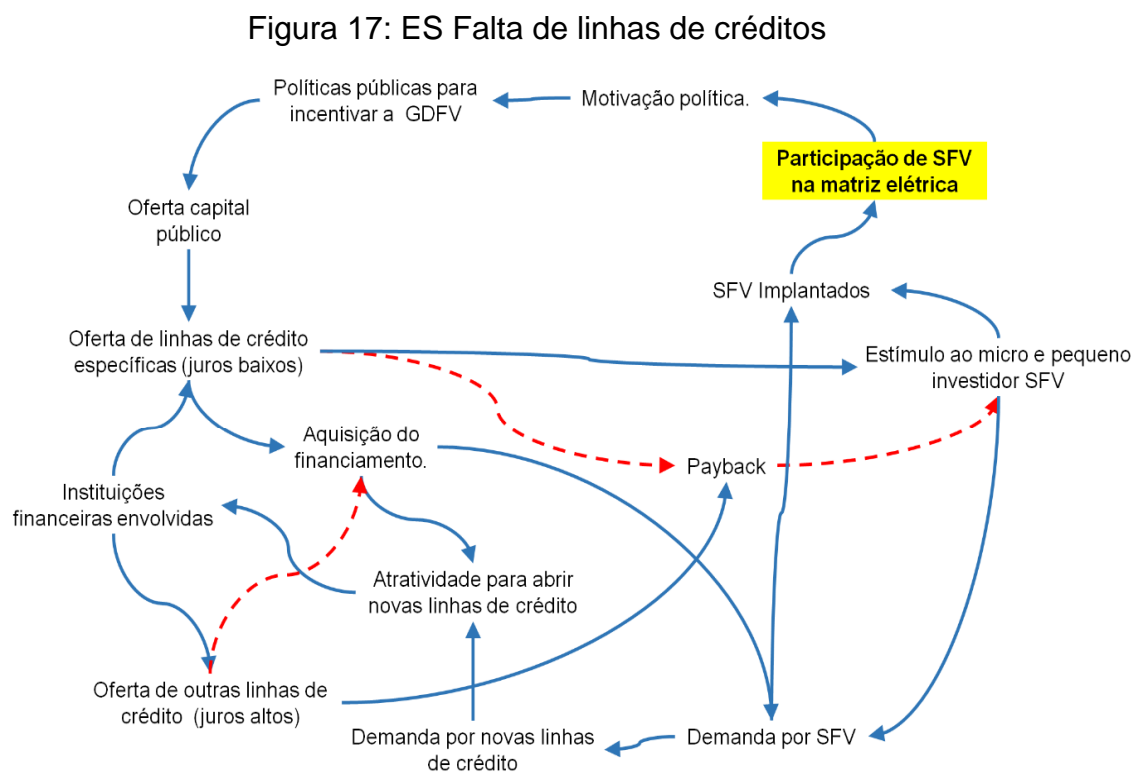
“Cerca de 80% dos cliente que os procuram para compra de SFV, desistem por falta de opção de financiamento, uma vez que, o valor inicial do investimento é, geralmente, bem elevado.”

Esta afirmação se consolida através de uma pesquisa realizada pelo Greenpeace, em parceria com Market Analysis, no ano de 2014, quando apresentaram os resultados de uma pesquisa feita, onde 87% dos respondentes



afirmaram que adotariam o sistema de geração distribuída, caso existissem linhas de créditos com juros baixos disponíveis. (GREENPEACE, 2014).

A figura 17 apresenta a miniestrutura Falta de linhas de créditos, suas variáveis e relações.



Fonte: (O autor)

#### 4.4.2 ES Falta de Mão de Obra Qualificada

A falta de mão de obra qualificada se configura como um fator impeditivo para o desenvolvimento da GDFV em todo o país, mas em especial no estado do Tocantins que, sendo um estado novo e em começo de desenvolvimento, é carente de mão obra em todas as áreas do conhecimento. Existem, no estado, poucos profissionais especializados em geração fotovoltaica. Esta carência de mão de obra profissional e a crescente demanda por profissionais qualificados, a difusão da geração fotovoltaica fica comprometida. Ações envolvendo as empresas prestadoras de serviço em energia solar e instituições de ensino técnico profissional, deverão ocorrer no sentido de corrigir esta insuficiência de profissionais, interferindo positivamente na solução

deste problema. O quadro 7 apresenta as parciais de respostas à pergunta três do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 7: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B2

Pergunta 3: Qual a opinião a respeito desta barreira?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 3	“É um problema muito grande, hoje nós temos profissionais engenheiros que vem da Espanha fazem toda análise de terreno, local de instalação, hoje os profissionais brasileiros não têm pratica em implantação de grandes projetos nesta área, basicamente trazemos todo o nosso pessoal de fora do Brasil e isto aumenta os custos do projeto”	<pre> graph TD     C[Costo inicial de implantação do SFV] -.-&gt; vermelho  E[Estímulo ao micro e pequeno investidor em SFV]     C --&gt; azul  CO[Custo de mão de obra]     CO -.-&gt; vermelho  UO[Uso de mão de obra interna]     CO -.-&gt; vermelho  UOE[Uso de mão de obra externa]     UO -.-&gt; vermelho  CO     UO -.-&gt; vermelho  E2[Estímulo a investidores para criação de fabricas nacionais]     UOE -.-&gt; vermelho  E2   </pre>
Entrevistado 5	“Falta profissionais pesquisadores que trabalhem no desenvolvimento desta tecnologia, isto serviria como estímulo para novos investimentos no estado e no Brasil,”	
Entrevistado 6	<p>“No Tocantins existem poucos profissionais especializados no estado, o que é necessário para elaboração de projetos e na instalação.”</p> <p>“A falta de mão de obra especializada aumenta o valor inicial do investimento.”</p>	

Fonte: (O autor)

O quadro 8 apresenta as parciais de respostas às perguntas quatro e cinco do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 8: Parciais de respostas às perguntas 4 e 5, barreira B2

Pergunta 4 e 5: Quais ações devem ser tomadas para superar esta barreira? Quem deveria ser o responsável por estas ações?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 3	“Acho que uma forma de se resolver este problema seria a criação de cursos técnicos para resolver esta falta de mão de obra que, atualmente, é um grande limitante para desenvolvermos nossos projetos.”	
Entrevistado 5	“É preciso investir em pesquisas de novos materiais e formas de captar a energia do sol e transformá-la em energia elétrica. Para isto ocorrer é importante estimular a formação de novos pesquisadores.”	
Entrevistado 6	“As instituições de ensino deveriam criar cursos técnicos e de pós graduação na área de energias renováveis. Com isto atenderia a demanda por mão de obra.”  “Temos bons projetistas, mas não nesta área.”	

Fonte: (O autor)

O mercado de trabalho fotovoltaico mundial está em constante crescimento. O relatório National Solar Jobs Census de 2015 mostra que nos Estados Unidos, de 2012 a 2015, houve um crescimento de 75% na demanda por mão de obra e há uma previsão de crescimento de 2015 para 2016 de 14%, conforme apresenta os dados do relatório. (SOLAR FUNTADION, 2015).

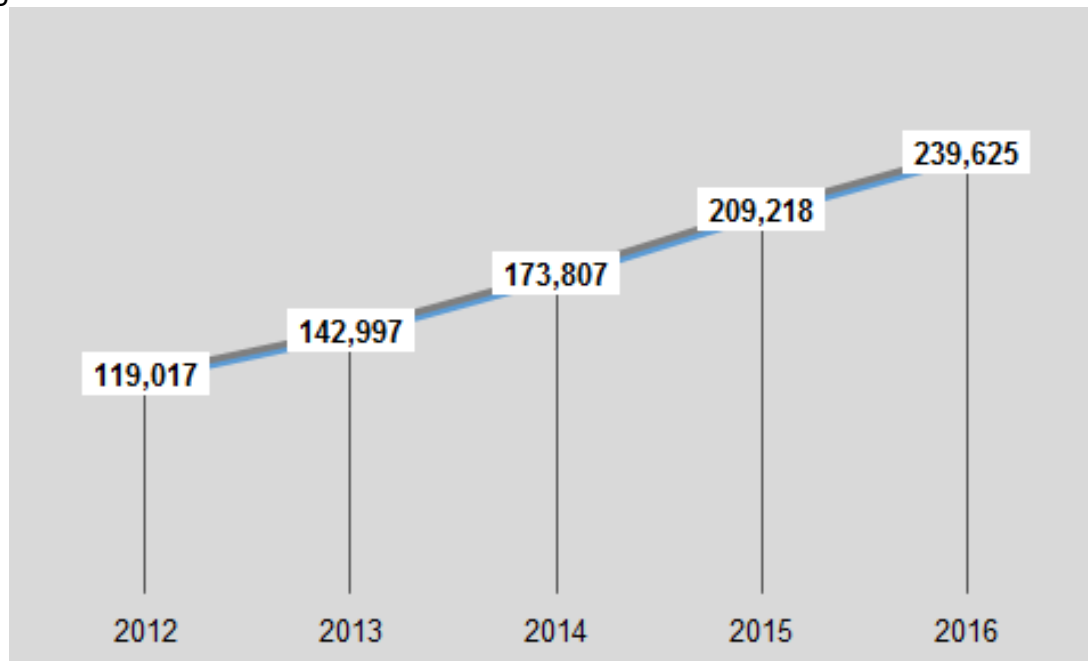
Tabela 4: Demanda nos Estados Unidos por mão de obra em SFV, em milhares

Ano	Instalação	Fabricação	Vendas e Distribuição	Desenvolvimentos de projetos	Outros
2010	43,934	24,916	11,744	-	12,908
2011	52,503	24,064	17,722	-	5,948
2012	57,177	29,742	16,005	7,988	8,105
2013	69,958	29,851	19,771	12,169	11,248
2014	97,031	32,49	20,185	15,112	8,989
2015	119,931	30,282	24,737	22,452	11,816
2016	139,813	34,123	27,352	26,074	12,263

Fonte: (SOLAR FUNDATION, 2015)

Analisando os dados verifica-se que o crescimento da demanda segue uma linha de tendência quase que linear, apontando que em 2016 a demanda será muito próxima do previsto. O que pode ser verificado através da figura 18.

Figura 18: Crescimento do mercado de trabalho fotovoltaico nos EUA Em milhares.



Fonte: (SOLAR FOUNDATION, 2015)

IRENA (2015) em sua revisão anual estimou que a demanda mundial por mão de obra no setor de energias renováveis, excluindo as grandes usinas Hidroelétricas, no ano de 2014 superou a demanda do ano anterior em 18%, conforme a figura 19 que teve a energia solar fotovoltaica como a principal empregadora, gerando emprego para cerca de 2,5 milhões de pessoas em todo o mundo. As vagas de emprego se estendem por toda a cadeia fotovoltaica, desde a exploração do silício para fabricação dos painéis até a instalação, operação e manutenção dos sistemas fotovoltaicos instalados.

Ainda, conforme IRENA (2015), as informações sobre a demanda por mão de obra nas grandes hidrelétricas são insuficientes para se ter uma compreensão abrangente sobre o tema, no entanto, em uma estimativa para o ano de 2013 aponta que houve uma demanda de, aproximadamente, 1,5 milhões de empregos em todo o mundo.

Figura 19: Comparação de demandas por mão de obra entre renováveis

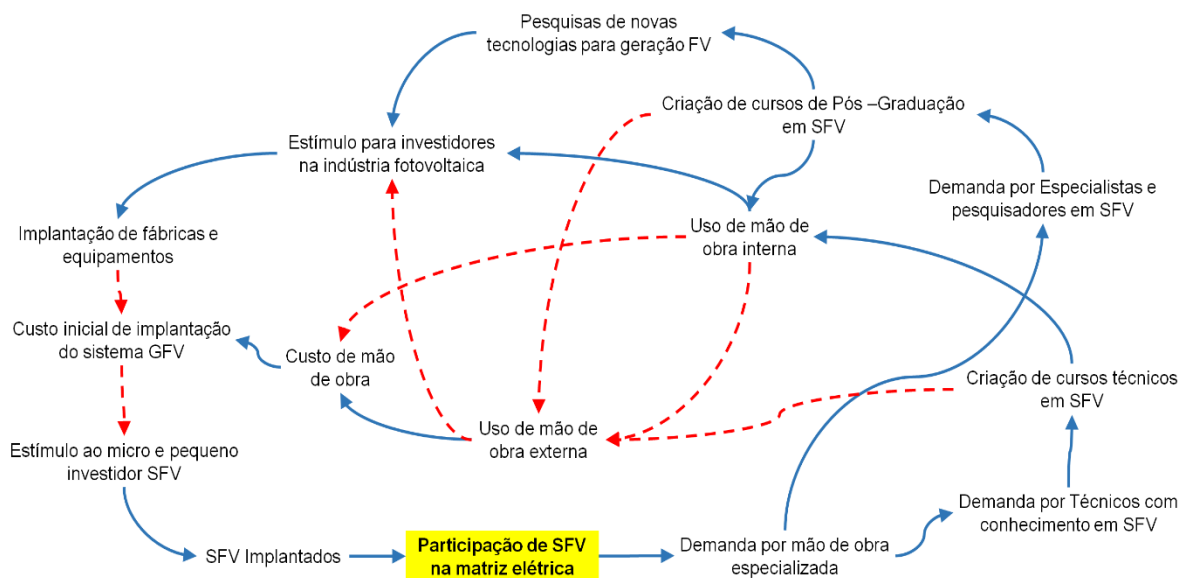


Fonte: (IRENA 2015)

Um mercado inovador e globalizado necessita de desenvolvimento de recursos humanos para formação de mão de obra técnica para atuar na instalação, operação e manutenção de sistemas fotovoltaicos como em outras áreas como pesquisa e desenvolvimento de novos tipos de materiais que possam ser utilizados para a captação da luz do sol. Conforme CGEE (2010), existe uma carência de profissionais das áreas de engenharia, química e de outros especialistas que são essenciais para a difusão dos sistemas fotovoltaicos. Entretanto, para a formação de mão de obra técnica que atuará na instalação, operação e manutenção de SFV é fundamental que disciplinas que tratam deste assunto sejam inseridas na grade dos cursos de formação de engenheiros e técnicos. Deve-se procurar evitar o que aconteceu na Alemanha, que qualificou profissionais com competências específicas para atuarem neste mercado, focando apenas na falta de mão de obra, desta forma, quando as instalações chegaram ao seu limite de crescimento, o contingente de mão de obra se mostrou demasiado para atuar somente na manutenção destes sistemas. (NAKABAYASHI, 2015).

A figura 20 apresenta a miniestrutura Falta de mão de obra qualificada, suas variáveis e relações.

Figura 20: ES Falta de mão de obra qualificada



Fonte: (O autor)

#### 4.4.3 ES3 Falta de Informação

Em geral, os interessados em adquirir o sistema de geração fotovoltaico têm pouco, ou nenhum, conhecimento sobre o assunto, criando, às vezes, expectativas que não condizem com a realidade do sistema, demonstrando falta de conhecimento sobre as vantagens de se utilizar a GDFV e, ainda menos, sobre as desvantagens de se utilizar os sistemas convencionais de geração. Além da falta de informação básica sobre questões técnicas as pessoas desconhecem as vantagens financeiras que poderão perceber ao longo da vida útil do sistema. Para Gueller (2002), é aceitável que a falta de conhecimento, por parte dos consumidores, pode custar tempo e dinheiro, uma vez que os consumidores desconhecem as vantagens de utilização das energias renováveis e, também, a existência de fornecedores locais do produto e de oportunidade de financiamentos.

O respondente 6 comenta sobre uma palestra que proferiu, em uma feira comercial, na cidade de Colinas do Tocantins a FECOLINAS:

*“Fiquei impressionado ao ver o grau de desconhecimento dos presentes em relação ao sistema fotovoltaico. O público presente era composto por estudantes, políticos e empresários, havia pessoas com capacidade de conhecimento geral. As perguntas que me eram feitas mostravam total desconhecimento sobre o tema, faziam questionamento do tipo: posso*

*vender pro meu vizinho, onde vou colocar as baterias, o relógio gira ao contrário? Demonstraram total falta de conhecimento sobre o assunto.”*

O quadro 9 apresenta as parciais de respostas à pergunta três do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 9: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira b3

Pergunta 3: Qual a opinião a respeito desta barreira?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“A maioria dos nossos clientes chegam aqui sem nenhum conhecimento sobre o assunto, tendo, às vezes, expectativas que não condizem com o sistema. Não conhecem as vantagens de se utilizar este sistema, não confiam nas informações.”	<pre> graph LR     A[Falta de informação sobre SFV] -.-&gt; B[Confiança no sistema]     B --&gt; C[Demanda por SFV] </pre>
Entrevistado 3	“No momento em que a pessoa tem um determinado meio de ganhar algum dinheiro extra e não sabe, isto significa que falta informação e que esta informação está impedindo a disseminação deste meio.”	
Entrevistado 6	“Fiquei impressionado ao ver o grau de desconhecimento dos presentes em relação ao sistema fotovoltaico. Demonstraram total desconhecimento sobre o assunto.”	

Fonte: (O autor)

O quadro 10 apresenta as parciais de respostas às perguntas quatro e cinco do questionário, algumas variáveis e sua inter-relações.

Quadro 10: Parciais de respostas às perguntas 4 e 5, barreira B3

Pergunta 3 e 4: Quais ações devem ser tomadas para superar esta barreira? Quem deveria ser o responsável por estas ações?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“Os gestores públicos deveriam fazer campanhas para esclarecimento da população, mas também, a empresas que atuam no setor deveriam promover palestras sobre o tema.”	<pre> graph TD     A[Envolvimento de empresas que atuam no setor] --&gt; B[Propagandas para divulgação do produto]     C[Envolvimento de gestores públicos] --&gt; D[Campanhas públicas]     E[Envolvimento de instituições de ensino e pesquisa] --&gt; F[Palestras sobre o tema]     D --&gt; G[Divulgação em meios de comunicação em massa]     D --&gt; H[Divulgação em feiras]     D --&gt; F     F --&gt; I[Propagandas para divulgação do produto] </pre>
Entrevistado 3	“Um bom meio de resolver este problema é com palestras sobre o tema em eventos locais, divulgação em meios de comunicação em massa.”	
Entrevistado 6	“As instituições de ensino, como a que trabalho, deveriam se envolver mais, promovendo palestras sobre o tema.”	

Fonte: (O autor)

A informação e educação do consumidor sobre o assunto é essencial para que haja confiança e interesse em se fazer o investimento. Se houver falta de credibilidade no sistema, nos serviços prestados pelos profissionais, ou se houver mal entendimento sobre os benefícios que se poderia alcançar, não encontrar-se-á condições pra se fazer o investimento. (EPE, 2014a). Costa (2005) completa que a falta de e confiança no potencial e nas possibilidades das fontes renováveis é, também, um dos pontos fundamentais para que uma tecnologia não tenha sucesso e possa ser difundida a nível estadual e nacional. Costa (2005) afirma ainda que uma forma de melhorar este nível de confiança pode acontecer através das distribuidoras de energia como meios de se promover as fontes renováveis, no sentido de informar, educar e treinar, para aumentar a aceitação dos possíveis usuários destes sistemas.

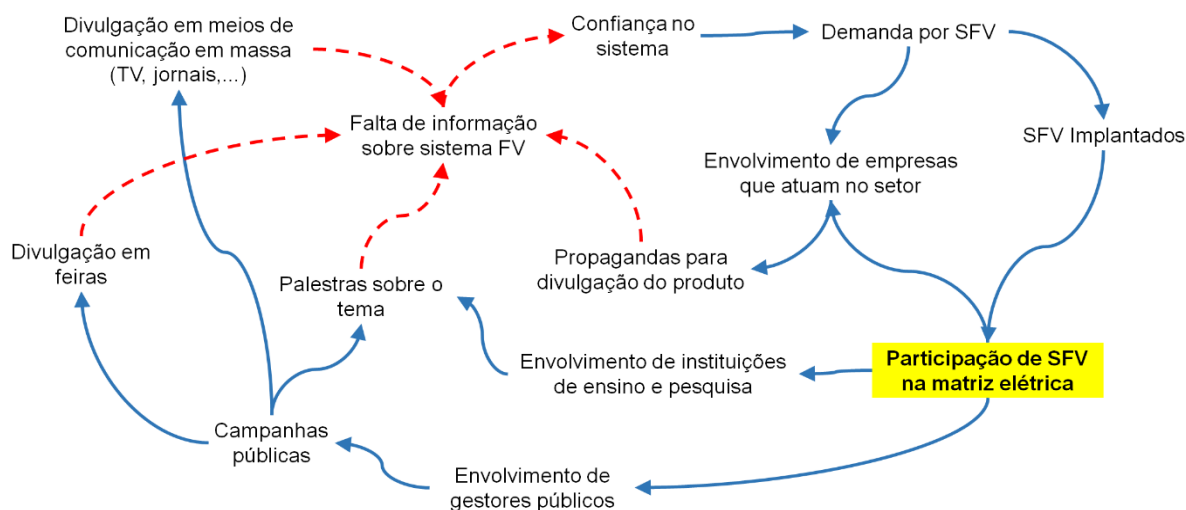
Outra forma de melhorar a falta de conhecimento pode ser com o envolvimento de gestores públicos para a disseminação da GDFV, que pode vir através de campanhas públicas com o apoio de instituições de ensino técnico, com palestras sobre o tema para a sociedade em geral. Deveria ter participação das empresas que prestam serviço nesta área com divulgação de seus produtos em feiras comerciais ou



em forma de propaganda em meios de comunicação em massa sobre seus produtos e serviços uma vez que são parte interessada nesta difusão.

A figura 21 apresenta a miniestrutura Falta de informação ao consumidor, suas variáveis e relações.

Figura 21: ES3 Falta de informação ao consumidor



Fonte: (O autor)

#### 4.4.4 ES4 Normalização Inadequada ou Inexistente

A resolução ANEEL 482, que define os critérios de interligação de mini e microgeradores de energia à rede de distribuição foi publicada em 2012, trazendo grandes mudanças para o setor elétrico, através desta se regulamentou a geração distribuída no Brasil. A publicação desta norma colaborou para superar uma das maiores barreiras que as energias renováveis, com exceção da hidrelétrica, enfrentavam para seu desenvolvimento. Contudo, o sistema de compensação Net Metering, regulamentado na norma, não é o mais indicado para incentivar este investimento, já que os seus créditos se espiram em um prazo predeterminado. Esta condição de empréstimo age como desmotivador para que o consumidor gere mais energia do que seria necessário para atender o seu próprio consumo, um fator que não contribui em nada com o desenvolvimento da região.

O quadro 11 apresenta as parciais de respostas à pergunta três do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 11: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B4

Pergunta 3: Qual a opinião a respeito desta barreira?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“Atualmente o excedente gerado e fornecido com empréstimo para a distribuidora, o que não causa estímulo para se investir em sistemas que gerem mais energia que seu próprio consumo”	<pre> graph TD     A[Investimentos em GDFV] --&gt; B[SFV Implantados]     B --&gt; C[Energia gerada por SFV]     C --&gt; D[Empréstimo, do excedente gerado, através do Net Metering]     D --&gt; E[Atratividade econômica]     E --&gt; A   </pre>
Entrevistado 3	“O Net Metering não é atrativo para o investidor, já que incentiva a geração acima do consumo.”	
Entrevistado 4	“No Net Metering o consumidor, além de conceder seu excedente gerado como empréstimo, tem um prazo determinado para recuperá-lo. Uma vez vencido o prazo o consumidor perde seu direito de recuperá-lo.”	
Entrevistado 5	“O consumidor que quer investir em um sistema fotovoltaico entra em um dilema: se investir em um sistema que gere mais que sua demanda terá que emprestá-la ao distribuidor, porém, se investir em um sistema que cubra apenas sua demanda média, correrá o risco de em algum tempo a sua demanda superar a capacidade de geração.”	

Fonte: (O autor)

O quadro 12 apresenta as parciais de respostas às perguntas quatro e cinco do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 12: Parciais de respostas às perguntas 4 e 5

Perguntas 4 e 5: Quais ações devem ser tomadas para superar esta barreira? Quem deveria ser o responsável por estas ações?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“Se alterasse a resolução 482/2012 adotando o Feed in Tariff, como é regulamentado na Alemanha, o consumidor poderia vender toda a sua energia gerada para a distribuidora, a um valor acima do preço de mercado, aumentando sua receita, o que seria bastante atrativo para o pequeno investidor”	<pre> graph TD     A[Investimentos em GDFV] --&gt; B[SFV Implantados]     B --&gt; C[Energia gerada por SFV]     C --&gt; D[Venda, de toda energia gerada, através do Feed in tariff]     D --&gt; E[Receita da venda do excedente]     E --&gt; F[Atratividade econômica]     F --&gt; A     E --&gt; G[Payback]     G --&gt; A </pre>
Entrevistado 3	“A possibilidade do consumidor vender a energia gerada e, com isto melhorar sua receita, é um motivador para a realização do investimento.”	
Entrevistado 4	“A venda da energia gerada, a um preço acima do mercado, é um importante fator que atua na redução do payback o que estimula os investimentos em SFV.”	
Entrevistado 5	“A geração fotovoltaica é um bom instrumento para colaborar com a solução da crise energética brasileira, no entanto para que isto ocorra é necessário que os consumidores invistam em sistemas que gerem mais que sua demanda, neste caso a venda da energia gerada seria um importante motivador,”	

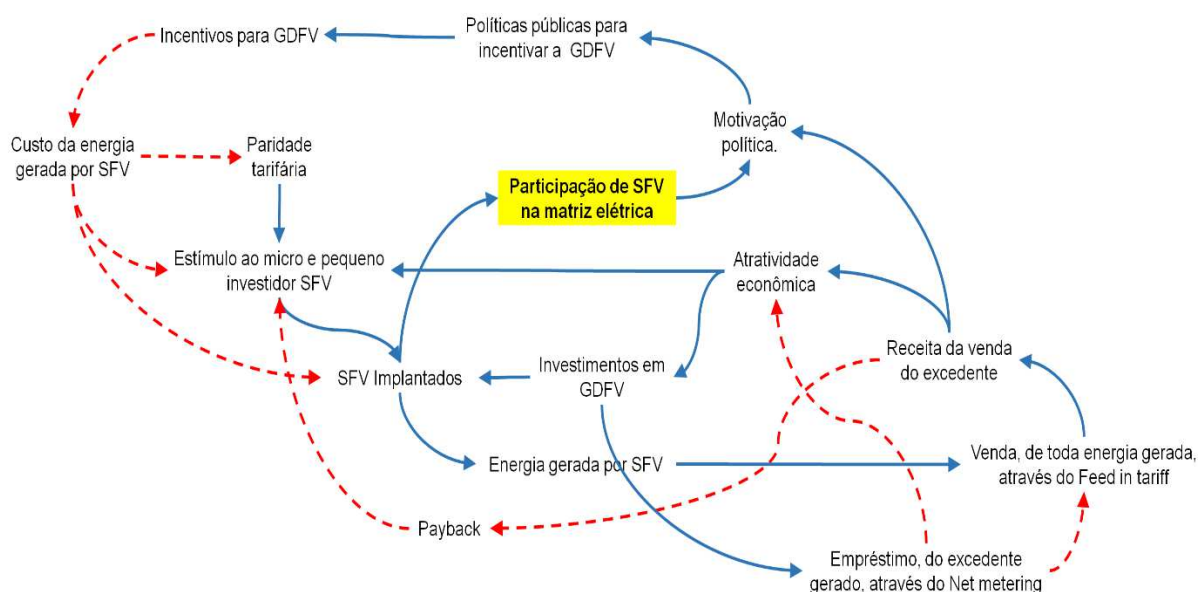
Fonte: (O autor)

O sistema feed in tariff é o mecanismo de inserção de fontes renováveis mais utilizados na Europa, neste sistema toda a energia produzida é injetada na rede e

adquirida pela distribuidora a um valor maior que o da tarifa cobrada pela energia disponível na rede pública. O montante da tarifa prêmio pago pela energia gerada pela GD é repassado aos consumidores. De forma geral a distribuidora paga um valor coerente com o que se paga a fornecedores convencionais, e o restante é rateado com os consumidores de forma proporcional ao seu consumo. Este repasse de custo deve ser calculado de forma que o aumento na conta do consumidor final seja desprezível. (BRASIL, 2009). Porém, neste ponto é necessário notar que com a difusão da GDFV, o montante injetado na rede também aumentaria e, de modo consequente, haveria um aumento no repasse de custos ao consumidor, gerando um problema como o ocorrido na Alemanha, conforme citado por IEA 2014.

A figura 22 apresenta a miniestrutura Nomalização inadequada ou inexistente, suas variáveis e relações.

Figura 22: ES3 Nomalização inadequada ou inexistente



Fonte: (O autor)

#### 4.4.5 Não Considerar as Externalidades

Um motivador para o investimento em geração fotovoltaica, geralmente, é a preocupação com danos ambientais causados pelas usinas convencionais. Em usinas convencionais ocorrem impactos ambientais, desde a construção até a sua operação. No início são construídos reservatórios que ocupam áreas extensas de matas ou

terras cultiváveis, interfere-se no habitat natural de toda a fauna terrestre local. Há, também, a supressão vegetal com, ou sem, a retirada do material orgânico que, ao ficar submerso, entra em decomposição alterando as características da água.

Além dos impactos causados pelas hidrelétricas, há também os impactos causados pelas térmicas, na queima de combustíveis fósseis. Quando se compara estas fontes convencionais com as fontes renováveis, em principal com a fonte solar fotovoltaica, percebe-se que os impactos ambientais causados pelas renováveis são muito menores.

Há uma grande diferença entre os preços da energia gerada por fontes fotovoltaica e convencionais. O KWh gerado por sistemas fotovoltaicos tem seu preço mais elevado em consequência de seu custo de implantação ainda ser elevado, o que, por sua vez, torna a fonte solar fotovoltaica pouco atrativa.

A consideração destas externalidades no custo da energia gerada por fontes convencionais poderia nivelar os preços e tornar a fonte fotovoltaica mais atrativa aos olhos dos consumidores. O quadro 13 apresenta as parciais de respostas à pergunta três do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 13: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B5

Pergunta 3: Qual a opinião a respeito desta barreira?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“Do ponto de vista de aumento de emprego e renda a micro geração é a que mais contribui. Quando se está desenvolvendo um projeto se tem um grande consumo de mão de obra e produtos no local.”	<pre> graph LR     A[Geração de empregos temporária] --&gt; B[Demanda por SFV]     B --&gt; C[Estímulo temporário ao mercado local]           </pre>
Entrevistado 2	<p>“Para a implantação de SFV, na sua grande maioria, não é necessário investimentos em redes de transmissão ou distribuição, uma vez que são instalações residenciais ou comerciais, a chamada geração distribuída.”</p> <p>“As hidrelétrica e termelétricas prejudicam o meio ambiente com gases de efeito estufa, desmatamentos, alagamentos e outros danos, o que não acontece com o sistema fotovoltaico.”</p>	<pre> graph TD     A[Demanda por SFV] -.-&gt; B[Investimentos em transmissão e distribuição de E.E.]     B --&gt; C[Supressão vegetal]     D[Demanda por sistema convencional de geração de energia] --&gt; B     E[Emissão de gases CO2, CH4 e outros] --&gt; D     D --&gt; F[Alagamento de terras férteis]     C --&gt; E           </pre>

Fonte: (O autor)

O quadro 14 apresenta as parciais de respostas às perguntas quatro e cinco do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 14: Parciais de respostas à pergunta 4 e 5

Pergunta 4 e 5: Quais ações devem ser tomadas para superar esta barreira? Quem deveria ser o responsável por estas ações?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“Se considerarmos os impactos ambientais na composição dos custos, na energia gerada por uma hidrelétrica, por exemplo, o Kwh teria um valor muito acima do que é cobrado.”	<pre> graph LR     A[Custo da energia gerada por geração convencional]     B[Custos externos]     C[Custo ambiental]     B --&gt; A     C --&gt; B           </pre>
Entrevistado 2	“Hoje o Kwh gerado por uma hidrelétrica tem um valor muito menor que o gerado por um sistema fotovoltaico, isto prejudica o desenvolvimento desta tecnologia.”	

Fonte: (O autor)

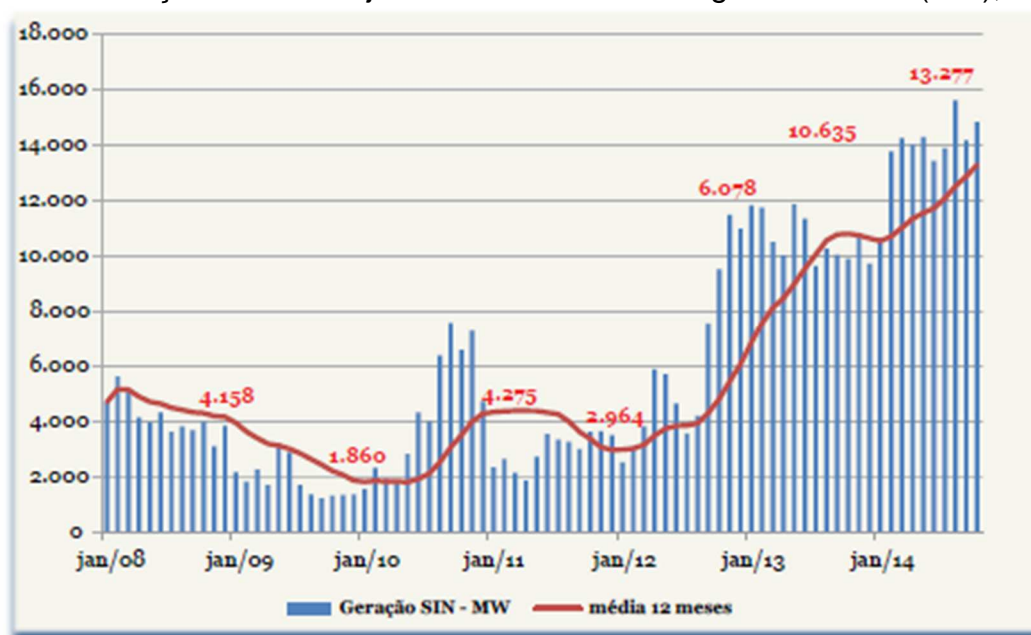
Do ponto de vista da geração de renda, como mostrado anteriormente, a fonte fotovoltaica é a que gera a maior oferta de emprego e, considerando que o estado do Tocantins tem uma economia baseada na pecuária e no funcionalismo público, a difusão de sistemas fotovoltaicos seria uma fonte de renda para parte da população, tanto gerando empregos na implantação e manutenção, como em economia com gastos com energia.

Um diferencial entre as fontes convencionais e a fotovoltaica distribuída está no fato de que a geração distribuída, como o próprio nome diz, está próxima ao local de consumo, fator que elimina a necessidade de investimentos em linhas de distribuição e transmissão. Tais investimentos representam grande parte do custo de sistemas centralizados (convencionais). Vladimir Daleffe, diretor presidente da Companhia Paranaense de Energia (Copel), completa que ao se permitir a geração de energia elétrica por geração distribuída, com sistema de compensação aprovado pela resolução ANEEL 482/2012, há uma redução na carência de investimentos em rede de distribuição, subestações e redes de transmissão, evitando as perdas decorrentes do transporte da energia em longas distâncias e as perdas no sistema de distribuição. (COPEL, 2013).

Em consequência do longo período de estiagem, que tem assolado o país, houve perda de capacidade de geração das usinas hidrelétricas, obrigando o governo federal a acionar as usinas térmicas. A estiagem criou uma crescente demanda por estes sistemas de geração de energia elétrica, influenciando diretamente na emissão de gases, principalmente, o CO<sub>2</sub>. Estas emissões influenciam diretamente na variável custos externos, este, por sua vez, se considerado, terá uma influência direta no custo da energia gerada por geração convencional, tornando maior a paridade tarifária, assim, maior será o estímulo ao pequeno e micro investidor de GDFV.

De acordo com publicação de WWF (2015), a energia solar fotovoltaica se firma como uma saída para o problema da poluição ambiental decorrente da utilização excessiva de sistemas convencionais de geração de energia elétrica. Nos últimos três anos, em função da crise energética no Brasil, utilizou-se, sistematicamente, as usinas térmicas. Estas usinas utilizam, como fontes de energia primária, o carvão mineral, o gás natural e óleo combustível que, quando queimados, liberam gases poluentes. No período decorrido entre os meses de outubro de 2013 e outubro de 2014, as térmicas foram responsáveis por 21% de toda a oferta de energia, injetada no Sistema Interligado Nacional, quando foram gerados, aproximadamente, 70 bilhões de tonelada de CO<sub>2</sub>. A figura 23 apresenta a crescente demanda por usinas térmicas entre 2008 e 2014.

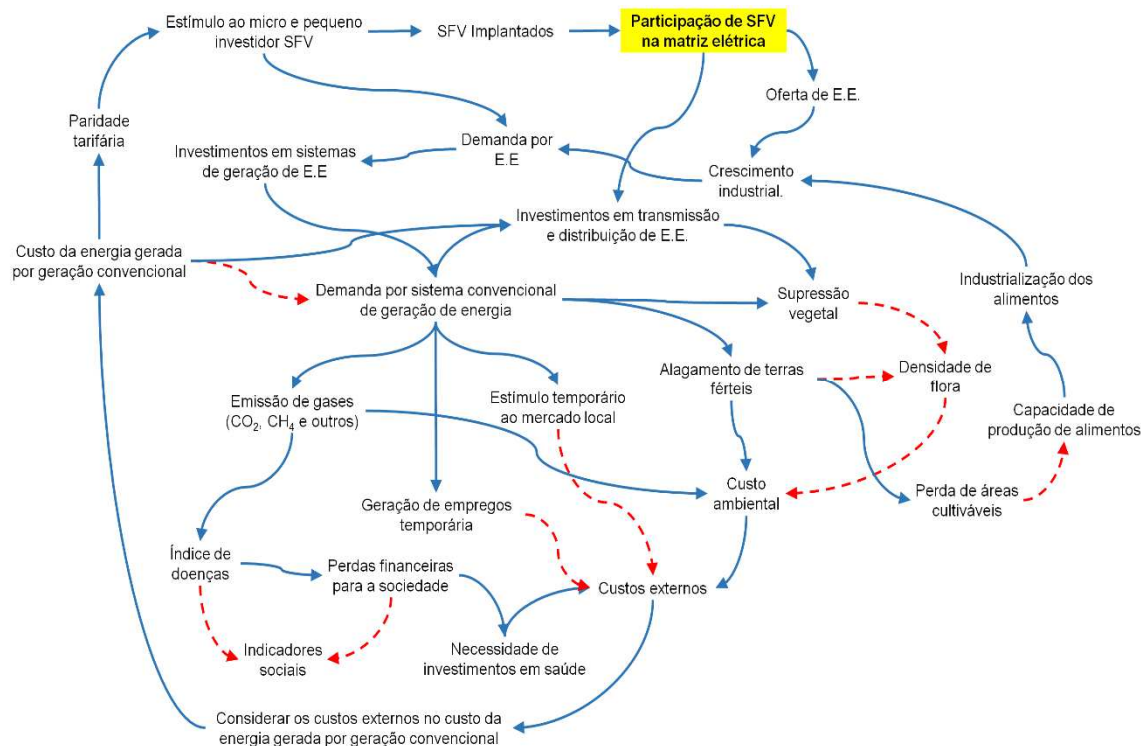
Figura 23: Geração Térmica injetada no Sistema Interligado nacional (SIN), em MW



Fonte: (WWF, 2015)

A figura 24 apresenta a miniestrutura Não considerar as externalidades, suas variáveis e relações.

Figura 24: ES Não considerar as externalidades



Fonte: (O autor)

#### 4.4.6 ES6 Custo Inicial Elevado

No desenvolvimento das entrevistas foi possível verificar que o alto custo de implantação é considerado o principal entrave para o processo de difusão da geração fotovoltaica, uma vez que não existem linhas de crédito específicas disponíveis e, em geral o consumidor residencial ou comercial, não dispõe do montante necessário para fazer a aquisição do sistema. Um dos fatores principais que influenciam no custo de implantação de GDFV é o alto custo dos componentes e painéis utilizados na instalação do sistema. Aliado a isto, a falta de linhas de créditos específicas tornam o investimento impraticável.

A carga tributária no Brasil é grande e impacta no preço final de produtos/serviços. Como grande parte do material utilizado para implantação deste sistema é importado e, com o alto valor do dólar, o investimento para implantação do



sistema se torna, consideravelmente, elevado o que, geralmente, faz o consumidor desistir da aquisição.

Alguns empresários brasileiros estão fabricando e colocando à disposição da população alguns produtos como placas solares, mas a produção ainda é muito pequena para atender a previsão de crescimento desta tecnologia no Brasil.

O quadro 15 apresenta as parciais de respostas à pergunta três do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 15: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B6

Pergunta 3: Qual a opinião a respeito desta barreira?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“Muitos clientes chegam aqui interessados e quando ficam sabendo do custo desistem. Este, a meu ver, é o principal empecilho para o processo de geração distribuída. O alto custo está diretamente ligado aos componentes e materiais que são importados.”	
Entrevistado 2	“O alto custo dos materiais e componentes faz com que o investimento inicial seja muito elevado, o que pode tornar inviável para investidores que não tenham acesso a linhas de financiamento”	
Entrevistado 3	“A carga tributária tem uma parcela importante no custo, tanto de materiais e equipamentos como de mão de obra, e recai sobre o custo inicial.”	
Entrevistado 4	“O que torna o sistema fotovoltaico caro é o preço dos painéis e equipamentos, e isto ocorre, principalmente, em função de todos os materiais serem importados.”	
Entrevistado 6	“É talvez o principal obstáculo na implantação desta tecnologia. Os equipamentos são caros, mas alguns empresários brasileiros estão fabricando e colocando à disposição da população alguns produtos. Fabricantes de painéis ainda precisam aparecer, pois os painéis que hoje se utiliza são importados.”	

Fonte: (O autor)

O quadro 16 apresenta as parciais de respostas às perguntas quatro e cinco do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 16: Parciais de respostas às perguntas 4 e 5, barreira B6

Pergunta 4 e 5: Quais ações devem ser tomadas para superar esta barreira? Quem deveria ser o responsável por estas ações?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“O governo federal deveria criar políticas públicas que incentivem o uso da geração fotovoltaica distribuída.”	
Entrevistado 2	“Os gestores de nosso estado deveriam retirar o ICMS que incide sobre a energia injetada na rede, isto significaria uma boa redução nos custos deste sistema.”	
Entrevistado 3	“Incentivar a criação de fábricas destes materiais no Brasil, mas, para que isto ocorra, é necessário Incentivar as pesquisas em novas tecnologias.”	
Entrevistado 4	“Desenvolvimento de um mercado de produtos para GD, com produção nacional de equipamento e placas.”	
Entrevistado 6	“A curto prazo algumas coisas estão sendo feitas, por exemplo a, liberação de ICMS em alguns estados, Pis, Cofins. Outra ação seria a produção nacional de equipamentos e painéis.”	

Fonte: (O autor)

Levando em consideração a ideia de aprendizagem de mercado, pode-se considerar que a falta de fábricas nacionais, de produtos para sistemas fotovoltaicos, tem uma influência direta no custo de implantação da GDFV. As taxas de importação desses produtos e a necessidade de realização de testes de qualificação e certificação, que são necessários para realizar a importação, impactam diretamente neste custo. Conforme EPIA (2011), a aprendizagem de mercado é responsável, no mercado mundial de módulos fotovoltaicos, por quedas impressionantes nos preços, reduzindo-os em mais de 20%, sempre que dobra o volume vendido. Ainda, segundo a IEA (2010), esta taxa de aprendizagem varia entre 18% e 22%.

Seguindo este raciocínio, um crescimento da demanda por sistemas fotovoltaicos, aliada à produção interna de materiais e equipamentos, pode influenciar positivamente na aprendizagem do mercado brasileiro, o que teria uma importante função na redução dos valores de implantação. Ainda, conforme citado no referencial teórico, há uma previsão de crescimento para o mercado interno brasileiro, até 2024, de aproximadamente 145MW na potência instalada, o que representaria um decréscimo considerável nos preços dos módulos. No entanto, é importante salientar que se trata de uma previsão.

As políticas de incentivo voltadas para redução dos custos de implantação de SFV tem uma influencia importante no crescimento do mercado interno uma vez que se pode incentivar a realização de leilões específicos para fotovoltaicos, impondo um aumento considerável no volume de materiais produzidos e comercializados. Outro ponto importante, que influencia diretamente nessa variável, é referente à tributação sobre produtos e mão de obra que são, também, responsáveis pela formação do custo inicial.

A Tabela 5 apresenta uma pesquisa realizada pelo Instituto para o Desenvolvimento de Energias Alternativas na América Latina (IDEAL) em 2015, onde apresenta, por região brasileira, os preços médios em R\$/Wp praticados na implantação de sistemas fotovoltaicos por 106 empresas que responderam o questionário da pesquisa. (IDEAL, 2015).

Tabela 5: Preços médios em R\$/Wp praticados no Brasil.

Região	Preços em R\$/Wp
Sul	9,51
Sudeste	9,01
Norte	8,85
Nordeste	7,69
Centro-oeste	7,30

Fonte: (IDEAL, 2015)

Com base nos dados da tabela 5, estimou-se o valor cobrado para implantação de um sistema fotovoltaico na região norte, no estado do Tocantins, na cidade de Palmas. Para estimativa foram considerados como dados o consumo de energia elétrica do último mês para uma residência, o valor pago na última conta de energia, o tipo de conexão e a distribuidora de energia local. Para realizar a simulação foi

utilizado o Simulador Solar no site da América do Sol, de uso gratuito. O quadro 17 apresenta os dados utilizados na simulação.

Quadro 17: Dados utilizados para simulação e resultados

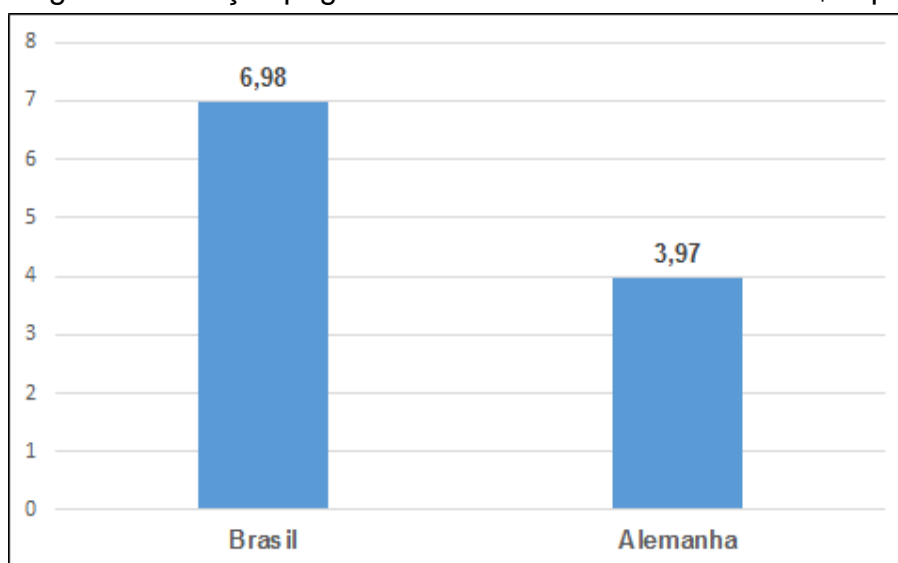
Região	Norte
Estado	Tocantins
Cidade	Palmas
Consumo do último mês	588KWh
Valor pago na última conta	R\$397,67
Tipo de conexão	Bifásico
Distribuidora	Celtins

Fonte: (O autor)

Como resultado da simulação obteve-se a capacidade do sistema a ser implantado na referida residência que foi de 4KWp. Considerando os preços encontrados na pesquisa realizada pelo Instituto Ideal, cujas informações estão na tabela 5, foi possível estimar o preço a ser pago por este sistema que foi de R\$ 35.400,00. Nota-se que o valor a ser pago por um sistema de 4KWp se equipara ao valor pago, na mesma época, por um carro popular de uma boa marca.

Na pesquisa do Instituto Ideal foi apresentado, também, uma comparação de preços cobrados para implantação de sistemas fotovoltaicos, entre o Brasil e a Alemanha, mas apenas, para sistemas com capacidade igual ou acima de 10KWp e menor ou igual a 100KKWp. Estas informações são mostradas na figura 24.

Figura 25: Preços pagos na Alemanha e no Brasil em R\$/Wp.

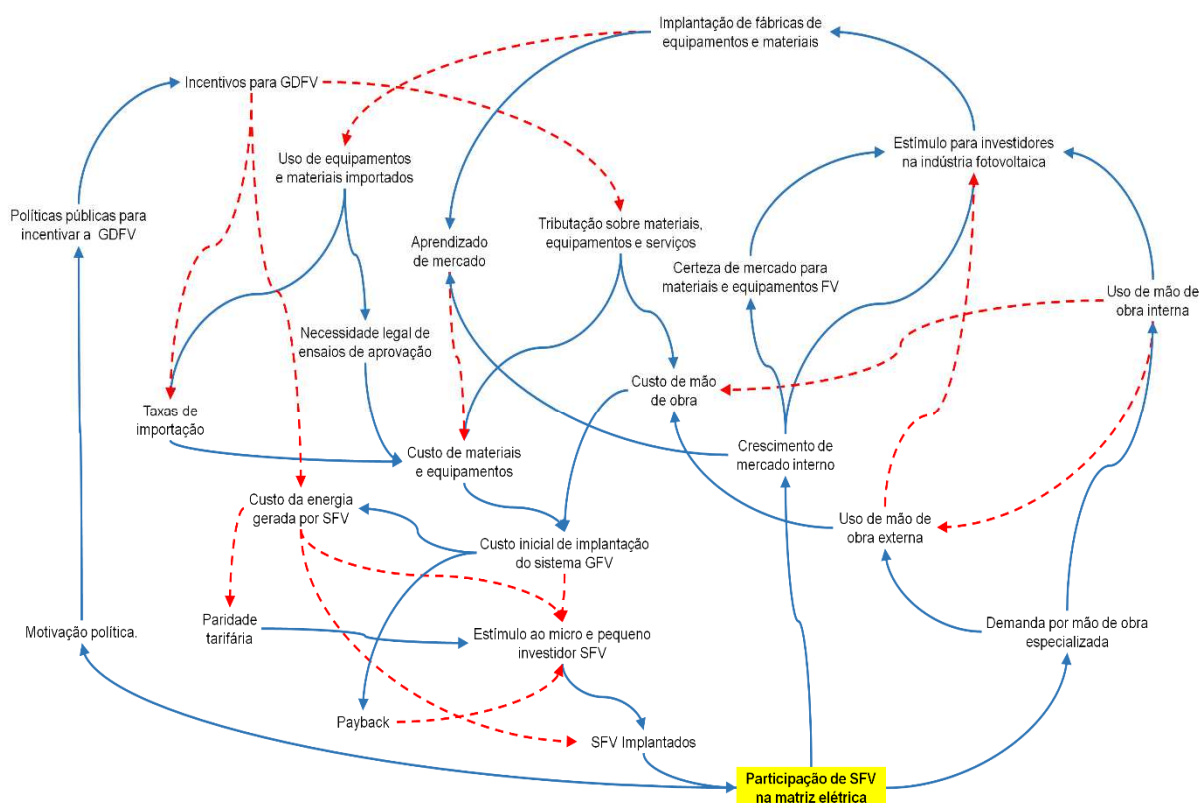


Fonte: (IDEAL, 2015)

A comparação de preços foi apenas ilustrativa, uma vez que o desenvolvimento da fonte solar fotovoltaica, na Alemanha, está mais avançado que no Brasil, tanto em tempo de exploração da fonte como em capacidade instalada.

A figura 26 apresenta a miniestrutura Custo inicial elevado, suas variáveis e relações.

Figura 26: ES Custo inicial elevado



Fonte: (O autor)

#### 4.4.7 ES Falta de Subsídios para SFV ou Excesso de Subsídios para Geração Convencional

Todas as fontes de energia, em algum momento da história do seu desenvolvimento, tiveram algum tipo de política de incentivo, sobre a forma de isenção de impostos ou outro tipo de subsídio e com isto conseguiram se desenvolver. A isenção de impostos como Pis, Confins e ICMS poderiam aumentar, e muito, o interesse de novos investidores. Há uma previsão de isenção de ICMS, para energia gerada por geração distribuída, por parte da secretaria da fazenda do estado, tendo sido, inclusive, aprovado em plenário do legislativo estadual, porém, a distribuidora de

energia elétrica ainda não tem autorização oficial para deixar de cobrá-lo dos consumidores. Existe ainda, por parte da prefeitura municipal de Palmas, a previsão de se eliminar alguns impostos municipais para incentivar os micro e pequenos investidores que adotarem a geração distribuída no município, no entanto, o projeto de lei aguarda aprovação no plenário municipal. Por conseguinte, em outros países, onde a geração fotovoltaica se consolidou como fonte geradora de energia elétrica, os incentivos foram fundamentais para a difusão das fontes de energia renováveis.

O quadro 18 apresenta as parciais de respostas à pergunta três do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 18: Parciais de respostas à pergunta 3, barreiras B7 e B8.

Pergunta 3: Qual a opinião a respeito dessa barreira?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	Isto foi o que ocorreu com a política energética no ano de 2013 houve uma política de subsídio governamental para derrubar o preço da energia elétrica, que teve redução de 18%, fazendo com que a paridade tarifária, entre o custo da energia gerada por convencionais e solar não ocorresse.	
Entrevistado 3	“Quando se fala em um sistema de geração distribuída há uma variedade de materiais e equipamentos utilizados, sendo que, em geral, são importados e com uma alta carga tributária.”	
Entrevistado 4	“O custo da energia gerada pelos sistemas convencionais de energia (hidroelétrica por exemplo) é muito inferior ao da energia gerada por um sistema fotovoltaico, isto atrapalha a ocorrência de paridade tarifária.”	

Fonte: (O autor)

O quadro 19 apresenta as parciais de respostas às perguntas quatro e cinco do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

**Quadro 19: Parciais de respostas às perguntas 4 e 5, barreiras B7 e B8**

Pergunta 4 e 5: Quais ações devem ser tomadas para superar essa barreira? Quem deveria ser o responsável por essas ações?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“Todas as fontes de energia, em algum momento da história do seu desenvolvimento, tiveram algum tipo de política pública neste sentido, sobre a forma de isenção de impostos ou outro tipo de subsídio e com isto conseguiram se desenvolver.”	
Entrevistado 2	“A isenção de impostos como pis, cofins e ICMS poderiam aumentar e muito o interesse de novos usuários. Hoje se paga ICMS pela energia enviada para a rede, essa mesma energia será vendida a outro consumidor que pagará novamente o mesmo ICMS.”	
Entrevistado 4	“Existe a previsão de isenção de ICMS por parte do estado do Tocantins. Existe, também, a previsão de a prefeitura de Palmas eliminar alguns impostos municipais para incentivar estes investidores.”	
Entrevistado 6	“Há uma necessidade de se criar, ou melhorar as políticas de incentivo à difusão do SFV. Observa-se que em outros países, como a Alemanha, foram oferecidos vários subsídios aos interessados em adquirir um SFV, com a intenção de aumentar o uso deste tipo de geração de energia.”	

Fonte: (O autor)

A adoção da isenção de ICMS cria uma vantagem para a energia solar fotovoltaica, interferindo diretamente no custo da energia gerada, dando oportunidade para equiparação de preços do KWh entre geração convencional e fotovoltaica, contribuindo, também, para a ocorrência da paridade tarifária. Outra ação importante que colabora para a ocorrência da paridade tarifária, no custo da energia gerada, é a redução ou eliminação das tarifas sobre a importação de módulos e inversores. Seguindo este caminho, o governo federal publicou em outubro de 2015 a desoneração do PIS e do COFINS que incidiam sobre a geração distribuída fotovoltaica. Essas alíquotas serão reduzidas a zero para o montante de energia ativa fornecida pela distribuidora ao consumidor, na quantidade correspondente ao montante de energia ativa injetada na rede pela unidade consumidora. Haverá cobrança apenas sobre o consumo excedente, ou seja, além do que for injetado na rede. Outro fator que impacta diretamente na paridade tarifária, e atua como desestímulo para o consumidor interessado em investir em sistemas convencionais são os subsídios ofertados à geração convencional. Um exemplo de subsídio oferecido para a geração convencional, ocorreu em janeiro de 2013 quando o governo federal anunciou um corte na tarifa de energia elétrica de 18% para residências e comércio e até 32% para indústrias, entrando em vigor fevereiro de 2013. (MONTEIRO; MOURA, 2013).

Ainda, como forma de incentivar a difusão da GDFV, poderia considerar os custos externos, derivados de desmatamento, emissão de gases nocivos ao meio ambiente e outros, no custo da energia fornecida por geração convencional, promovendo uma equiparação de preços com a geração fotovoltaica, contribuindo para ocorrência da paridade tarifária. É quase natural que ao comparar os valores de KWh, os consumidores tem uma tendência, quase que lógica, de escolher o de menor preço. Segundo o respondente 1 que atua na implantação de SFV:

*“São raros os casos onde o cliente escolhe a aquisição do sistema em função de um bem maior como redução da poluição ambiental, neste contexto é de grande importância que desenvolva ações no intuito de alcançar a paridade tarifária.”*

A figura 27 apresenta a miniestrutura Falta de subsídio para SFV ou excesso de subsídio para geração convencional, suas variáveis e relações.





O quadro 20 apresenta as parciais de respostas à pergunta três do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 20: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B9

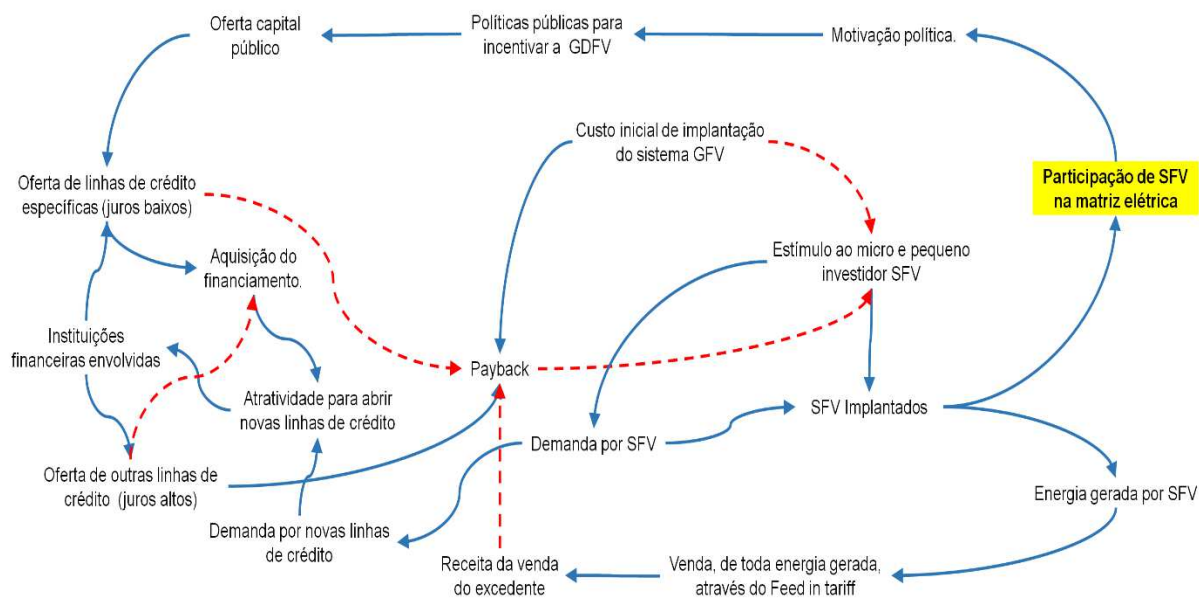
Pergunta 3: Qual a opinião a respeito dessa barreira?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 2	“Considerar o tempo de retorno de capital é importante para sabermos se o nosso investimento é justificável. O alto custo de implantação do sistema e a falta de financiamento a juros aceitáveis faz com que o payback seja muito longo, isto é um motivo para desistir do investimento.”	<p>O diagrama ilustra a relação entre variáveis. No topo, 'Oferta de outras linhas de crédito (juros altos)' tem uma seta azul apontando para 'Payback'. Abaixo, 'Oferta de linhas de crédito específicas (juros baixos)' tem uma seta tracejada vermelha apontando para 'Payback'. À esquerda, 'Custo inicial de implantação do sistema SFV' tem uma seta azul apontando para 'Payback'.</p>
Entrevistado 4	“Quando um consumidor que quer se tornar um gerador de energia faz as contas e encontra um payback de 8 anos, por exemplo, ele desiste. Quando, assim mesmo, fazem o investimento estão pensando mais em ajudar o meio ambiente que o retorno do seu capital.”	

Fonte: (O autor)

A Universidade de São Paulo realizou em 2015 uma pesquisa em 27 capitais brasileiras, onde analisou a Taxa Interna de Retorno TIR e Payback para investimentos realizados em sistemas fotovoltaicos, afirmando que devido a situação atual do setor elétrico, tem ocorrido significativos reajustes nas tarifas de energia elétrica, aumentando consideravelmente as condições de viabilidade para a micro e minigeração. No estudo foi verificado que há valores de TIR acima de 20% (nominal) para muitas capitais. Mesmo não ocorrendo reajustes tarifários acima da inflação nos próximos anos, ainda assim haveria viabilidade para realização de investimento nessa tecnologia, na maioria das capitais brasileiras. Considerando o mesmo estudo, o autor encontrou um tempo de retorno de capital de nove anos para investimentos realizados na cidade de Palmas, capital do estado do Tocantins.

A figura 28 apresenta a miniestrutura Tempo de retorno de capital, suas variáveis e relações.

Figura 28: ES Tempo de retorno de capital



#### 4.4.9 ES Falta de uma Cadeia Produtiva Completa

Atualmente, com a falta de produtos nacionais, existe dificuldade na aquisição dos equipamentos para a implantação do sistema de geração fotovoltaico, sendo necessário se recorrer a importação destes produtos. Neste ponto uma cadeia produtiva completa poderia facilitar a aquisição destes produtos e, conseqüentemente a redução de seus custos. No entanto, no atual estágio de difusão da geração solar fotovoltaica nacional, uma indústria de componentes teria dificuldade em se manter no mercado, uma vez que este mercado ainda é pequeno, não apresentando condições para se produzir com preços competitivos. Assim a existência de uma cadeia produtiva depende de um consumo que garanta ao empresário o escoamento de seus produtos, ao contrário, não haverá justificativa para se ter uma cadeia produtiva completa. Outro fator que impacta na constituição dessa cadeia, se deve à falta de uma técnica para purificação do silício de grau solar, como a rota química utilizada por outros países para a produção de componentes eletrônicos. Para solucionar este problema estão sendo desenvolvidas pesquisas para se conseguir o silício de grau solar através da rota metalúrgica, que é uma técnica já consolidada no país.

Analisando outra condição em que se tem um mercado que justifique a produção nacional de materiais e equipamentos, o capital para investimento é oferecido pelo BNDES que disponibiliza linhas de crédito para este fim, mas exige das empresas que quiserem se instalar no país, para atuar como gerador de energia elétrica através de energia solar, que se realize, também, investimentos em fábricas para produção de fotovoltaicos.

O quadro 21 apresenta as parciais de respostas à pergunta três do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 21: Parciais de respostas à pergunta 3, barreira B10

Pergunta 3: Qual a opinião a respeito dessa barreira?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	“Se não existir um consumo que garanta ao empresário o escoamento de seus produtos, então não haverá justificativa para se ter uma cadeia produtiva completa.”	<pre> graph TD     A[Estímulo a investidores para criação de fábricas nacionais] --&gt; B[Certeza de mercado para materiais e equipamentos FV]     B --&gt; C[Crescimento de mercado interno]     C --&gt; D[Aprendizagem de mercado]     D --&gt; A           </pre>
Entrevistado 2	“Não teria como produzir a preços competitivos uma vez que o mercado ainda é muito pequeno. Para que se exista uma cadeia produtiva é preciso que este mercado se desenvolva.”	
Entrevistado 4	“Existe muita dificuldade na aquisição dos equipamentos para implantação do sistema de geração fotovoltaico, sendo todos são de origem externa ao país.”	

Fonte: (O autor)

O quadro 22 apresenta as parciais de respostas às perguntas quatro e cinco do questionário, algumas variáveis e suas inter-relações.

Quadro 22: Parciais de respostas às perguntas 4 e 5, barreira B10

Pergunta 4 e 5: Quais ações devem ser tomadas para superar essa barreira? Quem deveria ser o responsável por essas ações?		
Entrevistado	Respostas	Relação entre variáveis
Entrevistado 1	"É preciso existir uma política de incentivo ao uso da geração distribuída para torná-la popular e, com isto, criar condições de se instalar uma cadeia produtiva fotovoltaica."	
Entrevistado 4	"A implantação de fábricas de equipamentos e placas no Brasil seria muito importante uma vez que, atualmente, todos os materiais utilizados são importados. A fabricação nacional ajudaria a reduzir os custos de exportação."	
Entrevistado 6	"A cadeia produtiva, principalmente, do silício de grau solar a gente não tem." "É necessário que pesquisem outras formas de geração fotovoltaica que não sejam com base no silício ou que desenvolvam pesquisas para produção de silício de grau solar."	

Fonte: (O autor)

Segundo Rodrigo Sauaia, presidente da Associação Brasileira de Energia Solar - ABSOLAR, a contratação do primeiro leilão de energia reserva, que ocorreu em outubro de 2014, foi importante para criar uma expectativa e incentivar a criação de uma cadeia produtiva de fotovoltaicos no Brasil. Contudo, alerta que um leilão apenas não é suficiente para criar uma atratividade e conquistar a simpatia dos fabricantes. E que o mercado pede uma previsibilidade de consumo de produtos que justifique a vinda de fábricas para o país. Sauaia afirma, ainda, que uma demanda de 1 GW ao ano seria um montante ideal para estabelecimento dessa cadeia. (SAUAIA, 2015).

Após o leilão, se intensificaram as conversas entre empreendedores vencedores e fabricantes. No fim de 2014, a Renova Energia e a SunEdison anunciaram a criação de uma joint venture para o desenvolvimento de 1 GW de projetos. O investimento será de US\$ 30 milhões para duas fábricas, com entrada em operação prevista para 2016. (SAUAIA, 2015). A realização de leilões para fotovoltaicos é, de certa forma, uma maneira de estimular a criação de uma cadeia

produtiva brasileira, ofertando uma certeza de mercado para o empresário investidor, influenciando, também, na aprendizagem de mercado.

Como reflexo da realização dos leilões, em agosto de 2015 foi inaugurada a Globo Brasil, primeira fábrica de painéis solares no Brasil, instalada na cidade de Valinhos, no estado de São Paulo. A fábrica tem capacidade de produção de 2000 painéis solares por dia, com uma previsão de mais de 180MW ao ano. Esta capacidade de produção anual levaria a um montante de 2,7GW produzidos em 15 anos. No entanto, com ProGD, o Ministério de Minas e Energia prevê uma capacidade de geração instalada, até 2030, de 23500MW ou 23,5GW. (MME, 2015). Assim para atender essa demanda e garantir este crescimento previsto será necessário um aumento médio anual de, aproximadamente, 1,6GW de potência instalada o que exigirá um aumento considerável na produção de painéis solares e, ainda, a implantação de novas fábricas de inversores. A produção de uma empresa com a capacidade da empresa Globo Brasil seria capaz de atender, aproximadamente, 11,5% de toda essa demanda prevista até 2030.

A figura 29 apresenta a miniestrutura Falta de uma cadeia produtiva completa, suas variáveis e relações.

Figura 29: ES Falta de uma cadeia produtiva completa



Fonte: (O autor)

#### **4.4.10 Estrutura Sistêmica Completa**

A estrutura sistêmica completa foi consolidada a partir das nove miniestruturas apresentadas e comentadas anteriormente. No entanto, há variáveis e relações extras, constantes nesta estrutura, que não constam nas estruturas base, tais variáveis foram utilizadas para garantir a interconexão na consolidação da estrutura completa. Há, também variáveis e suas relações que figuram-se em mais de uma miniestrutura, estes sobreposições podem ser observados ao analisar as avenidas que indicam a composição da estrutura. Todas as avenidas se relacionam, também, através da variável principal, denominada Participação de SFV na matriz elétrica. Cada avenida está representada na estrutura por uma cor distinta, totalizando nove avenidas.

As figuras a seguir, constantes nesta subseção, apresentarão a estrutura completa, seguida de todas as nove miniestruturas, representadas por suas respectivas avenidas, que destacam suas localizações dentro da estrutura completa.

Figura 30: Estrutura Sistêmica completa

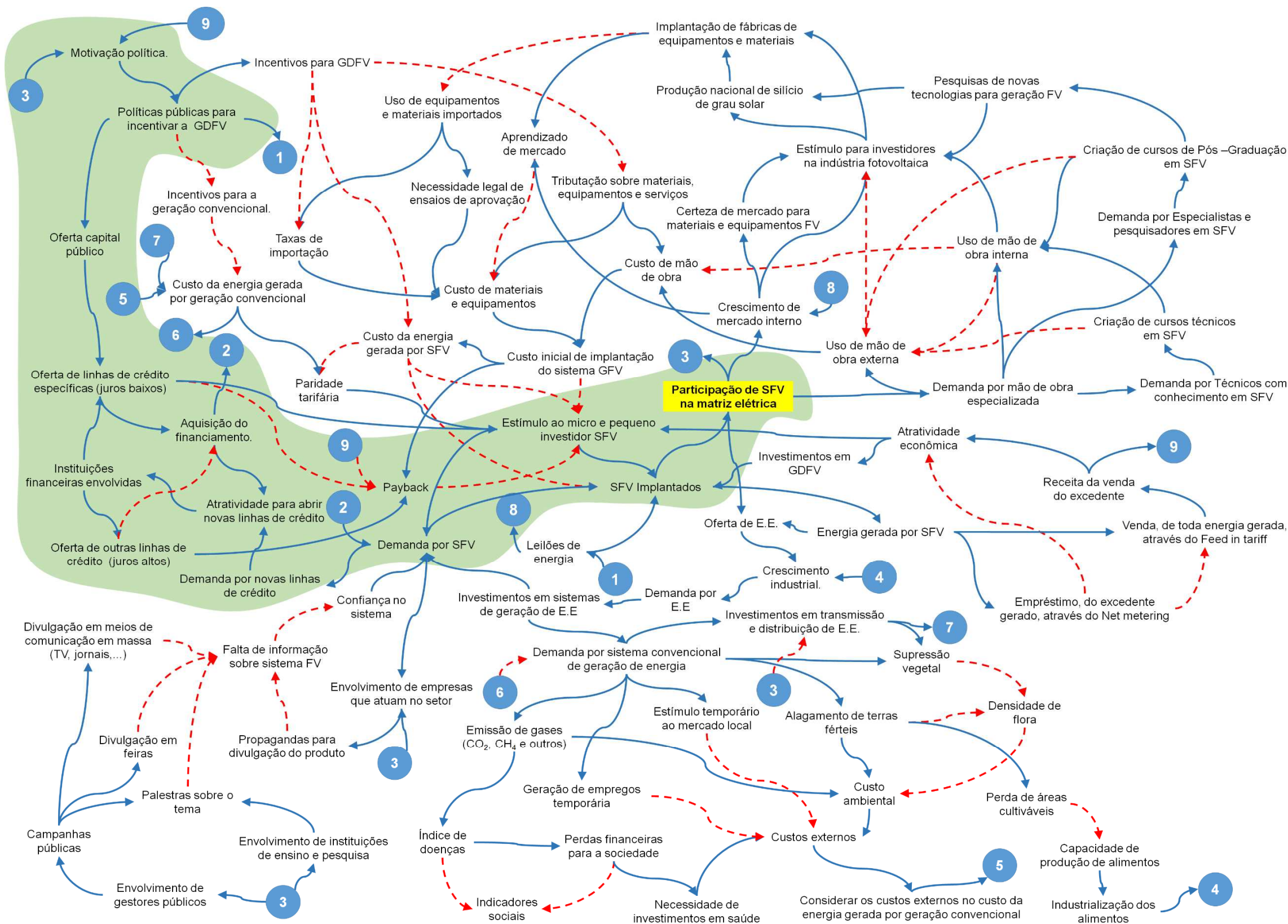


Fonte: (O autor)



A figura 31 apresenta a avenida criada para destacar a miniestrutura Falta de linhas de créditos

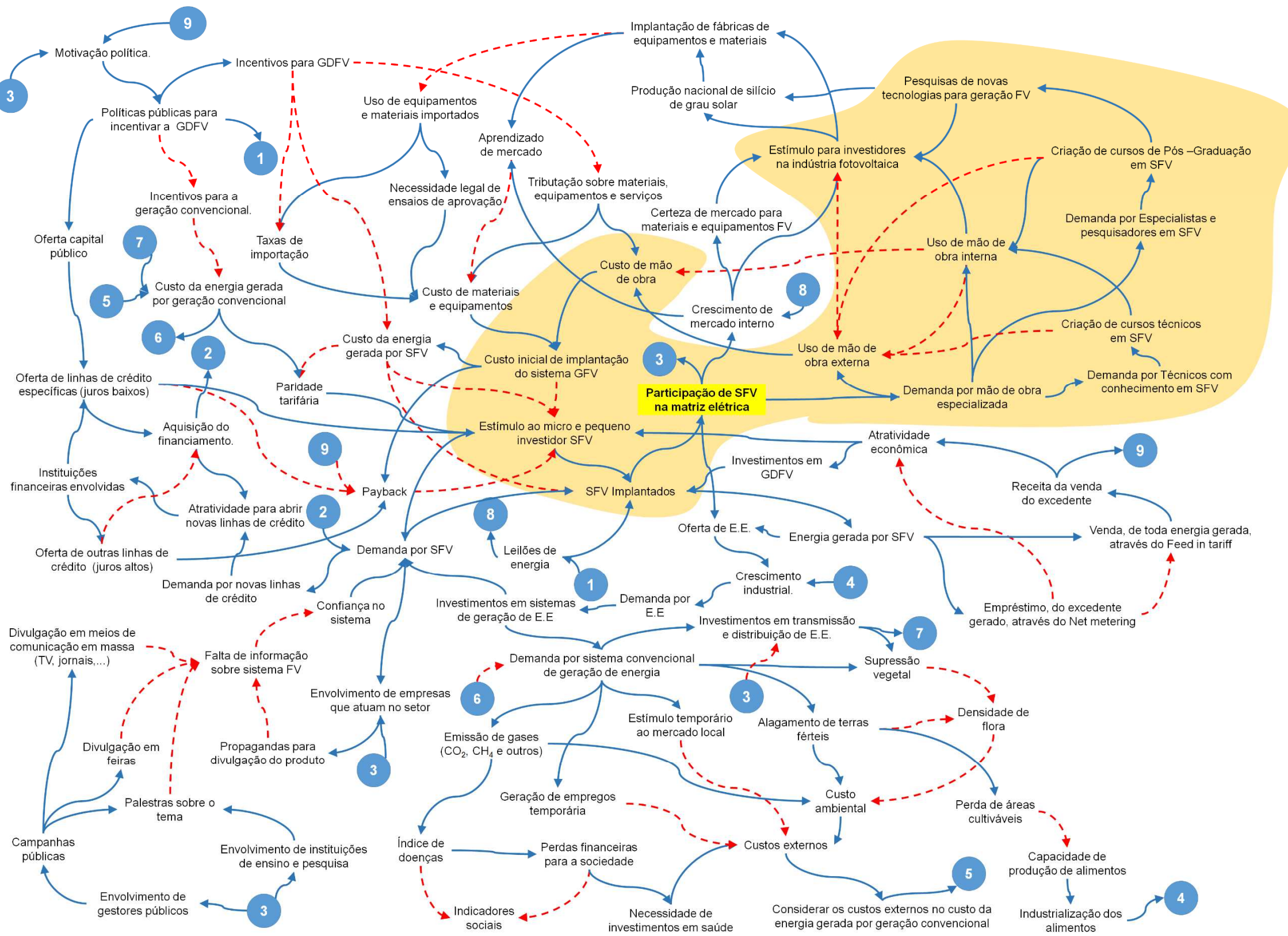
Figura 31: Avenida Falta de linhas de crédito



Fonte: (O autor)

A figura 32 apresenta a avenida criada para destacar a miniestrutura Falta de mão de obra qualificada

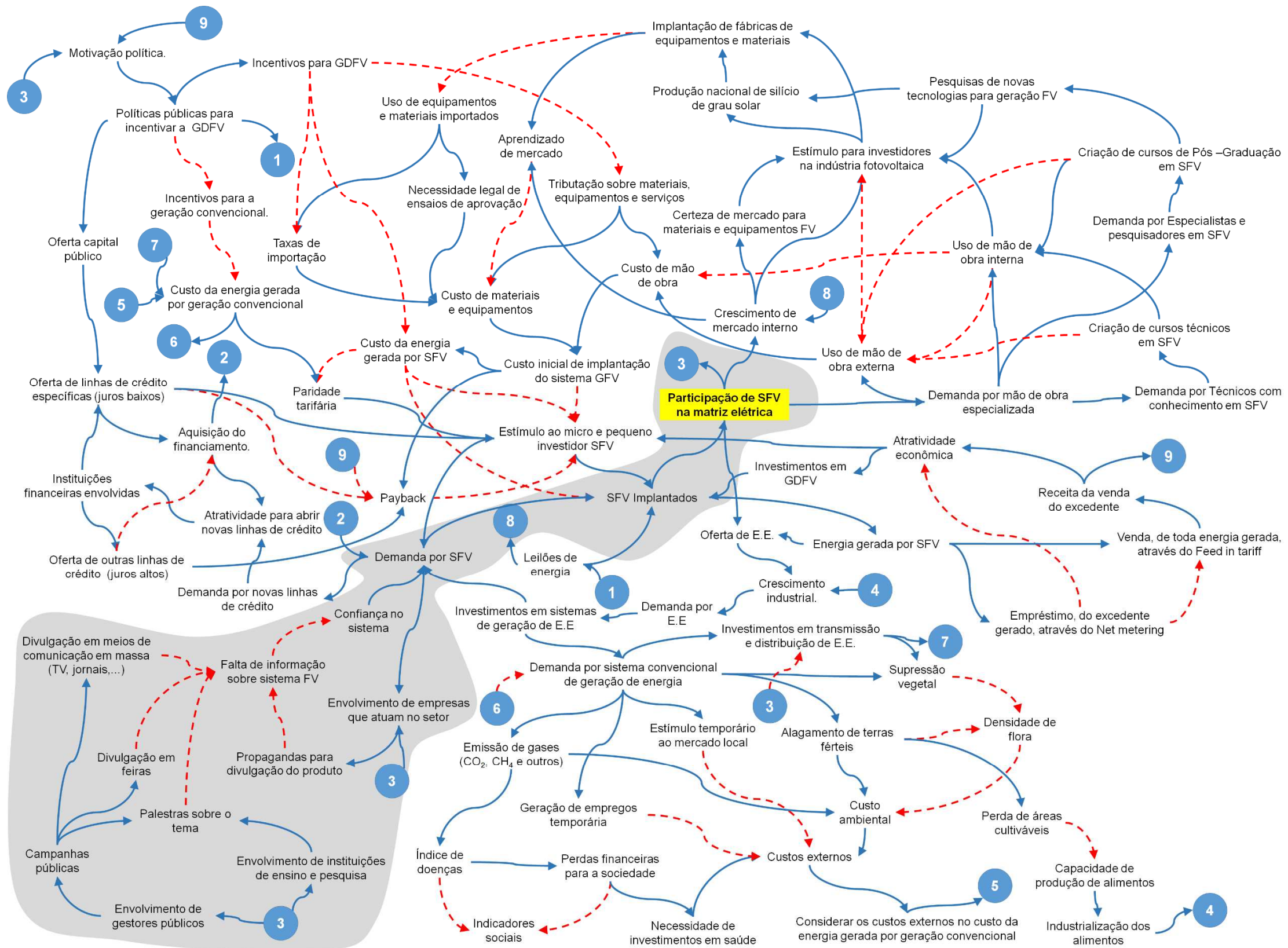
Figura 32: Avenida Falta de mão de obra qualificada



Fonte: (O autor)

A figura 33 apresenta a avenida criada para destacar a miniestrutura Falta de informação aos consumidores

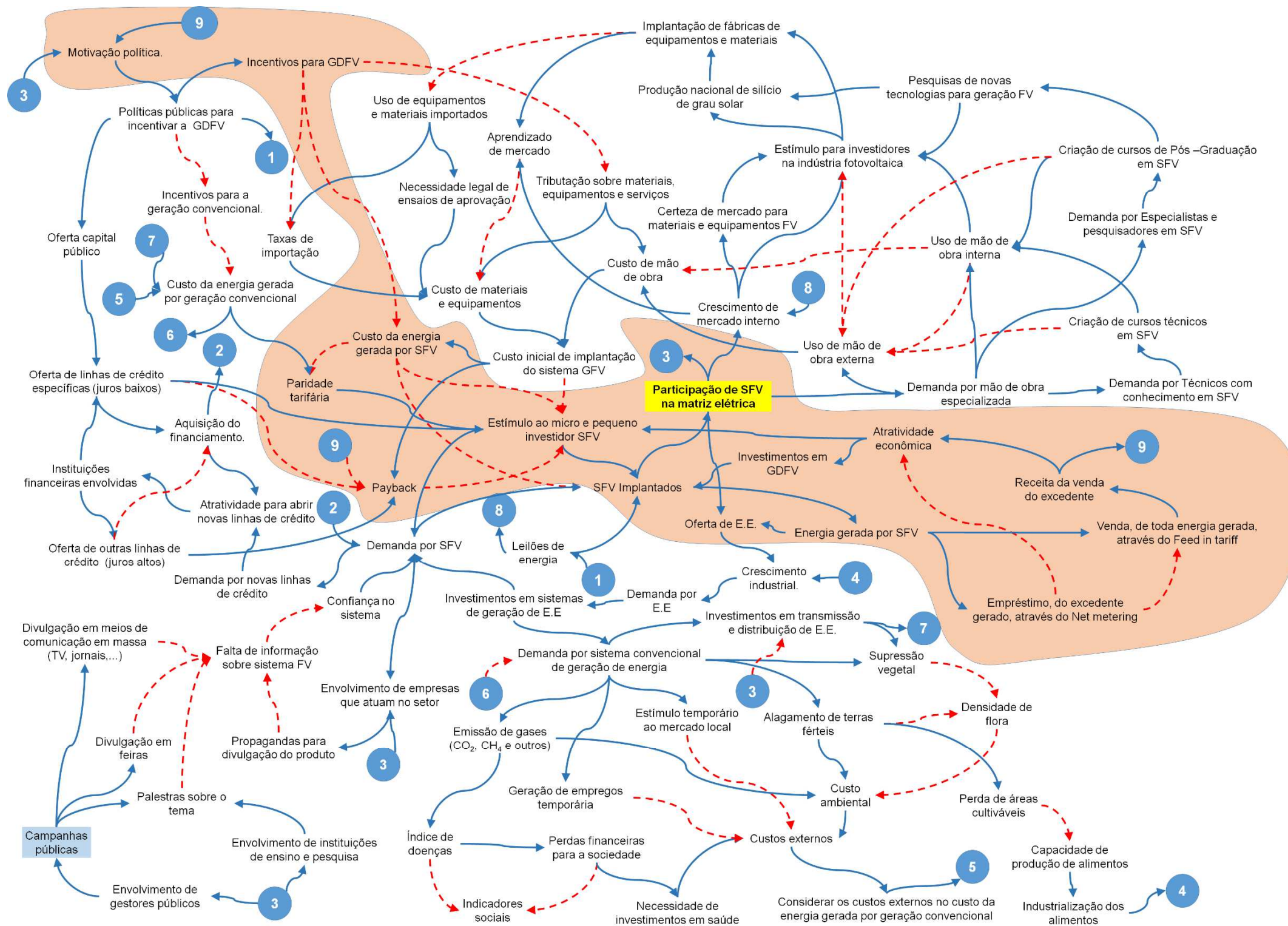
Figura 33: Avenida Falta de informação aos consumidores



Fonte: (O autor)

A figura 34 apresenta a avenida criada para destacar a miniestrutura Normalização inadequada ou inexistente

Figura 34: Avenida Normalização inadequada ou inexistente

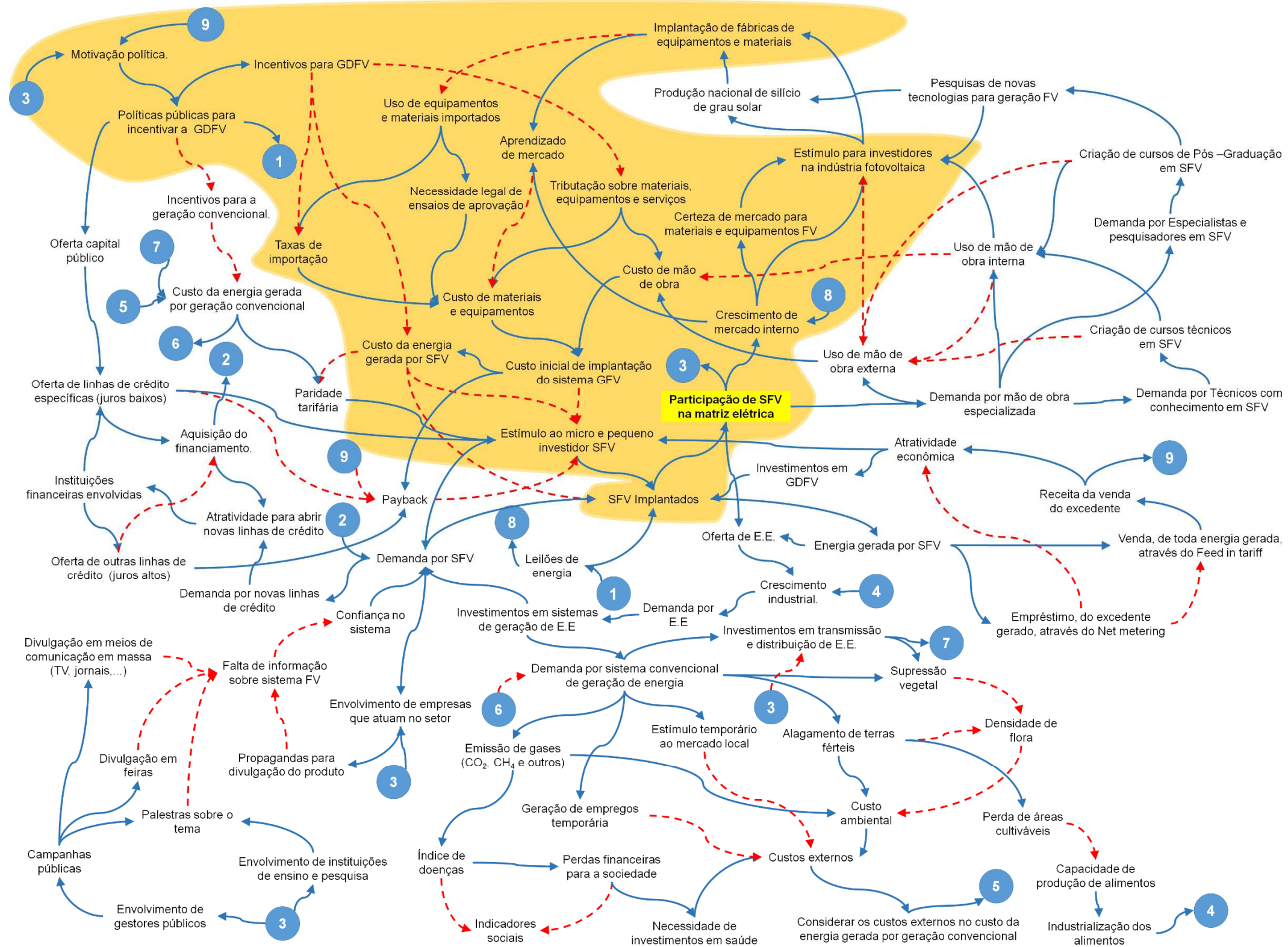


Fonte: (O autor)



A figura 36 apresenta a avenida criada para destacar a miniemiestrutura Custo inicial elevado

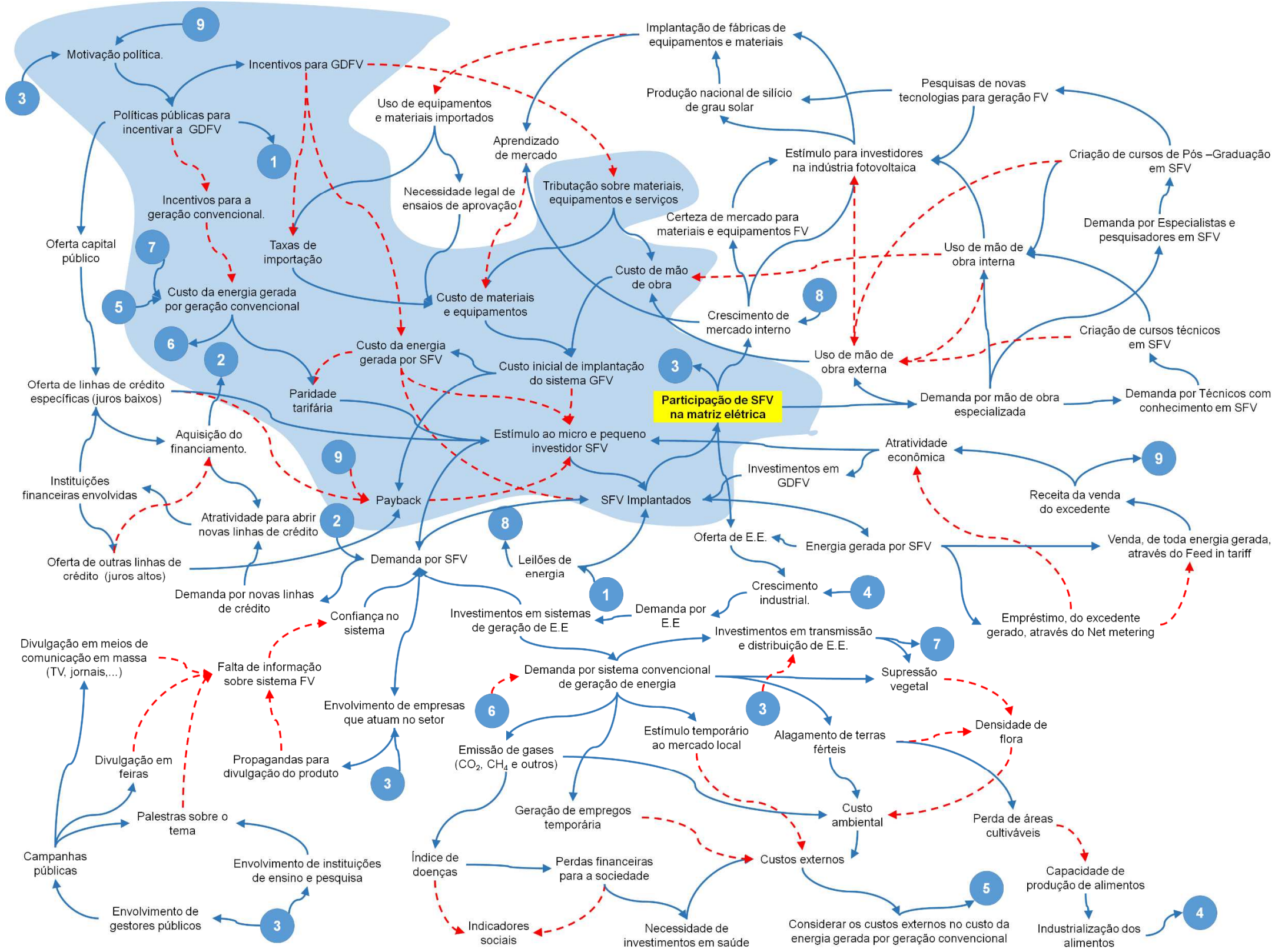
Figura 36: Avenida Custo inicial elevado



Fonte: (O autor)

A figura 37 apresenta a avenida criada para destacar a miniestrutura Falta de subsídios para SFV ou excesso de subsídios para geração convencional

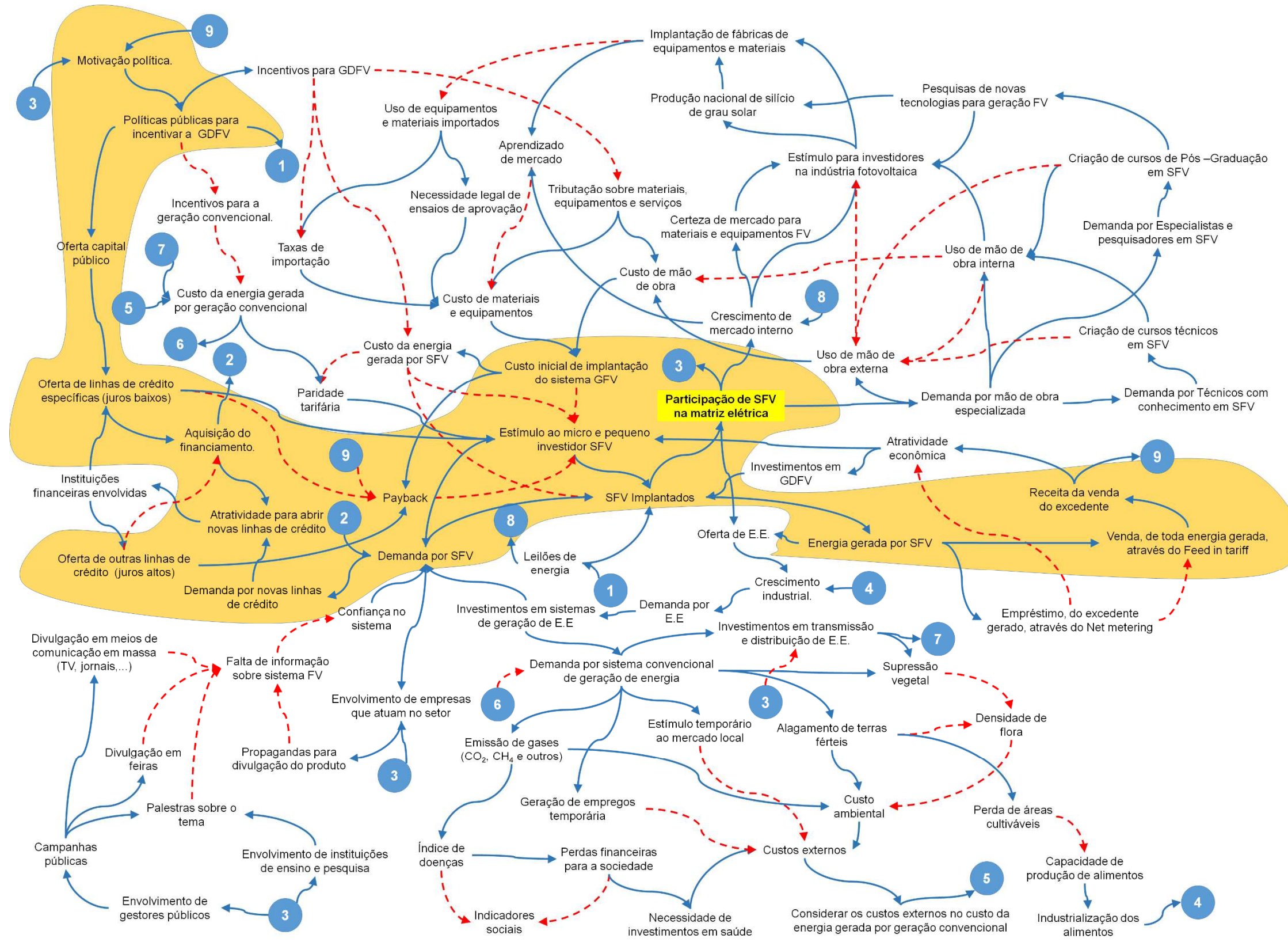
Figura 37: Avenida Falta de subsídios para SFV ou excesso de subsídios para geração convencional



Fonte: (O autor)

A figura 38 apresenta a avenida criada para destacar a miniestrutura Tempo de retorno de capital elevado

Figura 38: Avenida Tempo de retorno de capital elevado

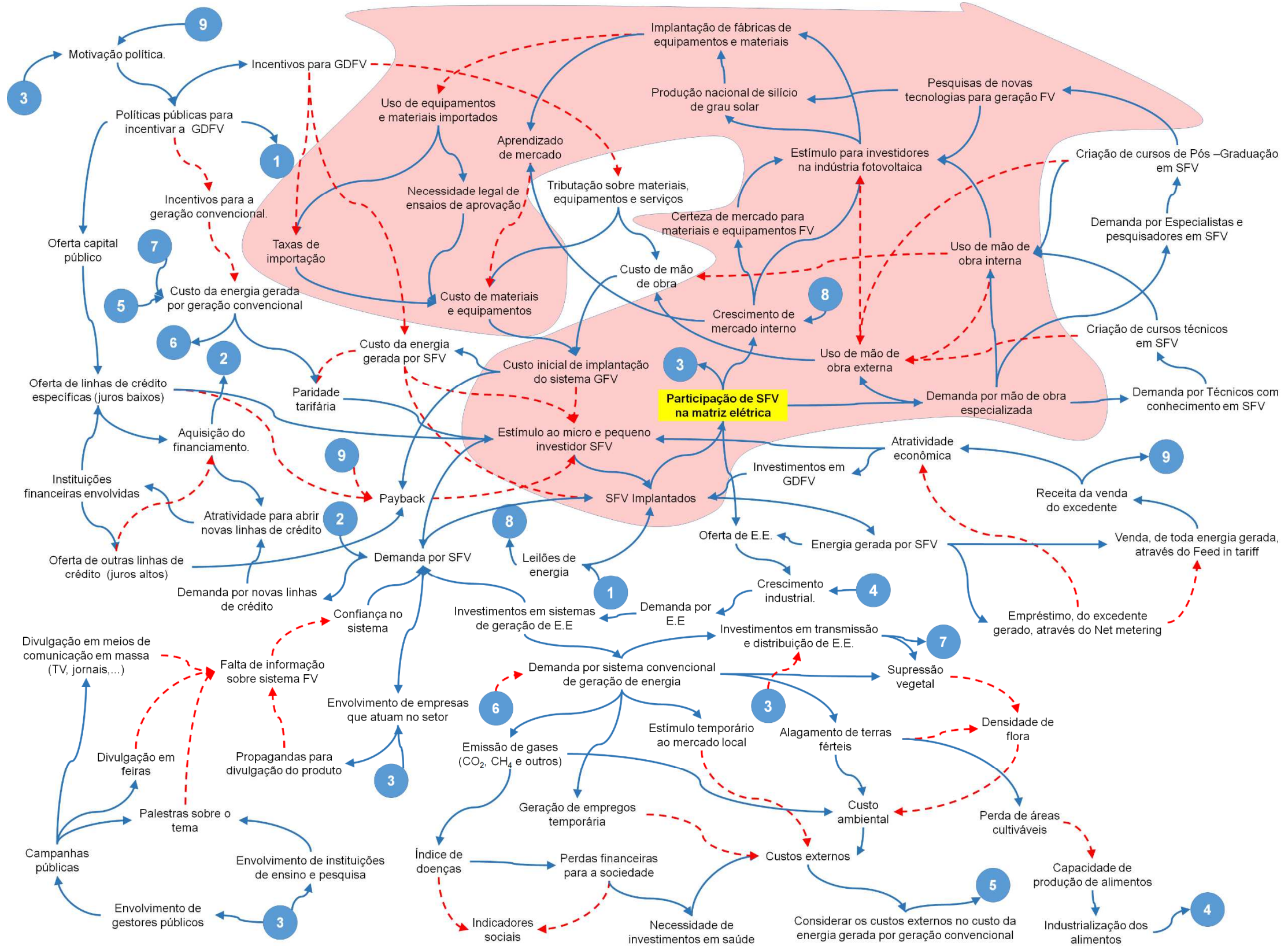


Fonte: (O autor)



A figura 39 apresenta a avenida criada para destacar a miniestrutura Falta de uma cadeia produtiva completa

Figura 39: Avenida Falta de uma cadeia produtiva completa



Fonte: (O autor)

#### 4.5 VALIDAÇÃO DA ESTRUTURA E DEFINIÇÃO DAS VARIÁVEIS QUE IMPACTAM NA VARIÁVEL CENTRAL.

Após a construção da estrutura sistêmica, a mesma foi apresentada a dois dos entrevistados para sua validação. Primeiramente foi explicado, aos entrevistados, as relações de causa e efeito que prevaleciam entre as variáveis. Foi explicado, também, a lógica utilizada na construção da estrutura, enfatizando que foram montadas mini estruturas por barreiras para posteriormente agrupá-las em uma única estrutura consolidada. Não houve maiores dúvidas por parte dos entrevistados. Houve, sim, contribuições para aumentar a robustez da estrutura.

Ainda, na análise conjunta com os especialistas, validou-se a escolha da variável central definida pelo autor. A variável escolhida foi a Participação de Sistemas Fotovoltaicos na Matriz Elétrica, por ser a que melhor indica e evidencia a ocorrência da difusão da geração fotovoltaica. Continuando, com a apresentação da estrutura sistêmica aos especialistas, foram definidas as variáveis que tinham potencial para alavancagem da variável central.

O quadro 23 apresentará os impactos sobre participação de sistemas fotovoltaicos na matriz elétrica, as variáveis responsáveis por estes impactos e as respectivas barreiras.

Quadro 23: Impactos, variáveis e justificativa

Impacto	Variável	Justificativa
Redução no uso de equipamentos e materiais importados.	Implantação de fábricas de equipamentos e materiais.	Atuando nesta variável se terá uma redução no uso de materiais e equipamentos utilizados em SFV, consequentemente reduzir-se-á a importação de produtos.
Redução no custo de materiais e serviços	Políticas públicas para incentivar a GDFV.	Atuando sobre esta variável poder-se-á reduzir as taxas de importação, bem como a tributação de materiais e serviços, com isto se reduzirá o custo de materiais e serviços.
Estimular o consumidor a investir em SFV.	Considerar os custos externos no custo da energia gerada por geração convencional.	Atuando sobre esta variável poderá se nivelar os custos entre a geração fotovoltaica e a convencional, o que levará a um maior estímulo dos consumidores.
	Oferta de linhas de crédito específicas (juros baixos).	Atuando sobre esta variável disponibilizará créditos para o consumidor estimulando-o.
Redução no custo da mão de obra.	Criação de cursos de Pós – Graduação em SFV.	Atuando sobre estas duas variáveis, poderá se corrigir o problemas de falta de mão de obra interna e consequentemente a redução nos custos de mão de obra.
	Criação de cursos técnicos em SFV.	
Aumento na demanda por sistemas fotovoltaicos.	Campanhas públicas.	Atuando sobre estas duas variáveis se reforçará a confiança do consumidor nos sistemas fotovoltaicos e com isto poder-se-á ter um aumento na demanda dos sistemas fotovoltaicos
	Propagandas para divulgação do produto.	

Fonte: (O autor)

O quadro 24 apresentará os impactos sobre participação de sistemas fotovoltaicos na matriz elétrica, as ações para alavancagem da variável central, as variáveis responsáveis por estes impactos e as respectivas barreiras.

Quadro 24: Impactos, ações, variáveis e barreiras

Impacto	Ação	Variável	Barreira
Redução no uso de equipamentos e materiais importados.	Fomentar a Produção de Fotovoltaicos	Implantação de fábricas de equipamentos e materiais.	Falta de uma cadeia produtiva completa
Redução no custo de materiais e serviços	Criar incentivos fiscais	Políticas públicas para incentivar a GDFV.	Custo de implantação elevado.
			Falta de subsídios para SFV ou excesso e subsídios para geração convencional
Estimular o consumidor a investir em SFV.	Quantificar os Custos Externos	Considerar os custos externos no custo da energia gerada por geração convencional.	Não considerar os custos externos
	Criar linhas de crédito para SFV	Oferta de linhas de crédito específicas (juros baixos).	Falta de linhas de crédito específicas
Redução no custo da mão de obra.	Qualificar Profissionais em SFV	Criação de cursos de Pós –Graduação em SFV.	Falta de mão de obra qualificada e Custo inicial elevado
		Criação de cursos técnicos em SFV.	
Aumento na demanda por sistemas fotovoltaicos.	Divulgar a Geração Distribuída Fotovoltaica para a Sociedade	Campanhas públicas.	Falta de informação aos consumidores.
		Propagandas para divulgação do produto.	

Fonte: (O autor)

O tópico a seguir apresentará as respectivas ações para alavancagem da variável central relacionadas às variáveis e barreiras.

#### 4.6 AÇÕES PARA ALAVANCAGEM DA VARIÁVEL CENTRAL

Neste ponto serão discriminadas as ações para alavancagem da variável central.

#### 4.6.1 Criar Incentivos Fiscais

Os incentivos fiscais contribuem com a difusão dos SFV reduzindo os investimentos e custos de produção ou elevando o valor pago pela energia produzida. Dessa forma, podem ser compensadas ou minimizadas as desvantagens das energias renováveis em relação às fontes tradicionais. Os Incentivos fiscais correspondem à aplicação de recursos públicos que não serão reembolsados, incluindo mecanismos tributários, como reduções de alíquotas, isenções, deduções e créditos tributários, bem como a concessão de subsídios.

Figura 40: Criar incentivos



Fonte: (O autor)

Informações para realização da ação:

- a) incentivos fiscais na aquisição de maquinário e equipamentos, utilizados na produção de componentes para SFV, estimulam a criação de fábricas e, conseqüentemente, o aumento na oferta de produtos nacionais a preços menores que os praticados em função dos produtos importados;
- b) os estados, em especial o estado do Tocantins, deve aplicar e manter, por tempo determinado, a isenção do ICMS cobrado sobre a energia injetada na rede, aprovada pelo CONFAZ em abril de 2015;
- c) criar incentivos fiscais municipais, como exemplo a redução ou eliminação, por tempo determinado, de impostos como IPTU, para o cidadãos que aderirem ao

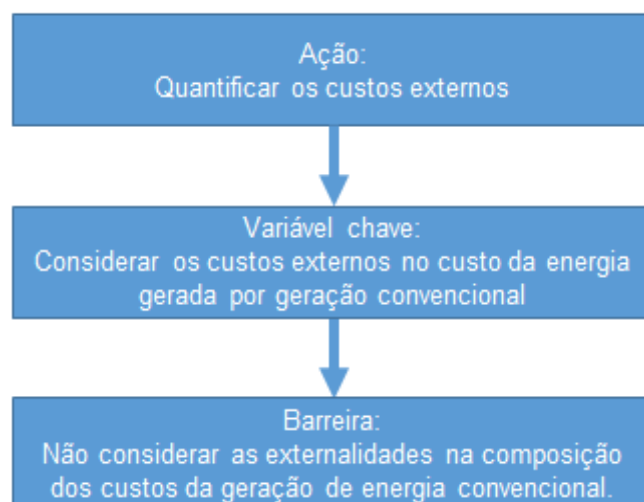
sistema de geração fotovoltaico, Este tipo de incentivo ocorre em alguns estados americanos como Oregon, Ohio, Arizona e Maryland;

- d) renovar a resolução da Câmara de Comércio Exterior – CbAMEX 64, de 22 de julho de 2015, que reduz de 14% para 2%, até dezembro de 2016, a alíquota do imposto de importação incidente sobre bens de capital destinados a produção de equipamento para SFV, o que estimula a produção de módulos fotovoltaicos no país, uma vez que ainda não se tem produção células fotovoltaicas que o principal elemento utilizado na produção do módulo;
- e) eliminar a Contribuição para Custeio do serviço de iluminação Pública – COSIP.

#### 4.6.2 Quantificar os Custos Externos

Como afirmado anteriormente, não existe, no Brasil, meios que quantifique os custos externos ligados as geração convencional e à geração fotovoltaica de forma inquestionável, portanto, a criação de um método que quantificasse tal custo será importante para a alavancagem da variável central.

Figura 41: Quantificar custos externos



Fonte: (O autor)

Informações para realização da ação:

- a) evidente que não se trata de tarefa fácil uma vez que envolve uma quantidade considerável de impactos que vão desde o alagamento de áreas cultiváveis,

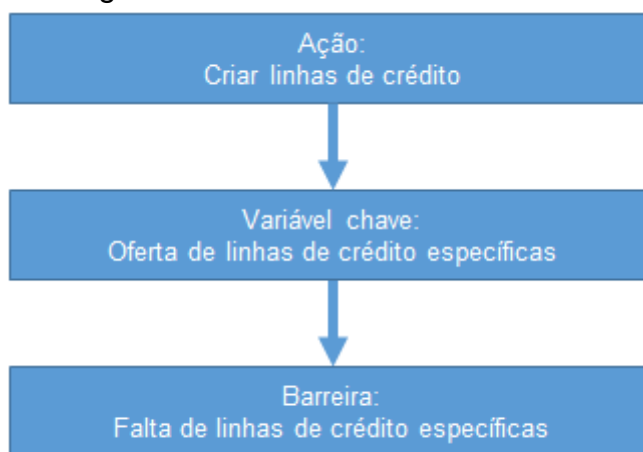
desmatamento de matas ciliares, realocação de comunidades inteiras, emissão de gases e outros, nocivos ao meio ambiente.

- b) conforme Funchal (2008), a mensuração das externalidades ambientais é uma tarefa de alta complexidade devido ao grande número de variáveis envolvidas no processo. Funchal (2008) e Trapp (2015), afirmam que uma opção de quantificação destes custos, pode ser a utilização da ferramenta Life Cycle Assesment ou Avaliação do Ciclo de Vida, que é uma metodologia de avaliação de impactos ambientais e tem como finalidade avaliar de forma ampla, os custos ambientais, econômicos e sociais que se referem a uma atividade produtiva.

#### 4.6.3 Criar Linhas de Créditos

A falta de linhas de crédito pode ser considerado um dos impeditivos mais importantes para o desenvolvimento da tecnologia solar fotovoltaica, não só no estado do Tocantins, mas em todo o país. Algumas ações, relacionadas a essa variável, podem ser tomadas para alavancar a variável central.

Figura 42: Criar linhas de crédito



Fonte: (O autor)

Informações para realização da ação:

- a) liberação, pelo governo federal, de uma linha de crédito, através de bancos públicos, com condições iguais aos financiamentos imobiliários, para um prazo específico, considerando os programas Minha Casa Minha Vida e o Plano de Aceleração do Crescimento que tem como finalidade o desenvolvimento

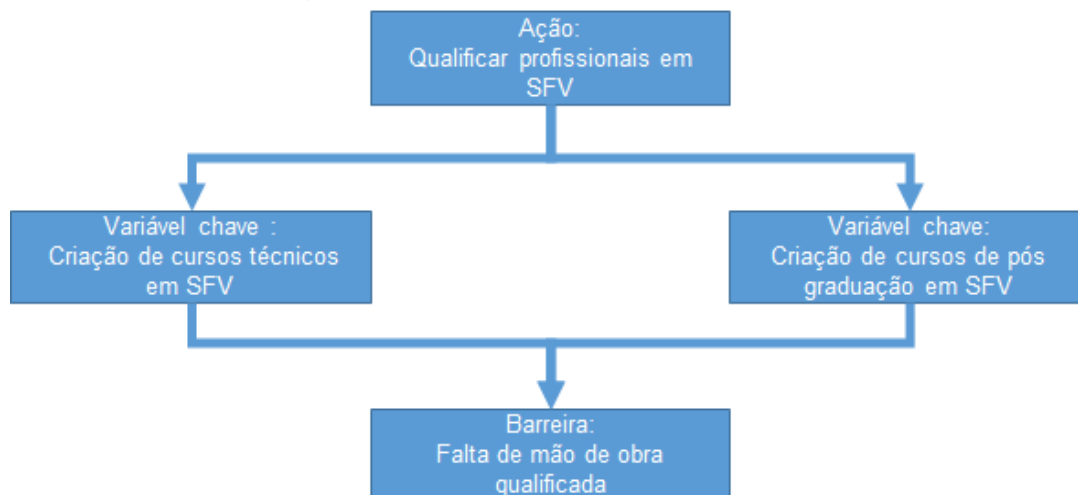
econômico e social do Brasil. O financiamento deve ser nacional, ou seja, deve ser disponibilizado em qualquer lugar do país, principalmente para cidades mais afastadas dos grandes centros de produção de energia, que tem o custo da energia consumida elevado devido ao custo de transmissão e distribuição;

- b) possibilitar que as distribuidoras de energia elétrica financiem a implantação dos SFV quando os custos de melhoria da rede de distribuição e/ou transmissão sejam superiores ao investimento na tecnologia. Essa ação pode se tornar importante para empresa de capital aberto, com atuação sustentável, valorizando suas ações;
- c) no caso de os consumidores não terem o montante de capital para investimento em SFV, as empresas que atuam no setor fotovoltaico, poderiam adotar o sistema de leasing fotovoltaico e cobrariam um valor fixo pelo serviço. Este tipo de negócio ocorre no mercado americano.

#### 4.6.4 Qualificar Profissionais em SFV

Dos empregos que serão gerados com a difusão dos SFV, parte são de profissionais que estão presentes no mercado de trabalho do país, porém, uma parcela, significativa, destes empregos, que serão gerados, necessitam de maior grau técnico e tecnológico, em especial os projetistas e instaladores, dessa forma se faz necessário a criação/ampliação de cursos de formação e capacitação de mão de obra. A formação em questão deve fornecer aos profissionais os conhecimentos necessários para executarem suas tarefas rotineiras.

Figura 43: Qualificar profissionais em SFV



Fonte: (O autor)

Informações para realização da ação:

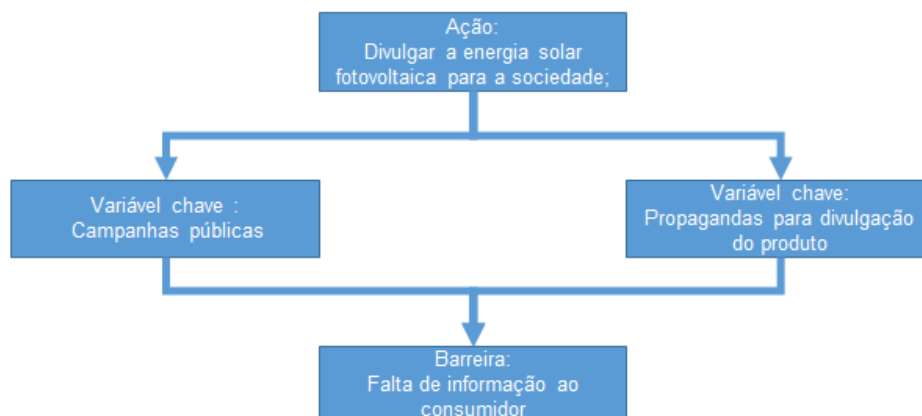
- a) na criação de cursos técnicos é necessário um estudo da demanda real de mercado para estes profissionais, faz-se necessário uma investigação regional sobre tais demandas. A participação das empresas prestadoras de serviços na área de SFV é de grande importância para determinar a real carência de profissionais no mercado regional;
- b) a criação de cursos de pós graduação colabora para qualificação e aperfeiçoamento do profissional docente, que atuará na elaboração da grade curricular dos cursos técnicos, favorecendo o processo de ensino e aprendizagem de forma contextualizada, priorizando a construção de competências e habilidades relacionadas ao desempenho da função do técnico em SFV. É importante ressaltar que a educação profissional necessita de docentes que tragam para a sala de aula realidades e experiências profissionais diversas aos educandos;
- c) a pós graduação também deverá ser voltada para formar pesquisadores, que atuarão no desenvolvimento de novas tecnologias ou aperfeiçoamento das atuais, no intuito de atender a demanda de empresas interessadas em atuar no mercado fotovoltaico;
- d) é necessário investimentos em recursos e ambientes equipados, sala de aula tematizada, laboratórios bem equipados, trazendo para o educando a possibilidade de desenvolver práticas que, da melhor forma possível, o possibilite a conhecer como será a sua atuação no mercado de trabalho.

#### **4.6.5 Divulgar a Geração Distribuída Fotovoltaica para a Sociedade**

Um dos fatores que impedem a geração fotovoltaica de se desenvolver é o desconhecimento sobre este assunto, causando desconfiança no consumidor. Alguns consumidores estão acostumados com a geração fotovoltaica isolada e seus problemas, sendo um dos principais problemas o uso de baterias, outros desconhecem totalmente a geração distribuída fotovoltaica, uma forma de resolver este problema é encontrar meios de divulgar este tipo de geração para a sociedade.



Figura 44: Divulgar a energia solar fotovoltaica para a sociedade



Fonte: (O autor)

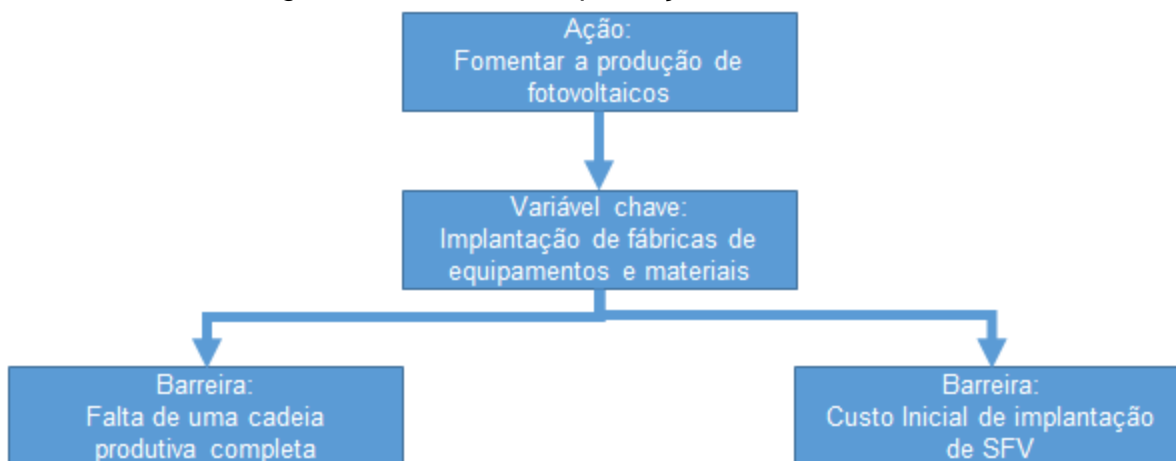
Informações para realização da ação:

- a) divulgação de informações técnicas e econômica sobre SFV em sites especializados no assunto, como o site do Instituto Ideal o *americadosol.org* ou da Absolar o *absolar.org.br* que são instituições sem fins lucrativos e que visam o desenvolvimento dos SFV na América do Sul e no Brasil;
- b) divulgação de informações técnicas e econômica sobre SFV em sites especializados no assunto como o de empresas do setor de mercado fotovoltaico, podendo divulgar pesquisas sobre o tema, atualizações de normas e outras informações, até mesmo divulgando o próprio produto;
- c) o governo federal ou estadual podem lançar campanhas públicas sobre o tema, em meios de comunicação em massa, uma vez que a proliferação destes sistemas será importante para o crescimento econômico do estado e do país;
- d) as instituições de ensino técnico como o Instituto Federal do Tocantins e, as empresas que atuam na área de SFV, podem promover palestras sobre o assunto nas feiras comerciais, de ciência e tecnologia, bem como em meios de comunicação como rádios e canais de TV locais;
- e) os governos federal, estadual e municipal devem implantar sistema de geração distribuída fotovoltaica nas repartições públicas, estádios de futebol, estações de trens e metrô e outros.

#### 4.6.6 Fomentar a Produção de Fotovoltaicos

A produção nacional de fotovoltaicos pode impulsionar o desenvolvimento de uma cadeia produtiva brasileira, levando a redução dos custos dos materiais fotovoltaicos e, conseqüentemente, a redução dos custos de implantação do sistema.

Figura 45: Fomentar a produção de fotovoltaicos



Fonte: (O autor)

Informações para realização da ação:

- a) a manutenção na realização dos leilões separados para SFV contribuem para o aumento da segurança dos investidores, estimulando-os a instalar ou expandir suas fábricas existentes, para a produção de módulos e equipamentos ligados ao setor fotovoltaico;
- b) o Brasil possui a tecnologia de produção de silício de grau metalúrgico através da rota metalurgia. Existem pesquisas para obtenção do silício de grau solar através dessa tecnologia, portanto, o prosseguimento dessas pesquisas pode e deve colaborar para o desenvolvimento de insumos para a produção das células solares;
- c) criar incentivos para a redução no custo da energia consumida nas plantas de produção do silício de grau solar, uma vez que o processo de purificação é eletro intensivo o que eleva o custo de produção e, conseqüentemente, o custo do produto final;

- d) desenvolver um processo de purificação que leve a um consumo reduzido do insumo de energia elétrica;
- e) desenvolver a rota química, que tem investimento bastante elevado, para a obtenção do silício de grau solar, o que possibilitaria, também, o silício de grau eletrônico, permitindo que a unidade de produção se encaixe na cadeia produtiva de outros mercados, como o da microeletrônica;
- f) desenvolver as pesquisas que produzem silício de grau solar através da rota metalúrgica.

## 5 CONCLUSÃO

Não há dúvida quanto à Geração distribuída fotovoltaica ter grande importância para o desenvolvimento do país, seja do ponto de vista econômico ou social, uma vez que ambos dependem de energia elétrica para se desenvolverem. E, ainda que, existam os meios convencionais de geração de energia elétrica, estes tem sido afetados por longas estiagens, limitando a sua colaboração, ameaçando a confiabilidade de fornecimento de energia e colocando em risco o desenvolvimento da nação.

Qualquer nação que se preocupe em assegurar um desenvolvimento constante e seguro, deve, necessariamente, preocupar-se em promover novas formas de geração de energia elétrica, garantindo um fornecimento de energia que sustente o seu desenvolvimento. E, em se tratando de geração distribuída, é necessário que se crie condições claras que assegure sua difusão.

Apenas o levantamento das barreiras na literatura, não foi suficiente para o entendimento das questões que impedem a superação destas e, tão pouco, a certeza de que a pesquisa estaria no caminho certo, contudo, com a utilização do pensamento sistêmico, que colaborou para o entendimento das situações complexas envolvendo as diversas variáveis que estão inseridas no contexto da geração de energia por fontes renováveis, evidenciando, assim, os principais pontos que impedem a universalização da geração distribuída fotovoltaica. Propiciou, ainda, uma correspondência entre o que foi encontrado na literatura e o que realmente ocorre na prática.

Apesar do Brasil ser um país que tem em sua matriz elétrica uma grande participação de fontes renováveis, é necessário uma maior participação do poder público nas questões da geração distribuída que tem como finalidade não só a preocupação com o meio ambiente, mas também com a crise energética brasileira.

Essa interferência pode trazer mais confiança para a avaliação econômica, subsidiando o investimento, ou garantindo uma demanda prévia através da realização de leilões. Questões como a falta de conhecimento dos consumidores podem ser superadas com a adesão de geração fotovoltaica em repartições públicas, estádios de futebol e outros. Outros fatores como o alto custo de implantação destes sistemas podem ser solucionados com uma nacionalização na produção de módulos solares e inversores que correspondem em grande parte no valor final de implantação da GDF.

Independente do alto índice de radiação solar que o estado do Tocantins recebe durante todo o ano, o seu desenvolvimento em geração distribuída segue em uma marcha lenta, contando com pouco mais que vinte sistemas instalados, em mais de três anos da aprovação da resolução ANEEL 482/2012. Estado como o de Minas Gerais, que tomaram a decisão de incentivar o desenvolvimento das fontes renováveis, em especial a fotovoltaica, contam com uma capacidade instalada muito superior. É indispensável que o governo estadual se interesse por criar condições que possibilite esta difusão.

O quadro 25 apresenta os itens que atende aos objetivos propostos.

Quadro 25: Itens que atendem aos objetivos

Objetivos	Atendimento aos objetivos
Enunciar as barreiras sobre o uso da geração distribuída fotovoltaica, no estado do Tocantins	Item 4.2
Enunciar as potencialidades para exploração dessa fonte no estado do Tocantins	Item 4.1
Identificar os pontos de alavancagem que tornarão viável o uso da geração fotovoltaica distribuída, no estado do Tocantins	Itens 4.5 e 4.6

Fonte: (O autor)

## 5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Analisar a proposta de se utilizar o mecanismo feed in tariff como meio de alavancagem da geração distribuída fotovoltaica no Brasil, levando em consideração os impactos na receita das distribuidoras e na receita do estado.

Analisar qual o impacto que a difusão da geração fotovoltaica distribuída causaria na receita da distribuidora local, considerando que a remuneração dos ativos se dá em função da tarifa cobrada do consumidor.

## 5.2 LIMITAÇÕES

Como a geração distribuída no Brasil foi regulamentada apenas em abril de 2012 e sua difusão ocorreu de forma lenta nos anos posteriores, com isso houve dificuldade em encontrar dados históricos sobre este tema.

## REFERENCIAS

ABINEE. **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira.** [S.l.], jun. 2012. Disponível em: <http://www.abinee.org.br/informac/arquivos/profotov.pdf> Acessado em 15 de abril de 2016.

ABOLHOSSEINI S; HESHMATI A. The main support mechanisms to finance renewable energy development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Seoul, 40, 876-885, 08.2014.

ALLEN, S.R.; HAMMOND G.P.; MCMANUS, M.C. Prospects for and barriers to domestic micro-generation: A United Kingdom perspective. V.85, n. 6, p. 528-544, jun. 2008.

ANDRADE, L. A. et al. **Pensamento Sistêmico: Caderno de Campo - O desafio da mudança sustentada nas organizações e na sociedade.** 1ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2006.

ANEEL. **Resolução Normativa nº 482.** Disponível em: [www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf](http://www.aneel.gov.br/cedoc/ren2012482.pdf). Acessado em 20 de abril de 2015.

ANEEL. **Capacidade de Geração do Brasil.** Brasília, 2016. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/capacidadebrasil.cfm>. Acessado em: 15 de maio de 2016.

ANEEL. **Relação de Micro ou Minigeradores Distribuídos.** Brasília, 2016. Disponível em: [http://www.aneel.gov.br/arquivos/excel/micro\\_minigeracao\\_aneel.xlsx](http://www.aneel.gov.br/arquivos/excel/micro_minigeracao_aneel.xlsx). Acessado em: 15 de maio de 2016.

AZADIAN, F.; RADZI; M.A.M. A general approach toward building integrated photovoltaic systems and its implementation barriers: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.22, p. 527-538, jun. 2013.

BARROS, L. V. **Avaliação de Modelos de Negócio para Energia Solar Fotovoltaica no Mercado de Distribuição Brasileiro.** 2014. 113 p. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa de Pós-Graduação em Energia da Universidade de São Paulo, Universidade de São Paulo, 2014.

BECK, F.; MARTINOT, E. Renewable energy policies and barriers. **Encyclopedia of energy**, v.5, 2004.

BRASIL. Decreto - lei no 5.163, de 30 de Julho de 2004; Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências; Brasília; 2004.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. Departamento de Desenvolvimento Energético (DDE). **Estudo e propostas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede, em particular em edificações urbanas**. 2009. Disponível em: <http://www.solenerg.com.br/files/Relatorio%20GT-GDSF%20final.pdf> Acessado em: 15 de abril de 2016.

BRASIL, Ministério da Fazenda. CONFAZ. **Convênio ICMS 16**. Disponível em: [https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016\\_15](https://www.confaz.fazenda.gov.br/legislacao/convenios/2015/cv016_15) Acessado em: 15 de abril de 2016

Brown, M.A. Market failures and barriers as a basis for clean energy policies. **Energy Policy**, v.29, n.14, p. 1197-1207, nov. 2001.

CAPRA, Fritjof. **A Teia da Vida**: Uma nova compreensão científica dos sistemas vivos. São Paulo: Cultrix, 1996.

COSTA, R.C.; PRATES, C.P.T. **O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005.

CGEE. **Energia solar fotovoltaica no Brasil: subsídios para tomada de decisão**. Brasília, mai. 2010. Disponível em: <http://www.cgee.org.br/atividades/redirect.php?idProduto=6392> Acessado em: 15 de abril de 2016.

CHOW, T.T. et al. Performance evaluation of photovoltaic–thermosyphon system for subtropical climate application. **Solar Energy**, v. 81, n.1, p. 123–130, jan. 2007.

COPEL. COPEL conecta primeira microgerador solar do Paraná ao seu sistema. Agência de Notícias, Curitiba, 18 de out. de 2013. Disponível em: <http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=77310> Acessado em: 15 de maio de 2016.

COSTA, Ricardo C.; PRATES, Cláudia P. O papel das fontes renováveis de energia no desenvolvimento do setor energético e barreiras à sua penetração no mercado. *BNDES Setorial*, Rio de Janeiro, n. 21, p. 5-30, mar. 2005. Disponível em: <[http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes\\_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta\\_Expressa/Setor/Energia/200503\\_8.html](http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Publicacoes/Consulta_Expressa/Setor/Energia/200503_8.html)>. Acesso em: 05 de jun. 2016.

D'AGOSTINO, A.L.; SOVACOOOL, B.K.; BAMBAWALE, M.J. And then what happened? A retrospective appraisal of China's renewable energy development



project (REDP). **Renewable Energy**, v.36, n. 11, p. 3154–3165, nov. 2011.

EEG. **The renewable energy sources act: the success story of sustainable policies in Germany**. Berlin, Germany: Federal Ministry for the Environment, Nature Conversation and Nuclear Safety; 2007.

ELEFTHERIADIS, I.M.; ANAGNOSTOPOULOU, E.G. Identifying barriers in the diffusion of renewable energy sources. **Energy Policy**, v. 80, p. 153-164, mai. 2015.

ELNOZAH, M. S; SALAMA M. M. A. Technical impacts of grid-connected photovoltaic systems on electrical networks-A review. **Journal of Renewable and Sustainable Energy**, Canadá, AIP, maio, 2013.

EPE, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2012 – Ano base 2011**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2012.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2012.pdf). Acessado em 15 de abril de 2016.

\_\_\_\_\_. **Análise da Inserção da Geração Solar na Matriz Elétrica Brasileira**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2012.

EPE. **Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro: Ministério de Minas e Energia, 2014. Disponível em: <http://zip.net/bvtnLZ> Acessado em: 15 de abril de 2016.

\_\_\_\_\_. **Balanco Energético Nacional 2014, ano base 2013**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2014.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2014.pdf) . Acessado em 15 de abril de 2016.

\_\_\_\_\_. **Inventário Energético dos Resíduos Sólidos Rurais**, Nota Técnica DAE 15/14. Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: [http://epe.gov.br/mercado/Paginas/Estudos\\_27.aspx](http://epe.gov.br/mercado/Paginas/Estudos_27.aspx) Acessado em 25 de julho de 2016.

EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional 2015, Ano base 2014**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: [https://ben.epe.gov.br/downloads/S%c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final\\_2015\\_Web.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/S%c3%adntese%20do%20Relat%c3%b3rio%20Final_2015_Web.pdf) . Acessado em 15 de abril de 2016.

\_\_\_\_\_. **Anuário Estatístico de Energia Elétrica 2015, ano base 2014**. Rio de Janeiro: [s.n.]. Disponível em: <http://epe.gov.br/AnuarioEstatisticodeEnergiaEletrica/Anu%C3%A1rio%20Estat%C3%ADstico%20de%20Energia%20El%C3%A9trica%202015.pdf> . Acessado em 15 de abril de 2016.

EPIA, European Photovoltaic Industry Association. **Global Market Outlook For Photovoltaics 2104-2018**; Bruxelas, 2014.

EPIA. **Solar Photovoltaics Competing in the Energy Sector – On the road to competitiveness**. Bruxelas, 2011. Disponível em: [http://helapco.gr/pdf/tn\\_jsp.pdf](http://helapco.gr/pdf/tn_jsp.pdf)  
Acessado em: 15 de abril de 2016.

FARKAS, K; MUNARI, M.C.; MILJANA H. Barriers and Needs for Building Integration of Solar Thermal and Photovoltaics. Out. 2010.

FUNCHAL, P, H, Z. **A contabilização das externalidades como instrumento para avaliação de subsídios**: O caso das PCHs no contexto do PROINFA. Dissertação de mestrado – Programa Interunidades Pós-Graduação em Energia – PIPGE. Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2008.

GUELLER, H. S. Revolução Energética: Políticas para um Futuro Sustentável. Tese de Doutorado - Programa Interunidades de Pós Graduação em Energia Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2002.

GLOBAL Energy Statistical Yearbook 2015. Enerdata, França, 2015. Disponível em: <https://yearbook.enerdata.net/electricity-domestic-consumption-data-by-region.html>  
Acessado em 15 de maio de 2016.

GIL, Antonio. C. **Como Elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GREENPEACE. **Os brasileiros diante da microgeração de energia renovável**. [S.l], jul. 2014. Disponível em: <http://marketanalysis.com.br/wpcontent/uploads/2014/07/searchsearchsearch.pdf>  
Acessado em: 15 de abril de 2016.

HERAS-SAZARBITORIA I.; CILLERUELO E.; ZAMANILLO I. Public acceptance of renewables and the media: an analysis of the Spanish PV solar experience. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.15, n. 9, p. 4685 – 4696, dez. 2011.

IBGE. **Estimativas da população residente no Brasil e unidades da federação com data de referência em 1º de julho de 2015**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: [ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas de Populacao/Estimativas\\_2015/estimativa do u\\_2015\\_20150915.pdf](ftp://ftp.ibge.gov.br/Estimativas_de_Populacao/Estimativas_2015/estimativa_do_u_2015_20150915.pdf) Acessado em: 15 de abril de 2016.

IDEAL. **O mercado brasileiro de geração distribuída fotovoltaica 2015**. Trindade, 2015. Disponível em: [https://issuu.com/idealeco\\_logicas/docs/2015\\_ideal\\_mercadogdfv\\_150901\\_final](https://issuu.com/idealeco_logicas/docs/2015_ideal_mercadogdfv_150901_final)  
Acessado em 10 de maio de 2016.

IEA. **Trends Photovoltaic Applications**. Paris, 2010. IEA. World Energy Outlook 2010. Alemanha, 2010. Disponível em: < [http://iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/tr\\_2009\\_neu.pdf](http://iea-pvps.org/fileadmin/dam/public/report/statistics/tr_2009_neu.pdf) > Acessado em: 15 de abril de 2016.

IEA. **Trends 2014 in photovoltaic applications survey 2014**. PARIS, 2014. Disponível em: <[http://www.iea-pvps.org/index.php?id=3&elD=dam\\_frontend\\_push&docID=2150](http://www.iea-pvps.org/index.php?id=3&elD=dam_frontend_push&docID=2150)> Acessado em: 15 de maio de 2014.

IEA-EBC. **A Comparative Review of Microgeneration Policy Instruments in OECD Countries**. Alemanha, out. 2014. Disponível em: [http://www.iea-ebc.org/fileadmin/user\\_upload/docs/Annex/EBC\\_Annex\\_54\\_Micro-Generation\\_Policy\\_Instruments.pdf](http://www.iea-ebc.org/fileadmin/user_upload/docs/Annex/EBC_Annex_54_Micro-Generation_Policy_Instruments.pdf) Acessado em 15 de abril de 2016.

IRENA. **Renewable Energy and Jobs: Annual Review 2015**. Abu Dhabi, 2015. Disponível em: [http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA\\_RE\\_Jobs\\_Annual\\_Review\\_2015.pdf](http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Jobs_Annual_Review_2015.pdf) Acessado em: 15 de abril de 2016.

ISLAM T.; MEADE, N. The impact of at tribute preferences on adoption timing: the case of photovoltaic (PV) solar cells for household electricity generation. **Energy Policy**, v.55, p.521-530, abr. 2013.

JACOBSSON, R.; JACOBSSON, S. The emerging funding gap for the European Energy Sector Will the financial sector deliver? **Environmental Innovation and Societal Transitions**, v. 5, p. 49-59, dez. 2012.

KEMENY J.; GOODMAN M.; KARASH R. **Começando com narração de histórias** In: SENGE, P. et al. A quinta disciplina caderno de campo. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995.

KINAB, E.; ELKHOURY, M. Renewable energy use in Lebanon: Barriers and solutions. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, n. 7, p. 4422-4431, set. 2012.

LIU, M.F.M.; PISTORIUS, T. Coping with the energy crisis: Impact assessment and potentials of non-traditional renewable energy in rural Kyrgyzstan. **Energy Policy**, v. 44, p. 130-139, mai. 2012.

MARTINS, V.A. **Análise do potencial de políticas públicas na viabilidade de geração distribuída no Brasil**. Dissertação de mestrado - Programa de Pós-graduação em Planejamento Energético (COPPE). Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 2015.

MENZ, F.C. Green electricity policies in the United States: case study. **Energy Policy**, v. 33, n. 18, p. 2398-2410, dez. 2005.

MONDAL, A.H.; KAMP, L.M.; PACHOVA, N.I. Drivers, barriers, and strategies for implementation of renewable energy technologies in rural areas in Bangladesh- An innovation system analysis. **Energy Policy**, v. 38, n. 8, p. 4626–4634, ago. 2010.

MONTEIRO, T.; MOURA, R.M. Dilma anuncia redução maior na conta de luz e critica previsões alternativas. **Estadão**, São Paulo, jan. 2013. Disponível em: <http://economia.estadao.com.br/noticias/negocios,dilma-anuncia-reducao-maior-na-conta-de-luz-e-critica-previsoes-alarmistas,141689e> Acessado em: 15 de maio de 2013.

MORANDI, M. I. W. M. **Elaboração de um método para o entendimento da dinâmica da precificação de commodities através do pensamento sistêmico e do planejamento por cenários**: uma aplicação no mercado de minérios de ferro. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS). Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). São Leopoldo, 2008.

NAKABAYASHI, R.K. **Microgeração fotovoltaica no brasil: condições atuais e perspectivas futuras**. Dissertação de mestrado-Programa de Pós-Graduação em Energia (IEEUSP). Universidade de São Paulo (USP). São Paulo, 2014.

NREL, National Renewable Energy Laboratory. **Nontechnical Barriers to Solar Energy Use: Review of Recent Literature**; Colorado, 2006.

PACIEVITCH, T. Geografia do Tocantins. **InfoEscola**. Tocantins. Disponível em: <http://www.infoescola.com/tocantins/> Acessado em: 15 de maio de 2016.

PAINULY J. P. Barriers to renewable energy penetration; a framework for analysis. **Renewable Energy**, Roskild, 24, 73 – 89, 09, 2000.

PENNER, Peter F. **Smart Power**: Climate Change, the Smart Grid and the future of electric utilities. United States: Island Press, 2010.

PEREIRA, E.B. **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. 1ª edição, São José dos Campos: INPE, 2006.

REDDY, S.; PAINULY; J.P. Diffusion of renewable energy technologies barriers and stakeholders' perspectives. **Renewable Energy**, v.29, n. 9, p. 1431-1447, jul. 2004.

REN21. **Renewables Global Status Report 2015**. Paris, [s.n.]. Disponível em: <[http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015\\_Onlinebook\\_low1.pdf](http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2015/07/REN12-GSR2015_Onlinebook_low1.pdf)> Acessado em 15 de abril de 2016.

ROMAGNOLI, H.C. **Identificação de Barreiras à Geração Distribuída no Marco Regulatório Atual do Setor Elétrico Brasileiro**. Dissertação de Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica. Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Florianópolis, 2005.

SAUAIA, R.L. Energia solar fotovoltaica: oportunidades e desafios. In: Seminário internacional Palmas solar, 1, 2015, Palmas. Disponível em: [http://palmassolar.palmas.to.gov.br/media/palestra\\_pdf/27.pdf](http://palmassolar.palmas.to.gov.br/media/palestra_pdf/27.pdf) Acessado em 15 de abril de 2016.

SAUAIA, R.L. Indústria solar: esperança na continuidade da contratação. **ABSOLAR**, São Paulo, fev. 2015. Disponível em: <http://absolar.org.br/noticia/noticias-externas/industria-solar-esperanca-na-continuidade-da-contratacao.html> Acessado em: 15 de maio de 2016.

SENGE, Peter. et al. **A quinta disciplina: caderno de campo: estratégias e ferramentas para construir uma organização que aprende**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 1995.

SILVA, E. L; MENEZES, E. M. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. UFSC, 2001.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Fevereiro/2015 (Texto para Discussão nº 166). Disponível em: [www.senado.leg.br/estudos](http://www.senado.leg.br/estudos). Acesso em 15 de abril de 2016.

SOLAR FOUNDATION. **National Solar Jobs Census 2015**. Washington DC, 2015. Disponível em: <http://www.thesolarfoundation.org/wp-content/uploads/2016/01/TSF-2015-National-Solar-Jobs-Census.pdf> Acessado em: 15 de abril de 2016.

SOVACOOOL, B.K. Rejecting renewables: The socio-technical impediments to renewable electricity in the United States. **Energy Policy**, v. 37, n. 11, P. 4500-4513, NOV. 2009.

TOLEDO, O. M; FILHO D. O; DINIZ A. S. A. C. Distributed photovoltaic generation and energy storage systems: A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Viçosa, 14, 506-5011, 08, 2009.

TRAPP, G. S. **Avaliação do custo sistêmico total da geração de energia eólica frente a substituição das fontes hidrelétrica e termoeétrica considerando as externalidades socioeconômicas e ambientais**. Dissertação de Mestrado -

Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas (PPGEPS). Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS). São Leopoldo, 2015.

UDOP. Especialistas dizem que cadeia produtiva da energia solar precisa de incentivos. Disponível em: <http://www.udop.com.br/index.php?item=noticias&cod=1135644>. Acessado em 15 de abril de 2016.

UN, UNITED NATIONS. **World Urbanization Prospect: The 2014 Revision**, New York, 2015.

WWF BRASIL. **Desafios e Oportunidades para a energia solar fotovoltaica no Brasil: recomendações para políticas públicas**. Brasília, jun. 2015. Disponível em: <http://www.wwf.org.br/informacoes/biblioteca/?uNewsID=46522>. Acessado em 15 de abril de 2016.

YANG, H. Optimal sizing method for stand-alone hybrid solar–wind system with LPSP technology by using genetic algorithm. *Solar Energy*. V.81, n. 4, p. 354-367, abr. 2008.

YIN, R.K. **Estudo de Caso: Planejamento e Método**. São Paulo. Bookmam, 2005.

ZAHEDI, A; HALLENSTAIN j. Effect of non-technical factors on the electricity cost of the photovoltaic (PV) systems. **ScienceDirect**, Austrália, 209, 108-112, 2007.

ZANG, F. et al. Analysis of distributed generation photovoltaic deployment, installation time and cost, market barriers, and policies in China. **Energy Policy**, v. 81, p. 43-55, jun. 2015.

ZHANG, X.; SHEN, L.; CHAN, S. Y. The diffusion of solar energy use in HK: What are the barriers? **Energy Policy**, v. 41, p. 241-249, fev. 2012.

## ANEXO 1

### Questionário de pesquisa

Identificação do respondente:

Empresa:

Nome:

Área de formação:

Papel institucional:

**Questão 1:** De acordo com sua opinião, marque no quadro a opção que melhor corresponda a afirmativa a seguir:

“Essa barreira apresenta grande influência na difusão da geração fotovoltaica no estado do Tocantins.”

BARREIRAS		Concordo totalmente	Concordo	Não sei opinar	Discordo	Discordo totalmente
B1	Falta ou insuficiência de linhas de crédito específicas para implantação de geração fotovoltaica.					
B2	Falta de mão de obra técnica e científica para desenvolvimento de projetos, implantação e manutenção de sistemas de geração fotovoltaica.					
B3	Falta de informação aos consumidores: Consumidores desinformados não compreendem as vantagens da geração fotovoltaica e as desvantagens da geração convencional.					
B4	Normalização inadequada ou inesistente: As normas vigentes não abrangem todas as necessidades ou não existem normas.					
B5	Não considerar os custos externos ou externalidades: Os custos externos são custos que não estão incluídos na composição do preço de um serviço ou produto.					
B6	Custo inicial elevado.					
B7	Tempo de retorno de capital muito longo.					
B8	Falta ou insuficiência de subsídios para sistemas fotovoltaicos, tornando-os pouco atrativos.					
B9	Muitos subsídios para sistemas convencionais, tornando-os mais atraentes.					
B10	Falta de uma cadeia produtiva completa.					

**Questão 2:** Na sua opinião existem mais barreiras que impedem a difusão da geração fotovoltaica, no estado do Tocantins?

**Questão 3:** Qual a sua opinião a respeito dessa barreira?

**Questão 4:** Quais ações devem ser tomadas para superar essa barreira?

**Questão 5:** Quem deve ser o responsável por tomar essas ações?