

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**ANÁLISE DA ATRATIVIDADE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO
MERCADO DE MICRO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM MUNICÍPIOS
DE PEQUENO E MÉDIO PORTES, VIA INDICADORES SOCIOECONÔMICOS.
ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ**

Lara Cardoso Campos

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho

Itajubá, março de 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**ANÁLISE DA ATRATIVIDADE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO
MERCADO DE MICRO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM MUNICÍPIOS DE
PEQUENO E MÉDIO PORTE, VIA INDICADORES SOCIOECONÔMICOS.
ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ**

Dissertação apresentada no Programa de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos como parte das exigências obrigatórias para obtenção do Título de Mestre em Meio Ambiente e Recursos Hídricos.

Área de concentração: Energia, Sociedade e Meio Ambiente

Orientador: Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho

Itajubá, março de 2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MEIO
AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS**

**ANÁLISE DA ATRATIVIDADE DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS NO
MERCADO DE MICRO GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM MUNICÍPIOS DE
PEQUENO E MÉDIO PORTE, VIA INDICADORES SOCIOECONÔMICOS.
ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ**

Lara Cardoso Campos

À Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho (Orientador)

Dr. Roberto Akira Yamachita

Dra. Maria Cláudia Costa de Oliveira Botan

Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana

Aprovada () Aprovada com Restrições () Reprovada ()

Itajubá, março de 2019

RESUMO

A geração elétrica através de sistemas fotovoltaicos tem experimentado um enorme crescimento no Brasil. Enquadradas no conceito de micro geração descentralizada, no período de 2012 a 2019 o número de instalações conectadas à rede elétrica cresceu de quatorze para mais de cinquenta e nove mil, revelando o grande potencial do país e do setor. Este movimento de inserção da energia solar na matriz energética brasileira se mostra promissor através da geração distribuída, incentivada pela Resolução Normativa nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), publicada em 2012 e posteriormente alterada pela Resolução Normativa ANEEL 687/2015, estabelecendo as condições gerais para micro e mini geração distribuída no país. Comparado aos países líderes em capacidade instalada de geração distribuída fotovoltaica urbana, o Brasil possui enorme potencial, por apresentar significativa incidência solar e por suas tarifas de energia elétrica estarem em constante reajuste. Desde 2012, diversos incentivos e mudanças no aspecto regulatório possibilitaram o crescimento deste mercado no país, onde cidades de diferentes portes apresentam comportamentos diferenciados de mercado, refletindo em diferentes prazos para sua popularização. Neste contexto, o presente estudo visa determinar a atratividade dos sistemas fotovoltaico em cidades de pequeno e médio portes ao analisar a predisposição da população em adquirir o sistema de micro geração distribuída através de questionário do tipo Escala Likert e comparar o crescimento do mercado fotovoltaico de Itajubá, um município de pequeno porte, à outras cidades do Sul de Minas, através de indicadores socioeconômicos. O presente trabalho demonstrou que a atratividade dos sistemas fotovoltaicos em cidades de pequenos e médios portes é significativa e que existe conhecimento e pré-disposição da população para aquisição dos sistemas.

Palavras chave: Fotovoltaico, Fontes Renováveis, Geração Distribuída.

ABSTRACT

Photovoltaic systems have experienced a significant growth in Brazil. In the period from 2012 to 2019, the number of on-grid systems, according to the concept of decentralized microgeneration, grew from fourteen to more than fifty-nine thousand, revealing the potential of the country and the sector. This movement of solar energy insertion into the Brazilian energy matrix shows promise through distributed generation, encouraged by the normative resolution nº 482/2012 of the National Electric Energy Agency (ANEEL), further amended by Normative Resolution ANEEL 687/2015, establishing general conditions for distributed generation in the country. Compared to the leading countries in installed capacity of urban photovoltaic distributed generation, Brazil has enormous potential, due to its higher solar incidence and because of the constant tariff readjustments. Since 2012, incentives and changes in the regulatory aspect have enabled the growth of this market in the country, where cities of different sizes present different market behaviors, reflecting different deadlines for their popularization. In this context, the present study aims to determine the attractiveness of photovoltaic systems in small and medium-sized cities by analyzing the predisposition of the population to acquire the micro-generation system distributed through a Likert Scale questionnaire and compare the growth of the photovoltaic market of Itajubá, a small municipality, to other cities of the South of Minas, by using socioeconomic indicators. It was demonstrated that the photovoltaic systems attractiveness in cities of small and medium sizes is significant and there is knowledge and pre-availability of the population in order to purchase this new technology.

Keywords: Photovoltaic, Renewable Sources, Distributed Generation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Participação das fontes renováveis na geração distribuída.....	14
Figura 2 – Número de instalações provenientes de energia solar fotovoltaica.....	15
Figura 3 – Distribuição da geração distribuída fotovoltaica por tipo de consumidor.....	16
Figura 4 – Distribuição da geração distribuída fotovoltaica por potência instalada.....	17
Figura 5 – Custo global das células fotovoltaicas de silício.....	18
Figura 6 – Capacidade instalada e Energia Gerada a partir de geração distribuída.....	19
Figura 7 – Itens necessários para instalação do sistema “on-grid”	23
Figura 8 – Curva de aprendizado dos módulos fotovoltaicos.....	24
Figura 9 – Quantidades de sistemas fotovoltaicos por classes em Itajubá.....	32
Figura 10 – Histórico de instalações fotovoltaicas na cidade de Itajubá.....	33
Figura 11 – Renda mensal familiar dos entrevistados.....	36
Figura 12 – Resultado sobre intenção de compra.....	36
Figura 13 – Realidade financeira de indivíduos que pretendem instalar o sistema.....	37
Figura 14 – Realidade financeira de indivíduos que não pretendem instalar o sistema....	38
Figura 15 – Respostas sobre a espera de resultados antes da decisão de compra.....	39
Figura 16 – Respostas sobre expectativa de queda de preço do sistema.....	39
Figura 17 – Respostas sobre a preservação do meio ambiente.....	40
Figura 18 – Respostas sobre a imagem perante a sociedade.....	41
Figura 19 – Respostas sobre a segurança do investimento financeiro.....	42
Figura 20 – Respostas sobre a independência das concessionárias de energia.....	42
Figura 21 – Respostas sobre a percepção dos custos em adquirir o sistema.....	43
Figura 22 – Respostas sobre a eficiência e garantia dos sistemas.....	44
Figura 23 – Respostas sobre a compreensão dos sistemas.....	44
Figura 24 – Número de instalações nos municípios.....	46
Figura 25 – Número acumulado de sistemas instalados por município.....	47
Figura 26 – Valor da potência instalada por cidade, ordenadas de forma crescente.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Número de domicílios itajubenses enquadrados por faixas salariais.....	32
Tabela 2 – Relação entre Itajubá e municípios do Sul de Minas.....	47

LISTA DE SIGLAS

ABSOLAR – Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica

ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica

BIG – Boletim de Informação da Geração

BNDES – Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social

CNPJ – Cadastro Nacional de Pessoa Jurídica

COFINS – Contribuição para Financiamento da Seguridade Social

CONFAZ – Conselho Nacional de Política Fazendária

COP21 – 21ª Conferência das Partes

CPF – Cadastro de Pessoa Física

EPE – Empresa de Pesquisas Energéticas

GD – Geração Distribuída

ICMS – Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços

IDHM – Índice de Desenvolvimento Humano Municipal

MME – Ministério de Minas e Energia

P&D – Pesquisa e Desenvolvimento

PASEP – Programa de Formação do Patrimônio do Servidor Público

PDE – Plano Decenal de Expansão de Energia

PIS – Programas de Integração Social

PROGER – Programa de Geração de Renda

SIN – Sistema Interligado Nacional

TE – Tarifa sobre a Eletricidade

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

TUSD – Tarifa sobre o Uso do Sistema de Distribuição

VPL – Valor Presente Líquido

Unidades:

GWp – Gigawatts-pico

kW – Quilowatts

kWp – Quilowatts-pico

AGRADECIMENTOS

Ao alcançar esta conquista, agradeço a UNIFEI, todo seu corpo docente, direção e administração, pelo ensino de extrema qualidade.

Agradeço ao meu orientador Prof. Dr. Geraldo Lúcio Tiago Filho por toda paciência, orientação e ensinamentos que me foram dados para a elaboração deste estudo.

Agradeço a Prof. Dra. Maria Cláudia Botan por ser sempre prestativa, amável e brilhante, me auxiliando nas dúvidas e dificuldades. Obrigada minha amiga.

Agradeço aos professores Dr. Augusto Nelson Carvalho Viana e Dr. Roberto Akira Yamachita pela disponibilidade e colaboração com esse trabalho.

Agradeço ao meu noivo, família e amigos pela compreensão em momentos ausentes e pelo suporte nesta fase de minha vida.

Por fim, agradeço a Deus pelo privilégio em ser mestre e possuir um ensino de qualidade neste país de vastas dificuldades.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	10
1.1 Justificativa.....	11
1.2 Estrutura da Dissertação.....	12
1.3 Objetivos.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
2.1 Histórico da Geração Distribuída no Brasil.....	13
2.2 Evolução da Energia Fotovoltaica no Mercado de Energia Elétrica Nacional.....	15
2.3 Incentivos à Energia Fotovoltaica no Brasil.....	21
2.4 Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico.....	23
3. METODOLOGIA.....	29
3.1 Aplicação de Questionário com Escala de Likert.....	29
3.1.1 Escala de Likert.....	29
3.1.2 Amostragem.....	31
3.2 Comparação do Mercado Fotovoltaico com Municípios Vizinhos.....	32
4. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ.....	33
4.1 Condição Socioeconômica da População.....	33
4.2 Instalação de Sistemas Fotovoltaicos.....	33
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1 Aplicação de Questionário com Escala de Likert.....	36
5.1.1 Amostragem.....	36
5.1.2 Questionário.....	37
5.2 Comparação do Mercado Fotovoltaico com Municípios Vizinhos.....	47
6 CONCLUSÃO.....	50
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52
APÊNDICE I – Questionário.....	55

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o Boletim de Informação da Geração (BIG, 2018) da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), a capacidade instalada do sistema de energia elétrica brasileiro é de 159.069 MW e deste valor, 63,8% correspondem a usinas hidrelétricas. A matriz elétrica é em sua maior parte renovável, porém o país depende diretamente do armazenamento de água e do regime hidrológico para suprir a maior parte de sua demanda.

A operação do sistema de energia elétrica é muito sensível aos períodos de baixa hidraulicidade, que podem reduzir severamente os níveis dos reservatórios. Este fato, somado a um planejamento ineficaz dos recursos energéticos, pode culminar em um período de racionamento, que foi vivenciado no país em 2001 e tornou-se iminente em 2014, quando o início da grave crise econômica levou a uma redução na demanda de eletricidade por parte dos consumidores e evitou que o mesmo ocorresse em 2015. No período de racionamento, houve forte crescimento da geração térmica na matriz elétrica nacional, principalmente do gás natural. Foram necessários investimentos em geração hidráulica, com destaque para a região amazônica, proporcionando elevados custos para o país em linhas de transmissão (FARIA et al, 2017).

Diante da crescente necessidade energética, dos elevados investimentos em linhas de transmissão e geração de energia por fontes térmicas e das pressões para a retomada da matriz elétrica limpa, emergiu como opção o modelo de geração distribuída (GD) a partir de fontes renováveis, sendo repensado pelos agentes como forma de complemento ao sistema brasileiro (MARTINS, 2015). Seguindo uma tendência mundial de geração descentralizada, onde os consumidores estão conectados à rede elétrica e usam esse sistema para negociar a sua autoprodução, o conceito de geração distribuída tornou-se fortemente presente no Brasil com o estabelecimento da Resolução Normativa N° 482 da ANEEL, de 17 de abril de 2012.

A partir desta data, o consumidor brasileiro foi legalmente autorizado a gerar sua própria energia elétrica e armazenar o excedente na rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e mini geração distribuída de energia elétrica, definida na resolução como “centrais geradoras de energia elétrica, que utilizem fontes renováveis de energia elétrica, conectadas na rede de distribuição por meio de instalações de unidades consumidoras” (ANEEL, 2012). No mesmo ano, a Resolução n°482/2012 foi alterada pela Resolução Normativa N° 517 de 11 de dezembro de 2012 e posteriormente revisada pela Resolução

687/2015 da Aneel. A partir destas iniciativas, houve um expressivo crescimento no número de sistemas geradores conectados à rede no país.

1.1 Justificativa

Apesar dos avanços regulatório no Brasil e da forte diminuição nos custos de implantação dos sistemas fotovoltaicos, observa-se que em cidades de pequeno e médio porte o crescimento do número de instalações não tem sido tão significativo se comparado aos grandes centros urbanos. Enquadrado neste cenário, o presente estudo se propõe a analisar a capacidade de introdução e a atratividade de sistemas fotovoltaicos nestes municípios, tendo como estudo de caso a cidade de Itajubá, na região do Sul de Minas Gerais. Justifica-se esta proposta uma vez que a mesma trará como benefícios diretrizes para o fomento de políticas públicas, evidenciando o potencial da matriz energética fotovoltaica que ainda não é explorada nas cidades. Como um dos resultados, pretende-se que a pesquisa de mercado com a população traga conhecimento sobre o processo de tomada de decisão de habitantes de cidades deste porte, permitindo a consolidação de estratégias a serem adotadas para a inserção efetiva desta fonte nos municípios.

1.2 Estrutura da Dissertação

O presente trabalho está estruturado em seis capítulos. No primeiro deles, a introdução, há informações gerais sobre o cenário da matriz energética do Brasil e um breve histórico sobre a inserção da geração distribuída no país, além dos objetivos deste estudo e as justificativas para sua aplicação.

O segundo capítulo trata-se da revisão bibliográfica, com informações sobre a geração distribuída e o papel da energia fotovoltaica neste contexto. Há uma revisão literária sistemática sobre as leis que fundamentaram a consolidação da energia fotovoltaica na matriz energética do Brasil, além dos incentivos nacionais à sua aquisição e análise de sua viabilidade econômica.

A metodologia empregada neste estudo é abordada no capítulo três, onde as etapas do presente trabalho serão detalhadas separadamente. São expostas a utilização da observação direta extensiva e da amostragem para elaboração e aplicação do questionário à população e o

levantamento de dados realizado para comparação do crescimento do número de instalações em Itajubá com municípios vizinhos.

O quarto capítulo traz informações sobre o estudo de caso em si, com dados populacionais e socioeconômicos do município de Itajubá, localizado na região do Sul de Minas Gerais, assim como informações a respeito dos municípios vizinhos, que servirão de comparação para esta pesquisa.

No capítulo cinco são apresentados e discutidos os resultados do presente trabalho, e no sexto capítulo suas conclusões, seguidas das referências bibliográficas consultadas para sua execução.

1.3 Objetivos

O objetivo geral do presente trabalho é analisar a atratividade de sistemas fotovoltaicos no mercado de energia distribuída em municípios de pequeno e médio porte, tendo como estudo de caso o município de Itajubá, região do Sul de Minas Gerais. Com esta finalidade, propõe-se alcançar os seguintes objetivos específicos:

- Identificar a pré-disposição da população em adquirir um sistema, através de questionário aplicado ao público alvo;
- Comparar a evolução do mercado local em relação à outras cidades do sul de Minas Gerais, através de indicadores socioeconômicos.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Segundo Ribeiro e Picarelli (2014), geração distribuída é a geração elétrica junto ou próxima do(s) consumidor(es), com potências normalmente iguais ou inferiores a 30 MW. Embora não exista uma definição única para o termo, trata-se de um tipo de geração de energia elétrica que se diferencia da realizada pela geração centralizada por ocorrer em locais em que não seria instalada uma usina geradora convencional, contribuindo com a abrangência da distribuição energia elétrica pelo território (OLIVEIRA, 2017).

Os próximos tópicos abordarão o histórico deste tipo de geração no Brasil, assim como o papel da energia fotovoltaica neste panorama, os incentivos governamentais para a disseminação de usinas pelo país e sua viabilidade econômica para a população.

2.1 Histórico da Geração Distribuída no Brasil

O conceito de geração distribuída tornou-se fortemente presente no Brasil no estabelecimento da Resolução Normativa Nº 482 da ANEEL, de 17 de abril de 2012, que definiu o conceito de micro e mini geração distribuída de energia elétrica. De maneira simplificada, toda energia produzida na unidade geradora alimenta o local da instalação e caso não seja suficiente, utiliza-se a energia da concessionária (SILVEIRA, 2015).

No mesmo ano a Resolução ANEEL nº482/2012 foi alterada pela Resolução Normativa ANEEL 517 de 11 de dezembro de 2012, quando foi criado o sistema de compensação. Este permite que a energia ativa injetada por unidade consumidora com micro ou mini geração distribuída seja cedida, por meio de empréstimo gratuito, à distribuidora local e posteriormente compensada, em até 36 meses, com o consumo de energia elétrica ativa dessa mesma unidade ou de outra de mesma titularidade, desde que possua o mesmo Cadastro de Pessoa Física (CPF) ou Cadastro de Pessoa Jurídica (CNPJ), e estejam localizadas na mesma área de concessão (ANEEL, 2012).

Desde então, houve um expressivo crescimento no número de sistemas geradores conectados à rede no país: em 2012 haviam 14 unidades, e no ano de 2016 foram contabilizadas 1784 instalações no Brasil, representando uma potência instalada de 16,5 megawatts (MW) (ANEEL, 2016).

Esse crescimento exponencial no número de instalações de geração distribuída aconteceu sem novas regulamentações. Por essa razão, a ANEEL percebeu a necessidade de reduzir os custos e tempo para a conexão da micro e mini geração, compatibilizar o sistema de compensação de energia elétrica com as condições gerais de fornecimento, aumentar o público alvo e melhorar as informações na fatura, que ainda não estavam definidas em um padrão. Sendo assim, em novembro de 2015 foi publicada a Resolução Normativa ANEEL 687, revisando a Resolução Normativa ANEEL 482/2012 (ANEEL, 2016).

As regras da nova Resolução começaram a valer em 1º de março de 2016. Desde então, denomina-se micro geração distribuída a central geradora com potência instalada até 75 quilowatts (kW) e mini geração distribuída aquela com potência acima de 75 kW e menor ou igual a 5 MW (sendo 3 MW para a fonte hídrica).

Além desta mudança, os créditos acumulados na rede da concessionária quando a quantidade de energia gerada em determinado mês for superior à energia consumida naquele período tiveram sua validade estendida de 36 para 60 meses. Estes também podem ser usados para abater o consumo de unidades consumidoras do mesmo titular situadas em outro local, desde que na área de atendimento de uma mesma distribuidora. Esse tipo de utilização dos créditos foi denominado “autoconsumo remoto”. Outra inovação da norma diz respeito à possibilidade de instalação de geração distribuída em condomínios (“empreendimentos de múltiplas unidades consumidoras”). Nessa configuração, a energia gerada pode ser repartida entre os condôminos em porcentagens definidas pelos próprios consumidores. Criou-se ainda a figura da “geração compartilhada”, possibilitando que diversos interessados se unam em um consórcio ou em uma cooperativa, instalem um sistema e utilizem a energia gerada para redução das faturas dos consorciados ou cooperados (ANEEL, 2016).

Com relação aos procedimentos necessários para se conectar a micro ou mini geração distribuída à rede da distribuidora, a ANEEL estabeleceu regras que simplificam o processo: foram instituídos formulários padrão para realização da solicitação de acesso pelo consumidor e o prazo total para a distribuidora conectar usinas de até 75 kW, que era de 82 dias, foi reduzido para 34 dias. Adicionalmente, desde janeiro de 2017, os consumidores podem fazer a solicitação e acompanhar o andamento de seu pedido junto à distribuidora pela internet.

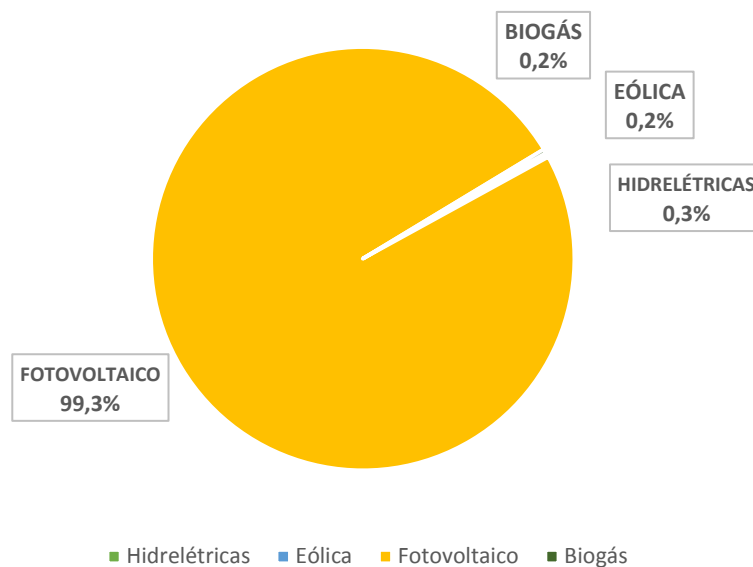
Por fim, é importante ressaltar que, para unidades consumidoras conectadas em baixa tensão (grupo B), ainda que a energia injetada na rede seja superior ao consumo, será devido o pagamento referente ao custo de disponibilidade – valor em reais equivalente a 30 kWh (monofásico), 50 kWh (bifásico) ou 100 kWh (trifásico). Já para os consumidores conectados em alta tensão (grupo A), a parcela de energia da fatura poderá ser zerada (caso a quantidade

de energia injetada ao longo do mês seja maior ou igual à quantidade de energia consumida), sendo que a parcela da fatura correspondente à demanda contratada será faturada normalmente (ANEEL, 2016). Todas estas mudanças determinadas pela nova resolução em 2015 consolidaram o crescimento exponencial da geração distribuída no Brasil.

2.2 Evolução da Geração Fotovoltaica no Mercado de Energia Elétrica Nacional

Inserida no mercado de geração distribuída que desponta no país, a tecnologia fotovoltaica se destaca como pioneira, sendo a mais difundida entre os consumidores com mais de 99,3% das instalações do país (ANEEL, 2018). A Figura 1 exibe a participação das fontes renováveis de energia no mercado brasileiro de geração distribuída:

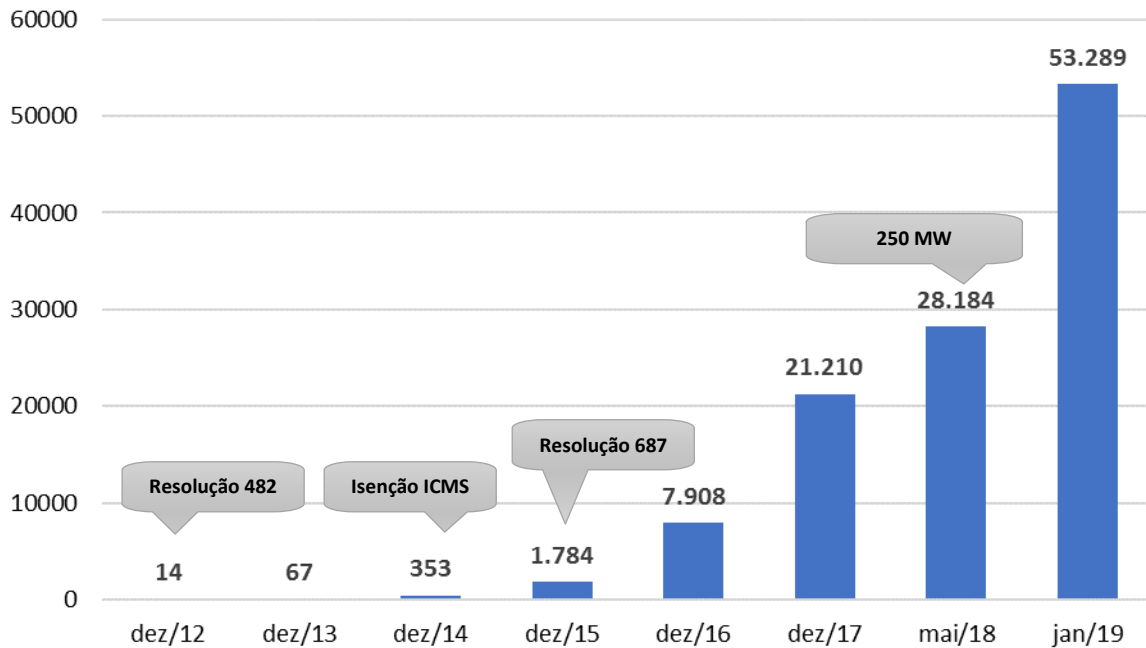
Figura 1: Participação das fontes renováveis na geração distribuída.



Fonte: ANEEL (2018)

O crescimento da participação da energia solar fotovoltaica no mercado de geração distribuída a partir do ano de 2012 ocorreu gradualmente, com respostas dos usuários a medida que novas leis e resoluções foram estabelecidas, como pode ser observado na Figura 2:

Figura 2: Número de instalações com geração distribuída proveniente de energia solar fotovoltaica.



Fonte: ANEEL (2019)

A Resolução nº482, do ano de 2012 é considerada um marco no histórico energético do Brasil, pois a partir dela, os consumidores foram possibilitados a produzir sua própria energia. Logo em 2013 pode-se perceber o reflexo desta mudança, com o número de instalações praticamente quintuplicado, comportamento que persistiu no ano seguinte de 2014, quando mais de 280 centrais foram conectadas ao sistema. Segundo Oliveira (2016), este crescimento significativo entre 2013 e 2014 pode ser atribuído à uma das primeiras iniciativas governamentais, a isenção de ICMS aderida por alguns estados para os consumidores que produzem energia e enviam à rede elétrica de abastecimento

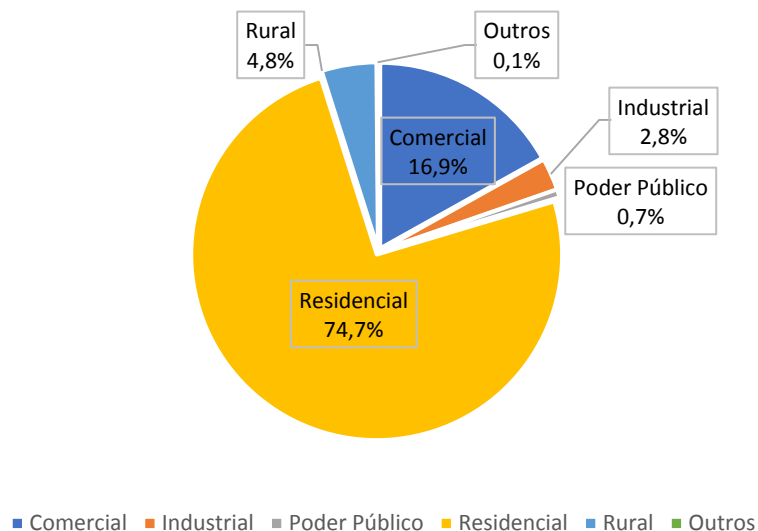
O crescimento exponencial seguiu pelo próximo ano, justificado pela redução dos custos de instalações desses sistemas e consolidação de fornecedores no mercado. Com o aprimoramento da tecnologia e o ganho de escala advindo dos leilões de tecnologias associadas, os custos reduziram, a cadeia tecnológica amadureceu e a confiança neste tipo de geração aumentou (OLIVEIRA, 2017).

Neste momento de grande crescimento sem muitas regulamentações, o governo notou a necessidade de rever a Resolução anterior e foi publicada a Resolução Normativa nº 687, no ano de 2015. Esta revisão foi determinante para a solidificação do funcionamento do processo e para a inserção de consumidores em situações diversas, como condomínios e cooperativas. Esta inclusão, acompanhada de uma redução dos prazos de tramitação de pedidos junto às distribuidoras, refletiu em mais de seis mil sistemas instalados no ano de 2016. O número seria superado já em 2017, quando mais de treze mil sistemas foram conectados à rede, reflexo das mudanças proporcionadas pelo incentivo que a Resolução Normativa nº687 proporcionou (ANEEL, 2018).

Em maio de 2018 o Brasil atingiu a marca histórica de 250 megawatts (MW) de potência instalada em sistemas de micro geração e mini geração distribuída solar fotovoltaica em residências, comércios, indústrias, edifícios públicos e na zona rural (ABSOLAR, 2018). Em dezembro de 2018, este número já havia dobrado. Em janeiro de 2019, a potência instalada é de 554 MW, evidenciando o crescimento exponencial que acontece no país.

Em números de sistemas instalados, conforme mostrado na Figura 3, os consumidores residenciais são os preponderantes, representando mais de 40 mil unidades consumidoras e seguidas pelas empresas dos setores de comércio e serviços, com 9.052 unidades. Em seguida seguem os consumidores rurais (2.548 unidades), indústrias (1.491 unidades), poder público (367 unidades) e outros tipos, como serviços públicos e iluminação pública (68 unidades) (ANEEL, 2019).

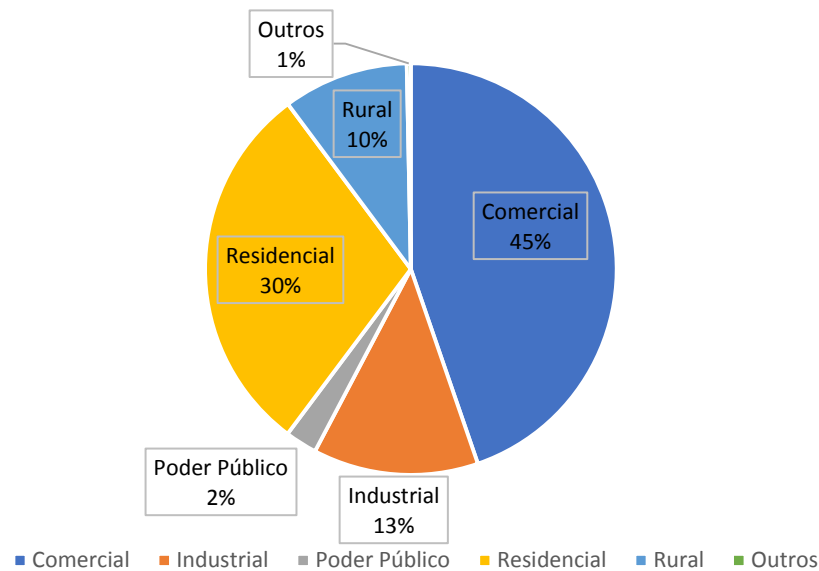
Figura 3: Realidade da geração distribuída com sistemas fotovoltaicos por tipo de consumidor.



Fonte: ANEEL (2018).

Relacionando estes dados a fim de comparar a potência instalada que representa cada um destes tipos de consumidores, obtém-se a Figura 4:

Figura 4: Realidade da geração distribuída com sistemas fotovoltaicos por potência instalada.



Fonte: ANEEL (2019).

Em relação à potência instalada, os consumidores comerciais apresentam maior participação, com 296 MW instalados. Em seguida, aparecem os consumidores residenciais, com 196 MW. Seguem então as instalações industriais, com 86 MW, rurais com 65 MW e poder público com 16 MW. Outros tipos, como serviços públicos e iluminação pública, somam 2 MW (ANEEL, 2019).

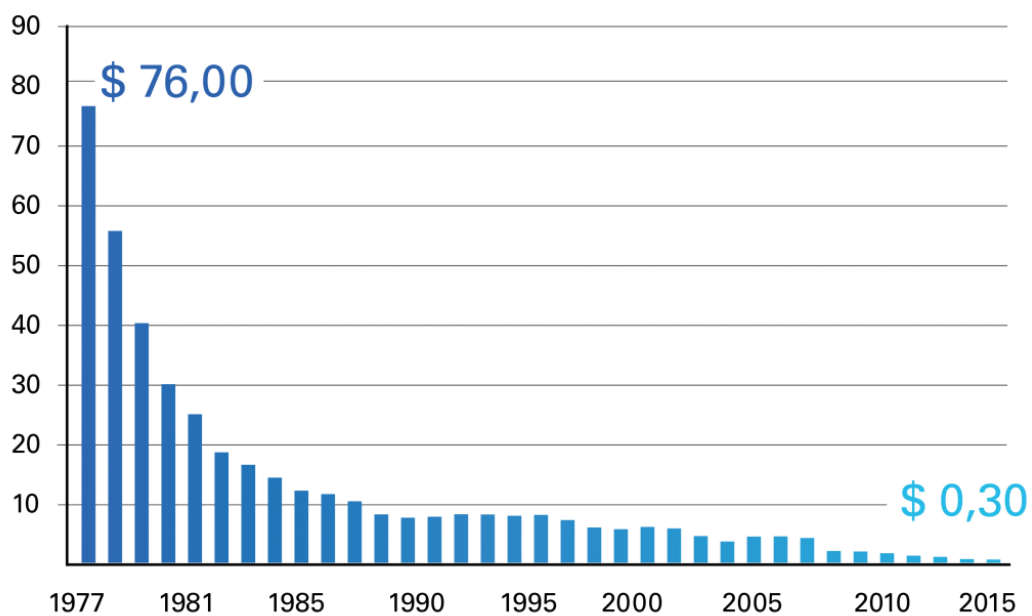
Atualmente, o Brasil possui 53.289 sistemas solares fotovoltaicos conectados à rede que somam 554.627,17 kW de potência instalada, proporcionando economia e sustentabilidade ambiental e somando mais de R\$ 1,9 bilhões em investimentos acumulados desde 2012, distribuídos ao redor de todas as regiões do País (ANEEL, 2019).

A Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica (2018) ressalta que o crescimento da micro geração e mini geração distribuída solar fotovoltaica tem sido impulsionado por três fatores principais: a forte redução em mais de 75% no preço da geração de energia a partir da fonte solar fotovoltaica ao longo da última década; o forte aumento nas tarifas de energia elétrica dos consumidores brasileiros, que saltaram em média 499% desde 2012, segundo dados do Ministério de Minas e Energia e o aumento no protagonismo e na consciência e responsabilidade socioambiental dos consumidores, cada vez mais dispostos

a economizar dinheiro ajudando, simultaneamente, a preservação do meio ambiente. A estes fatores pode-se adicionar o subsídio e isenção de impostos que o setor tem recebido do governo, que tem sido primordial e determinante para a consolidação da fonte fotovoltaica no país.

A Bloomberg New Energy Finance (BNEF, 2015) avaliou o custo global das células fotovoltaicas de silício desde 1977 em “dólar/watt”, evidenciando a grande queda no custo da energia solar, hoje 250 vezes mais barata que há quatro décadas, como mostra a Figura 5:

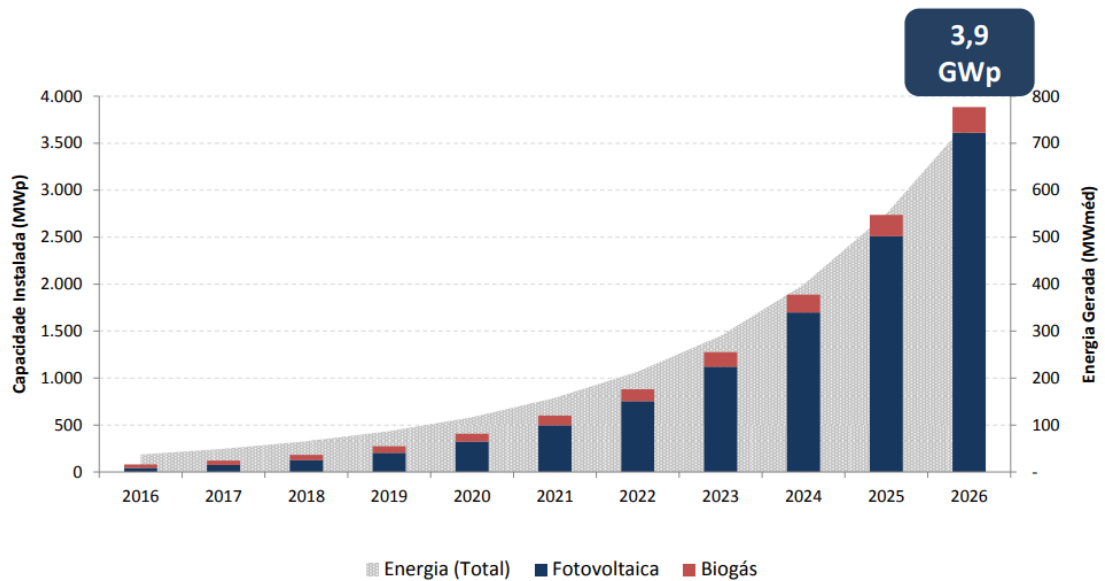
Figura 5: Custo global das células fotovoltaicas de silício.



Fonte: Bloomberg New Energy Finance (2015).

Em relação às projeções para o mercado fotovoltaico no país, o Plano Decenal de Expansão de Energia 2026 (PDE 2026) apresenta as perspectivas de expansão futura do setor de energia sob a ótica do governo no horizonte até 2026. Para este ano, estimam-se cerca de 70 mil adotantes de sistemas fotovoltaicos, totalizando 3,3 GWp, suficiente para atender 0,6% do consumo total nacional, como mostra a Figura 6:

Figura 6: Projeção da capacidade instalada e Energia Gerada a partir de geração distribuída no Brasil.



Fonte: EPE (2017)

A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) indicou que a relação do consumidor com a energia vem se alterando nos últimos anos. O aumento do poder de escolha – uma tendência geral na sociedade – tem se materializado no setor de eletricidade através da popularização das tecnologias de micro e mini geração distribuída. O consumidor, podendo gerar sua própria energia, evolui de uma posição passiva para ativa no setor elétrico. No mesmo estudo a EPE considerou que a tecnologia fotovoltaica se apresenta com maior potencial de penetração no horizonte decenal, em razão da sua modularidade e custo decrescente (EPE, 2018).

2.3 Incentivos à Energia Fotovoltaica no Brasil

A existência de programas de incentivos para promover a energia renovável tem sido essencial para o desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos no mundo. O avanço das fontes renováveis no Brasil vai na mesma direção do compromisso assumido pelo país durante a 21ª Conferência das Nações Unidas (COP21), de elevar para ao menos 23% a fatia de energias renováveis (além da hídrica) na matriz elétrica até 2030 (MME, 2017). Esta seção descreve os incentivos para a geração fotovoltaica que estão em vigor no Brasil.

O “Net Metering” é o sistema de compensação de energia que permite aos proprietários de micro e mini geração receber créditos para a energia ativa gerada além do

nível de consumo do usuário e injetar na rede de distribuição. De acordo com a Resolução ANEEL 687/2015, esses créditos expiram em 60 meses após a data de sua criação e o consumidor não recebe qualquer forma de compensação após o prazo. É importante notar que não há pagamento pela energia injetada na rede de distribuição, e esta injeção é limitada ao nível de consumo do usuário. De acordo com Faria et al. (2017) esse incentivo não foi forte o suficiente para impulsionar a geração distribuída solar e reflete o fato de que os serviços de distribuição não estão prontos para acomodar grandes quantidades de geração.

O atual sistema tarifário no Brasil cobra de todos os agentes conectados ao Sistema Interligado Nacional (SIN), consumidores e geradores, o uso da rede para transmissão da energia elétrica contratada. Entre as taxas que são praticadas, encontra-se o TUSD (tarifa sobre o uso do sistema de distribuição) e TE (tarifa sobre a eletricidade). Entretanto, quando se trata de mini e micro geração, as taxas pelo uso da rede de transmissão ou de distribuição não são cobradas.

Atualmente, a maioria dos estados possui isenção em relação ao ICMS (imposto sobre a circulação de mercadorias e serviços) sobre TE, mas ainda é cobrado sobre o TUSD. Pelo Convênio ICMS 101/97, celebrado entre as secretarias da Fazenda de todos os Estados, há isenção do ICMS para as operações com equipamentos e componentes para o aproveitamento das energias solar e eólica, válido até 31/12/2021 e Isenção de ICMS, PIS e Cofins na Geração Distribuída. Os convênios ICMS 16, 44 e 52, 130 e 157, de 2015, do Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ), firmados pelos Estados do AC, TO, MA, CE, RN, PE, AL, BA, MG, RJ, SP, RS, MS, MT, GO e DF, isentam o ICMS sobre a energia que o consumidor gerar, aplicando o tributo apenas sobre o excedente consumido da rede, e para instalações inferiores a 1 MW. A mesma regra é válida para PIS e Cofins (Lei 13.169/2015). Embora estas isenções tenham contribuído para o aumento do número de conexões, estes incentivos não foram aplicados a todos os estados (OLIVEIRA, 2017).

Apesar da perspectiva de queda, o custo na aquisição dos equipamentos é uma das principais causas do ainda elevado preço da energia elétrica gerada por fonte solar. Não por outro motivo, parte das políticas públicas existentes envolvem pesquisa e desenvolvimento (P&D), aspecto fundamental para a viabilização dessa fonte de energia. Todavia, os resultados dos investimentos em P&D não são imediatos (OLIVEIRA, 2017).

Alinhado com o objetivo de superar o obstáculo do investimento inicial, o Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) divulgou sua nova política de financiamento ao setor de energia, que amplia a participação dos empréstimos em projetos de energia solar e extingue o apoio a térmicas a carvão e óleo (BNDES, 2017). No entanto, são

financiados apenas equipamentos nacionalizados e a geração fotovoltaica utiliza quase a totalidade dos equipamentos importados, pois os nacionais ainda não apresentam a mesma qualidade se comparados aos fabricados por outros países.

O surgimento de empresas que ofertam os equipamentos no modelo de “*leasing*” também contorna a dificuldade do investimento inicial. Neste modelo, o consumidor não paga nenhum valor inicial para que o sistema fotovoltaico seja instalado em sua residência. O investimento é realizado através de parcelas mensais fixas ou proporcionais à geração do projeto, em contratos de longo prazo, geralmente de 10 anos. Ao fim deste contrato, o consumidor tem a opção de compra dos equipamentos, renovação do contrato ou cancelamento. A vantagem consta não apenas na ausência do investimento inicial, mas também no valor das parcelas, substancialmente inferiores às da concessionária de energia.

Na linha de financiamentos, o Programa de Geração de Renda (PROGER), subsidiado pelo governo nos bancos Caixa Econômica e Banco do Brasil, oferece um financiamento com juros reduzidos para sistemas fotovoltaicos. No entanto, apenas pessoas jurídicas se enquadram nos requisitos. Quando se trata de pessoa física, há uma alternativa divulgada recentemente, o Consórcio Nacional Solar. O Sistema de Consórcio é uma modalidade de acesso ao mercado de consumo baseado na união de pessoas físicas ou jurídicas, em grupo fechado, cuja finalidade é formar poupança comum destinada a aquisição de bens móveis e imóveis, por meio de autofinanciamento. Sendo assim, percebe-se que gradativamente opções para viabilizar a energia solar tem surgido, amenizando o principal fator complicador na efetivação das vendas, a forma de pagamento.

Segundo Esposito & Fuchs (2013) é uma questão de tempo para que as tecnologias de energia solar se tornem de fato competitivas, sem subsídios, não somente para aplicações em geração distribuída, mas também em projetos de grande escala. De acordo com Lacerda (2016), existe uma grande variedade de tecnologias de células fotovoltaicas no mercado hoje, usando diferentes tipos de materiais, e um número ainda maior estará disponível no futuro. A estabilidade regulatória e a redução das incertezas no setor elétrico contribuirão para que os investidores decidam por alocar recursos na geração de energia elétrica de fonte solar, de forma centralizada ou distribuída.

De acordo com Silva (2015), avanços importantes serão obtidos se: (i) os recursos usados pelas empresas de distribuição de energia elétrica em eficiência energética puderem ser aplicados de forma mais flexível e com foco na energia solar; (ii) for usada a prerrogativa legal de estabelecer condicionantes para a obtenção da Tarifa Social de Energia Elétrica; e

(iii) houver a oferta, pelo setor bancário, de produtos financeiros voltados ao financiamento da instalação de células fotovoltaicas.

Deseja-se que a introdução da fonte solar na matriz energética brasileira ocorra sem atropelos, observando as oportunidades para o país no desenvolvimento tecnológico e da cadeia produtiva, os custos de oportunidades e os ajustes porventura necessários por parte dos setores envolvidos.

2.4 Viabilidade Econômica do Sistema Fotovoltaico

Existem duas possibilidades em relação à sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica. Sistemas conectados (*on-grid*), são aqueles que possuem conexão com a rede da concessionária de energia. Os sistemas conectados geram energia e abastecem o consumo da unidade. Quando a geração é maior que o consumo, o excedente é enviado à rede e se acumula em forma de créditos. Quando a geração é menor que o consumo, a rede abastece a unidade, que é cobrada apenas pela diferença utilizada. Portanto, a rede funciona como uma bateria, ora armazenando o excedente de energia, ora suprimindo em momentos de maior demanda (ALVES, 2016).

Outro tipo de configuração para sistemas fotovoltaicos são os isolados (*off-grid*). Os sistemas autônomos são caracterizados por não se conectarem à rede elétrica. Eles possuem baterias para armazenamento de energia e abastecem diretamente a demanda necessária. Normalmente são utilizados em locais remotos, com propósitos locais e específicos. No presente trabalho, o enfoque será aos sistemas *on-grid*.

O sistema fotovoltaico *on-grid* possui basicamente dois itens para sua instalação, conforme mostrado na Figura 7. Os módulos fotovoltaicos, que geram energia a partir da irradiação solar, e o inversor, responsável por transformar a corrente contínua gerada pelos painéis em corrente alternada, compatível com a energia fornecida pela rede da concessionária. Além destes itens são necessárias estruturas de suporte para os painéis e cabeamento para interligar os equipamentos. Após a instalação, o medidor de energia convencional é trocado por um bidirecional, capaz de quantificar a energia gerada pelo sistema e a quantidade de créditos acumulados na rede da concessionária. O fornecimento e instalação deste medidor são de responsabilidade da concessionária local, porém seu custo será acrescido na fatura seguinte do usuário. O custo total para aquisição do sistema é

formado além dos equipamentos, pela mão de obra da instalação e homologação junto à concessionária local.

Figura 7: Itens necessários para instalação do sistema “on-grid”.



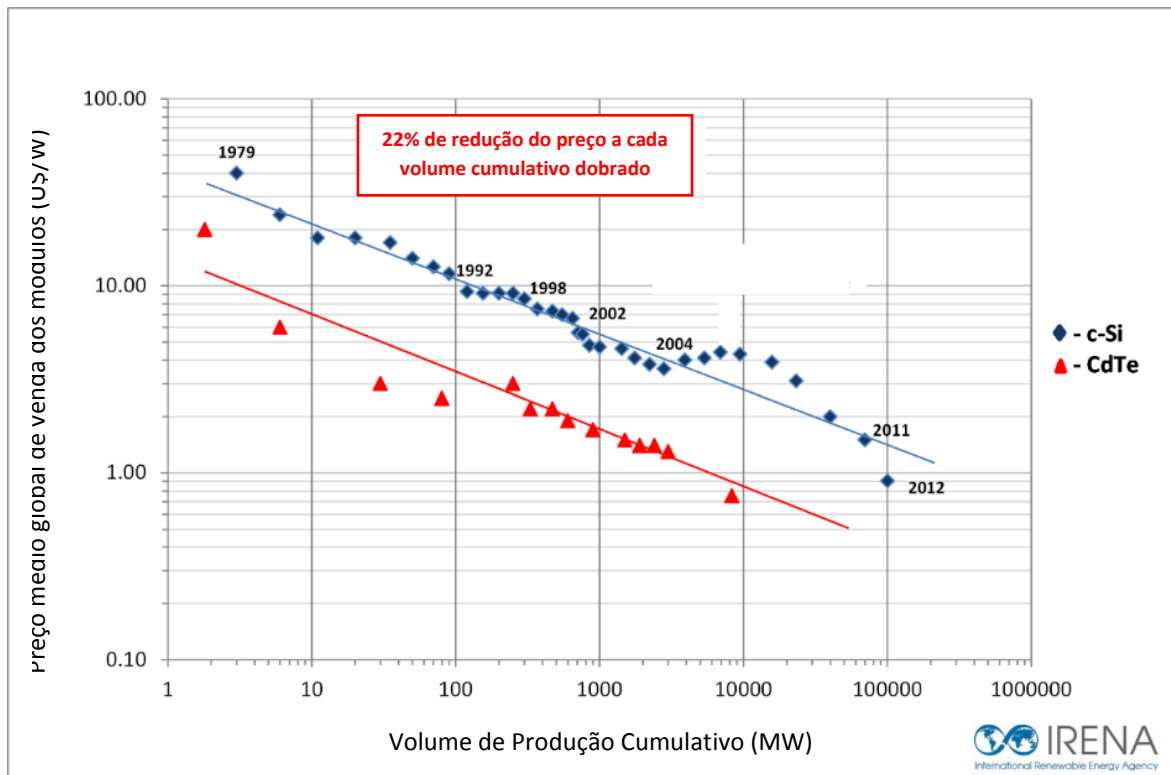
Fonte: Faiad (2015)

O local a ser instalado o sistema influencia o aspecto de custo da eletricidade fotovoltaica, uma vez que locais com menor incidência de radiação solar requerem sistemas maiores e lugares mais distantes requerem um cabeamento mais longo para conectar a energia produzida à rede. O tipo de tecnologia utilizada e a complexidade também influenciam o preço do sistema, já que existem diferentes tipos de materiais para os painéis, assim como diferentes fornecedores de equipamentos com preços variados, dependendo de sua qualidade e vida útil. Da mesma forma, instalações em telhados terão preços inferiores a instalações em solo, devido ao aumento de material e de análises especializadas para a instalação. Desta forma, cada consumidor apresenta uma realidade única que precisa ser analisada individualmente, em projetos específicos.

A indústria focada em equipamentos fotovoltaicos é recente e existem ganhos de escala e eficiência para serem conquistados ao longo dos próximos anos. Esta afirmação pode ser evidenciada pela curva de aprendizado dos módulos fotovoltaicos (Figura 8), onde as abscissas correspondem aos volumes acumulados de produção em MW e as ordenadas, em escala logarítmica, representam o preço médio mundial de venda dos módulos fotovoltaicos.

A curva azul corresponde aos módulos produzidos a partir de Silício Cristalino (c-Si), a mais tradicional das tecnologias fotovoltaicas e a que ainda hoje apresenta maior escala de produção a nível comercial. A curva vermelha exibe a tecnologia do Telureto de Cádmio (CdTe), O mais recente competidor do c-Si no mercado fotovoltaico para geração de potência (IRENA, 2017).

Figura 8: Curva de aprendizado dos módulos fotovoltaicos



Fonte: Irena(2017).

A curva de aprendizado deste segmento envolve o processo de manufatura da matéria prima até a fabricação dos componentes, além da necessidade de capacitar a mão de obra com formação qualificada para atender a demanda de toda cadeia produtiva, que envolve alta tecnologia e pesquisa. É preciso reverter o quadro atual, onde há grande dependência da tecnologia internacional (MARTINS, 2015). Para obter ganho de escala, é necessária a combinação de inovação tecnológica, pesquisas na área e melhoria na aprendizagem, que reduzem significativamente os custos (SAMPAIO, 2017).

A grande variação do preço dos sistemas fotovoltaicos entre os fornecedores é relacionada à qualidade dos componentes utilizados, o tamanho da empresa e a complexidade da instalação. Considerando o país como um todo, os preços estão reduzindo constantemente.

Em pesquisa realizada a respeito dos valores praticados pelo mercado de energia solar fotovoltaica, simulando o atendimento de uma residência de 3 a 4 pessoas, com consumo de 250 kWh mensal, verificou-se que seria necessário um sistema de 2 kWp (quilowatt-pico) para suprir sua demanda. No momento da pesquisa em março de 2016, o sistema teria um custo de R\$ 19.000 a R\$ 24.000. O mesmo sistema em março de 2019 tem um custo de R\$14.000 a R\$17.000, o que corresponde a um decréscimo de 26% a 29% no preço do sistema fotovoltaico em um período de dois anos (PORTAL SOLAR, 2018).

O grande desafio para a aquisição do sistema trata-se do investimento inicial, já que o valor economizado referente à fatura de energia efetivamente é maior que o custo de sua instalação depois de alguns anos. No entanto, a maioria das empresas responsáveis pela venda dos sistemas oferece as opções já mencionadas anteriormente para contornar essa necessidade, como financiamentos atrativos, consórcios, modelos de *leasing*, entre outros.

Analisar a viabilidade econômica da implementação de um projeto de geração de energia elétrica fotovoltaica é primordial para a tomada de decisão e sua aquisição. Para este fim, são utilizados diversos métodos econômicos. Dentre estes, destacam-se o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR) e o Tempo de Retorno do capital (TR) ou “*Payback*”.

O VPL é um índice que desloca as entradas e saídas de capital para a data inicial do investimento, descontando a taxa de juros. Ou seja, consiste na diferença entre o Valor Presente dos fluxos futuros de caixa, considerando os juros, e o Investimento inicial. Logo, o critério de decisão para um projeto fotovoltaico consiste em analisar, considerando a vida útil do equipamento: se o VPL for maior ou igual a zero, significa que é viável executar o projeto, pois este remunera o capital investido. Quando o VPL é menor que zero, rejeita-se o projeto (ROSS et al., 2007).

A TIR é a taxa necessária para igualar o valor atual das entradas ao investimento inicial. Portanto, TIR é a taxa que faz com que o VPL de um projeto seja igual a zero, representando o ponto de reversão da decisão de investir. Logo, o critério de decisão para um projeto fotovoltaico consiste em comparar a TIR com a Taxa Mínima de Atratividade- TMA: caso a TIR seja maior que a TMA, significa que o projeto é economicamente atrativo. Se for igual, o investimento encontra-se em uma situação de indiferença e por fim, caso seja menor, significa que o investimento não é economicamente justificável (ALVES, 2016).

Segundo Gitman (2007), o método do Tempo de Retorno-TR, ou “*Payback*”, determina o tempo necessário para recuperar o capital investido, considerando a mudança de

valor do dinheiro no tempo, fornecendo indicativo do risco do investimento. Ou seja, quanto maior for o TR, mais tempo será necessário para recuperar o capital investido.

Entretanto, para a tomada de decisão sobre a viabilidade de um sistema fotovoltaico, as análises precisam abranger além das variáveis financeiras. É necessário considerar a consciência ecológica desta escolha, por investir em uma fonte energética limpa, a independência das concessionárias que possibilita evitar as tarifas e bandeiras da energia elétrica, além do impacto educacional e socioeconômico causado em grande escala a partir da consolidação desta fonte energética como alternativa ao sistema brasileiro de geração.

A perspectiva favorável para o uso da energia solar fotovoltaica não significa que inexistam obstáculos a serem superados para, pelo menos, alcançar-se o mesmo estágio do uso da radiação solar como fonte de aquecimento. De início, é necessário que as políticas públicas em curso continuem a produzir os efeitos almejados. Isso requer tempo, a fim de desenvolver essa fonte de energia e, sobretudo, amadurecer o mercado interno de bens de capital para a energia solar.

3. METODOLOGIA

A metodologia do presente trabalho está definida em etapas, a fim de cumprir todos os objetivos específicos expostos anteriormente. Com o objetivo de identificar a pré-disposição da população em adquirir um sistema, foi aplicado um questionário ao público alvo. Com essa informação em mãos, a evolução do mercado local será comparada a outras cidades do Sul de Minas Gerais, através de indicadores socioeconômicos, e por fim medidas de incentivo serão propostas para o crescimento do mercado de sistemas fotovoltaicos em municípios de pequeno e médio porte.

3.1 Aplicação de Questionário com Escala de Likert

A observação direta extensiva consiste no levantamento de todos os dados possíveis sobre o assunto a ser pesquisado no próprio local onde os fenômenos ocorrem, por meio de questionário ou entrevista (GIL, 2008). No presente estudo, um questionário será desenvolvido e enviado por meio de redes sociais e canais de comunicação à população de Itajubá.

De acordo com Gil (2008), pode-se definir questionário como o conjunto de questões que são submetidas a pessoas com o propósito de obter informações sobre conhecimentos, crenças, sentimentos, valores, interesses, expectativas, aspirações, temores e comportamento em questões específicas. A sua elaboração consiste basicamente em traduzir os objetivos específicos da pesquisa em itens bem redigidos.

Sendo assim, a construção de um questionário precisa ser compreendida como um procedimento técnico cuja elaboração requer uma série de cuidados, tais como: constatação de sua eficácia para verificação dos objetivos; determinação da forma e do conteúdo das questões; quantidade e ordenação das questões; construção das alternativas; apresentação do questionário e pré-teste do questionário.

3.1.1 Escala de Likert

De acordo com Goode e Hatt, (1969), Escalas Sociais são instrumentos construídos com o objetivo de medir a intensidade das opiniões e atitudes da maneira mais objetiva e

mensurável possível. Consistem basicamente em solicitar ao indivíduo pesquisado que assinale os itens que melhor correspondem à sua percepção acerca do fato pesquisado. Isto implica transformar fatos que habitualmente são vistos como qualitativos em fatos quantitativos. Daí decorrem várias dificuldades de interpretação dos dados, contornados com correções através de ferramentas de probabilidade e estatística

No presente estudo, a intenção é verificar a pré-disposição para a compra e a real motivação envolvida no processo de decisão ao adquirir o sistema fotovoltaico. O questionário foi composto por questões fechadas, relacionadas ao comportamento e padrões de ação dos entrevistados. Foi realizado pré-teste em uma população reduzida, a fim de evidenciar possíveis falhas existentes, como inconsistência ou complexidade das questões; ambiguidade ou linguagem inacessível; entre outras. Verificadas as falhas, reformulou-se o questionário, para sua efetiva aplicação, garantindo fidedignidade, validade e operabilidade.

O questionário foi formulado com base na Escala Likert, que mensura atitudes com base em uma escala de intervalos. A construção da escala segue os seguintes passos:

a) Recolhe-se um grande número de enunciados que manifestam opinião ou atitude acerca do problema a ser estudado.

b) Pede-se ao público alvo que manifeste sua concordância ou discordância em relação a cada um dos enunciados, segundo a graduação: concorda muito (1), concorda um pouco (2), indeciso (3), discorda um pouco (4), discorda muito (5).

c) Procede-se à avaliação dos itens, de modo que uma resposta que indica a atitude mais favorável recebe o valor mais alto e a menos favorável o mais baixo.

d) Calcula-se o resultado total de cada indivíduo pela soma dos itens.

e) Analisam-se as respostas para verificar quais os itens que discriminam mais claramente entre os que obtêm resultados elevados e os que obtêm resultados baixos na escala total. Para tanto, são utilizados testes de correlação. Os itens que não apresentam forte correlação com o resultado total, ou que não provocam respostas diferentes dos que apresentam resultados altos e baixos no resultado total, são eliminados para garantir a coerência interna da escala (LIKERT, 1976).

Em posse dos resultados dos questionários, verificou-se a consistência e a integridade das respostas, assim como a análise de questionários incoerentes ou incompletos, assegurando que não houvesse nenhuma parcialidade sistemática. Então foi possível interpretar os resultados para a realidade da cidade de Itajubá.

3.1.2 Amostragem

De modo geral, as pesquisas sociais abrangem um universo de elementos tão grande que se torna impossível considerá-los em sua totalidade. Por essa razão, nas pesquisas sociais é muito frequente trabalhar com uma amostra, ou seja, com uma pequena parte representativa dos elementos que compõem o universo que se pretende estudar. Para tanto, é necessário observar os procedimentos definidos pela Teoria da Amostragem.

As amostragens aplicadas a pesquisas sociais, rigorosamente científicas e baseadas nas leis e princípios fundamentais da amostragem, são chamadas probabilísticas, e existem em diversos tipos. A Amostragem Aleatória Simples é uma delas, também chamada simples ao acaso, aleatória, casual, simples, elementar ou randômica. É equivalente a um sorteio lotérico, na qual todos os elementos da população têm igual probabilidade de pertencer à amostra, e todas as amostras têm também igual probabilidade de ocorrer (CERVO e BERVIAN, 2002). No presente estudo de caso, a população alvo foram os habitantes da cidade de Itajubá, onde o questionário será aplicado de forma imparcial e representativa (CARMO, 2013).

Para determinar o tamanho da amostra a ser aplicado o questionário, foi necessário definir seu tamanho mínimo necessário, especificando-se o grau de confiança desejado. Para que a pesquisa tenha credibilidade, foi indispensável a realização de procedimentos estatísticos, tornando-se possível basear-se em uma margem de erro determinada. Segundo Barbetta (1998), o número aproximado da amostra relacionado ao erro tolerável é dado pela Equação 1:

$$n^o = \frac{1}{E^2} \quad (1)$$

Onde:

n^o representa uma primeira aproximação para o tamanho da amostra e

E é o erro amostral, ou incerteza, tolerável para a pesquisa.

Com o cálculo do valor aproximado, segue-se para o cálculo de definição do tamanho mínimo da amostra através da Equação 2, dada por:

$$n = \frac{N * n^o}{N + n^o} \quad (2)$$

Onde:

n representa o tamanho mínimo da amostra,

N é o tamanho da população e

n^o representa a primeira aproximação para o tamanho da amostra, calculado na Equação 1. anteriormente.

Neste estudo, foi considerado um erro tolerável de 10%, e a população foi o total de habitantes do município de Itajubá.

3.2 Comparação do Mercado Fotovoltaico com Municípios Vizinhos

Após a análise do comportamento da população do município em relação à aquisição do sistema fotovoltaico, foi realizado um estudo comparativo em relação a outras cidades da região. Sendo consideradas as cidades vizinhas entre 70 e 150 mil habitantes, contemplando as categorias de pequeno e médio porte, de acordo com o IBGE.

Primeiramente foi estabelecida a comparação entre o crescimento do mercado de sistemas fotovoltaicos do município em relação à outras cidades da região. Isso foi possível acessando o banco de dados da ANEEL, que mantém informações atualizadas a respeito das instalações de geração distribuída no país. Estes dados foram expostos em gráficos para melhor visualização do comportamento do crescimento da energia solar entre as cidades. Adicionalmente será elaborado um indicador socioeconômico em comum a fim de comparar a realidade entre estes municípios. Este leva em consideração o PIB per capita de cada cidade.

Finalmente em posse de todos os resultados, será definido um diagnóstico a respeito da atratividade de sistemas fotovoltaicos em Itajubá, e são estudadas políticas públicas relacionadas à energia renovável e sistemas de distribuição, elaborando-se uma proposta de medidas de incentivo para que mais famílias tenham acesso à tecnologia de geração distribuída e possam implementá-la em suas residências.

4. ESTUDO DE CASO: MUNICÍPIO DE ITAJUBÁ

O município de Itajubá está localizado no Sul de Minas Gerais. De acordo com o último censo realizado pelo IBGE em 2017, a cidade possui 97 mil habitantes e um número de domicílios particulares permanentes de 27.909. O índice de desenvolvimento humano municipal (IDHM, 2010) encontrado foi de 0,787.

4.1 Condição Socioeconômica da População

A realidade econômica dos domicílios, segundo a pesquisa, é um rendimento nominal médio mensal de R\$3.222,49 na área urbana. Na Tabela 1 pode-se observar o número de residências enquadradas em cada situação de rendimento mensal, separadas por faixas salariais:

Tabela 1: Número de domicílios itajubenses enquadrados por faixas salariais.

RENDIMENTO MENSAL DOMICILIAR	NÚMERO DOMICÍLIOS	%
Até 1/2 salário mínimo	249	0,9
1/2 a 1 salário mínimo	1.951	7,0
1 a 2 salários mínimos	4.954	17,8
2 a 5 salários mínimos	11.165	40,0
5 a 10 salários mínimos	5.704	20,4
10 a 20 salários mínimos	2.369	8,5
Mais de 20 salários mínimos	957	3,4
Sem rendimento	560	2,0

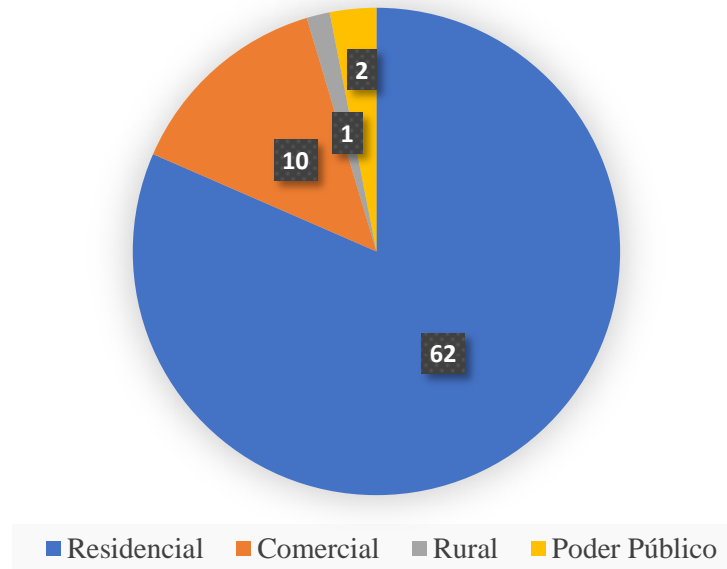
Fonte: IBGE (2010)

4.2 Instalação de Sistemas Fotovoltaicos

A cidade de Itajubá possui até o presente momento, setenta e cinco unidades consumidoras com geração distribuída utilizando energia solar fotovoltaica, que equivalem a

493,47 kW de potência instalada. A Figura 9 evidencia as classes em que estas unidades estão inseridas.

Figura 9: Quantidade de sistema FV por Classes nas quais as unidades instaladas em Itajubá estão inseridas.

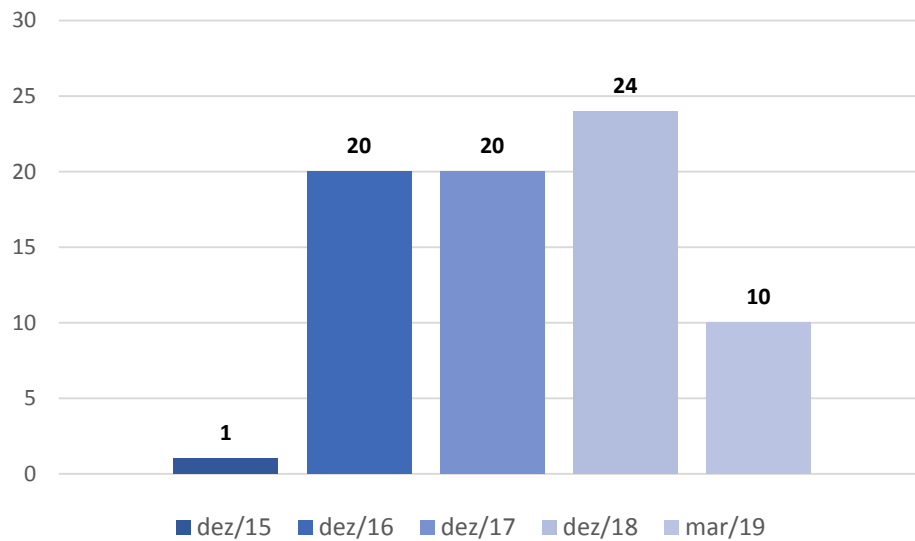


Fonte: ANEEL (2019)

Do total de instalações, 85% são para consumo da energia gerada na própria unidade. Apenas dez se enquadram na modalidade de autoconsumo remoto, quando os créditos gerados são utilizados para abater o consumo de outros imóveis que pertençam ao mesmo proprietário.

Em relação à data das instalações, a Figura 10 mostra a quantidade de conexões realizadas em Itajubá a cada ano, desde 2015. Pode-se perceber que no presente momento, março de 2019, já foi atingido a metade do número de instalações do ano anterior, um indicador que sugere que os números passados serão superados.

Figura 10: Histórico de instalações fotovoltaicas na cidade de Itajubá.



Fonte: ANEEL (2019)

Sobre a característica destas instalações, sessenta e cinco (86%) possuem potência instalada de até 6 kWp, evidenciando uma prevalência de sistemas residenciais pequenos neste primeiro momento de inserção da tecnologia no município.

Além desta maioria, há um sistema residencial de 10 kWp e quatro comerciais de 14 kWp, encerrando as unidades em baixa tensão de distribuição. Enquadrados como unidades conectadas à rede em alta tensão, existem cinco instalações, sendo duas de 15 kWp pertencentes ao Laboratório Nacional de Astrofísica, uma de 28,5 kWp instalada na Universidade Federal de Itajubá, outra propriedade da empresa Professores do Sul de Minas LTDA de 60 kWp e por fim, a maior instalação da cidade em potência instalada, com 125 kWp. Esta corresponde ao primeiro cinema sustentável do país, que gera toda sua demanda de energia a partir do sistema fotovoltaico, instalado em dezembro de 2018.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e interpretações do presente trabalho serão definidos em etapas, a fim de cumprir todos os objetivos específicos expostos anteriormente. Será evidenciada primeiramente a definição da amostra, a elaboração e aplicação detalhada do questionário. Será explorado em seguida o mercado potencial de sistemas fotovoltaicos no município, a evolução do mercado local comparada a outras cidades do sul de Minas Gerais, e por fim serão propostas medidas de incentivo para o crescimento do mercado de sistemas fotovoltaicos em municípios de pequeno e médio porte.

5.1 Aplicação de Questionário com Escala de Likert

O Questionário aplicado foi construído com questões fechadas, seguindo o modelo da Escala Likert. Um pré-teste foi realizado com voluntários próximos, onde as questões semelhantes foram unificadas e perguntas inconsistentes que causavam dúvidas foram elaboradas novamente. Um link do Google Drive foi enviado com o questionário online, através de redes sociais direcionadas à população alvo.

5.1.1 Amostragem

Como definido anteriormente na Metodologia, o tamanho da amostra necessário para validar a pesquisa foi definida através das equações de Barbetta (1998), utilizando 10% como erro tolerável. O número aproximado da amostra relacionado ao erro tolerável, ou incerteza, é dado pela Equação 1:

$$n^o = \frac{1}{E^2} = \frac{1}{(0,1)^2} = 100 \quad (1)$$

Logo, a primeira aproximação para o tamanho da amostra seria de 100 pessoas. Com o cálculo do valor aproximado, segue-se para o cálculo de definição do tamanho mínimo da amostra através da Equação 2, onde N representa o número de habitantes de Itajubá:

$$n = \frac{N * n^o}{N + n^o} = \frac{97000 * 100}{97000 + 100} = 99,897 \quad (2)$$

Portanto, verifica-se que o número mínimo necessário para que a amostra seja representativa seria de 100 pessoas. Na pesquisa foram recebidas 126 respostas, o que valida a pesquisa e reduz sua incerteza para $E = 8,9\%$.

5.1.2 Questionário

De acordo com Korcaj (2014), que elaborou um estudo semelhante na Alemanha, devido aos altos custos, esforço envolvido e incertezas a respeito da tecnologia, a compra de um sistema fotovoltaico pode ser considerada um comportamento complexo para uma pessoa. Desta forma, elaborar categorias baseadas em teorias de modelos psicológicos já comprovados, possibilita a percepção comportamental envolvida em uma tomada de decisão de compra, objetivo deste estudo. Foram definidas então cinco categorias principais onde as questões estão inseridas: intenção de compra, realidade pessoal, meio ambiente e sociedade, financeira e percepções pessoais, como mostrado no Apêndice I, ao final deste trabalho.

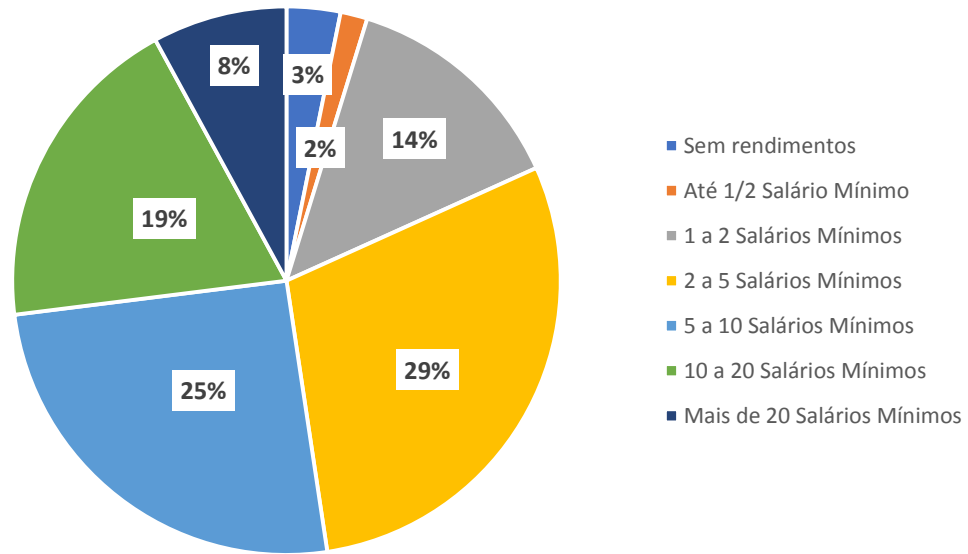
Uma planilha foi criada no Excel com todas as respostas coletadas. O resultado total de cada indivíduo foi calculado pela soma dos itens. Os itens que discriminam mais claramente entre os que obtêm resultados elevados e os que obtêm resultados baixos na escala total foram analisados e serão apresentados a seguir.

Os itens que não apresentaram forte correlação com o resultado total, ou que não provocaram respostas diferentes dos que apresentam resultados altos e baixos no resultado total, foram eliminados para garantir a coerência interna da escala (LIKERT, 1976).

O início do questionário, anteriormente às perguntas, buscou identificar o perfil do entrevistado em relação à sua condição social e noções básicas sobre os sistemas fotovoltaicos. Do total de 126 entrevistados, apenas 6 possuem um sistema fotovoltaico já instalado, o que representa pouco mais de 4% da amostra. Questionados se sabem do que se tratam e seu funcionamento, 82% afirma possuir conhecimento e 18% afirma não saber.

Foi evidenciado que mais de 72% dos entrevistados possui imóvel próprio, dos quais 52% possuem uma casa e 48% um apartamento. Do total de entrevistados, 64% moram em uma casa. Um fator positivo é a boa representatividade de diferentes condições financeiras evidenciada na pesquisa, como mostra a Figura 11:

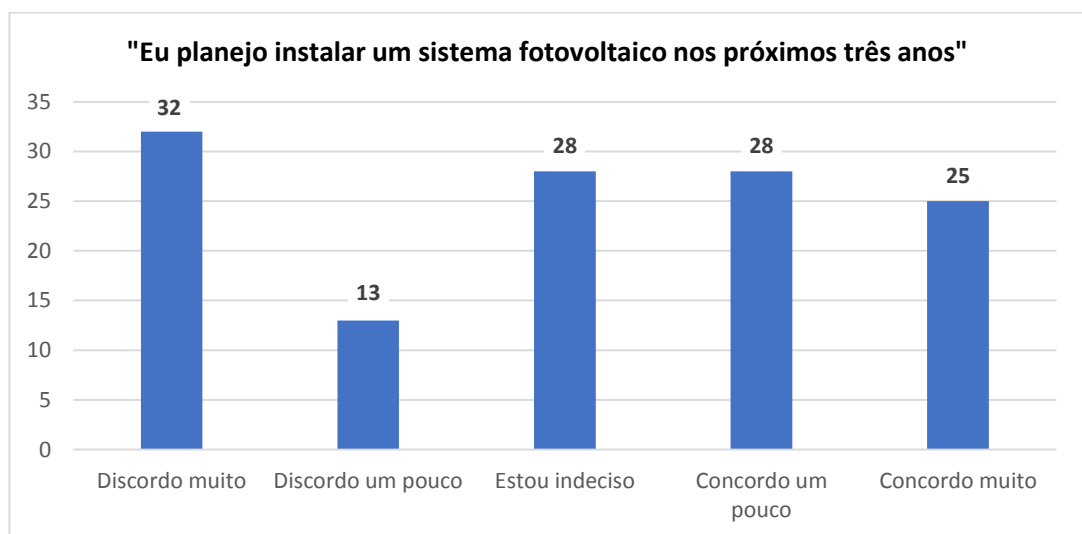
Figura 11: Renda Mensal Familiar dos entrevistados.



Fonte: Próprio Autor

Em relação à primeira categoria e principal interesse deste estudo, “Intenção de Compra”, três afirmações constam no questionário, como será visto a seguir. A primeira delas, representada pela Figuras 12, diz respeito à intenção de instalar um sistema nos próximos três anos:

Figura 12: Resultado sobre Intenção de Compra.

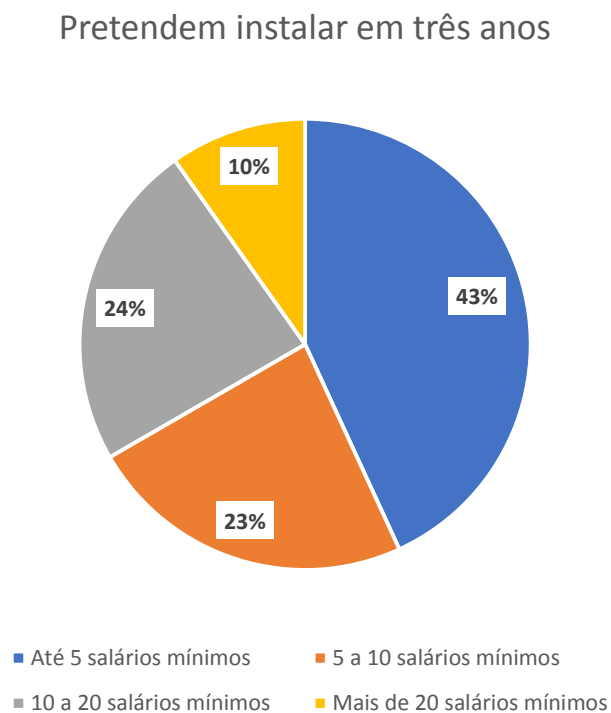


Fonte: Próprio Autor

Quando se trata do planejamento em instalar um sistema nos próximos três anos, as respostas foram homogêneas. A maioria das pessoas optou por discordar muito. Porém, aqueles que discordam de forma geral da afirmação somam 36% dos entrevistados, aqueles que concordam de forma geral somam 42% e indecisos 22%. Pelos resultados, evidencia-se que 64% das pessoas estão pelo menos considerando a possibilidade de compra. Este resultado evidencia uma transição importante no padrão de pensamento da população de uma forma geral, de quando os sistemas fotovoltaicos se tratavam de uma tecnologia distante e desconhecida para algo possível, viável e como boa alternativa ao alcance de suas realidades.

Ainda analisando a intenção de compra dos entrevistados é possível comparar as Figuras 13 e 14, que setorizam a realidade financeira daqueles que concordam ou discordam da afirmação sobre pretender instalar um sistema nos próximos três anos.

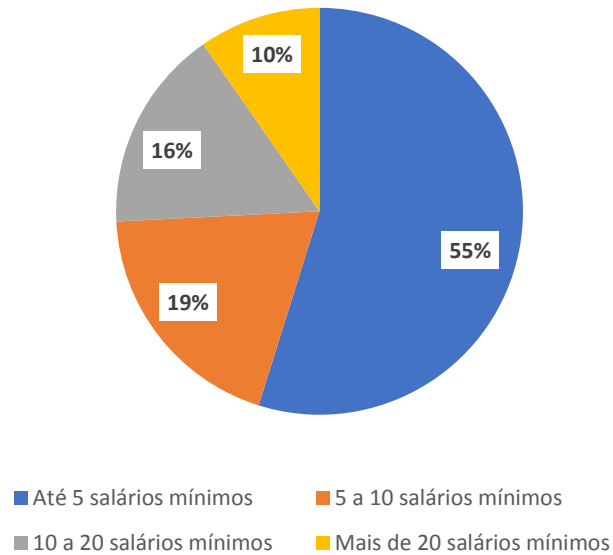
Figura 13: Realidade Financeira dos Indivíduos que pretendem instalar o sistema.



Fonte: Próprio Autor

Figura 14: Realidade Financeira dos Indivíduos que não pretendem instalar o sistema.

Não pretendem instalar em três anos

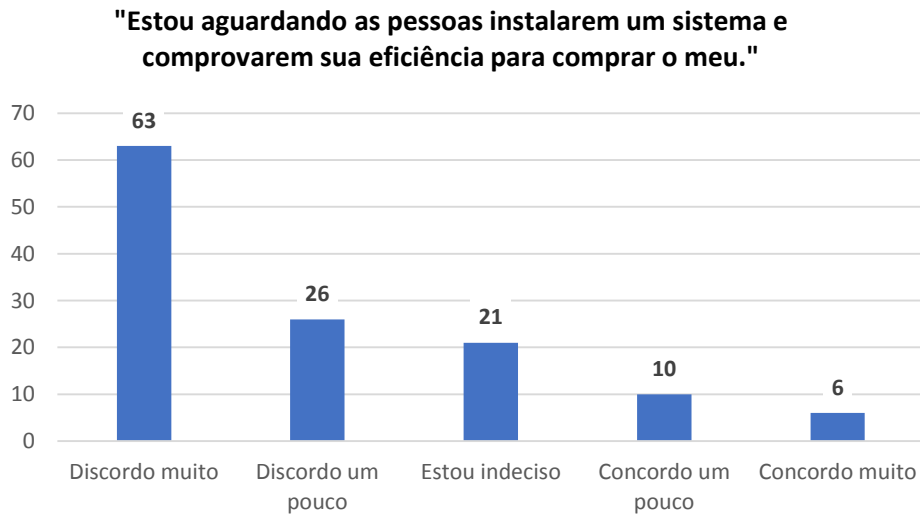


Fonte: Próprio Autor

Nota-se através da comparação entre os dois últimos gráficos, que o poder aquisitivo entre aqueles que pretendem adquirir o sistema em breve é superior ao daqueles que não possuem essa pretensão. Isto confirma a relação existente entre a realidade financeira da população e sua intenção de compra em relação aos sistemas fotovoltaicos.

Quando questionados sobre estarem aguardando resultados de outros indivíduos que já tenham instalado o sistema, 70% da amostra discorda da afirmação, como mostrado pela Figura 15. Pode-se supor que já acreditam na credibilidade e eficiência do sistema, e este não seria o fator principal para a indecisão da compra.

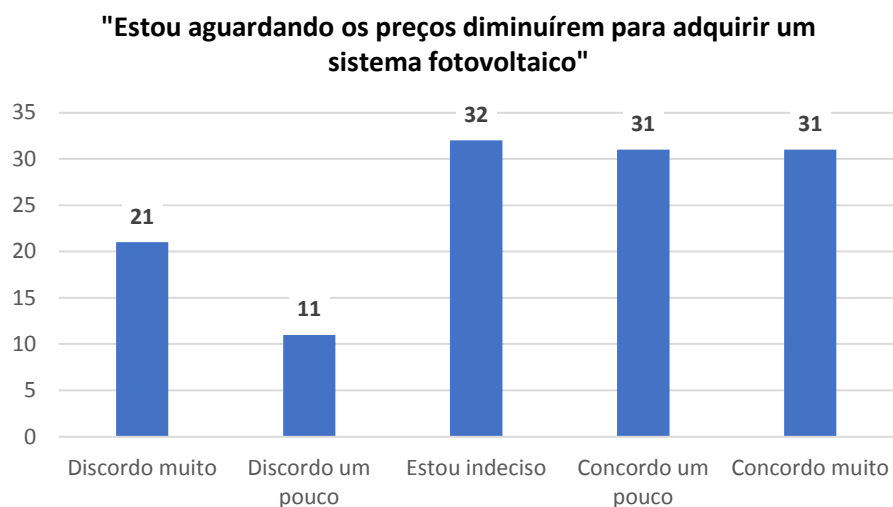
Figura 15: Respostas sobre a espera de resultados antes da decisão de compra.



Fonte: Próprio Autor

Fator principal de argumentação sobre o assunto, o preço representa um ponto relevante. Quando questionados sobre aguardarem uma queda nos valores, as respostas são representativas. 75% dos entrevistados consideram essa possibilidade, o que evidencia um comportamento de espera para a tomada de decisão da compra. Deve-se a este fator a queda abrupta de preço que os sistemas fotovoltaicos já tiveram em poucos anos, o que reflete na expectativa da população de que os valores sigam baixando, e consequentemente adiem a aquisição do sistema. As respostas sobre esta questão podem ser observadas na Figura 16:

Figura 16: Respostas sobre a expectativa de queda dos preços antes da aquisição do sistema.



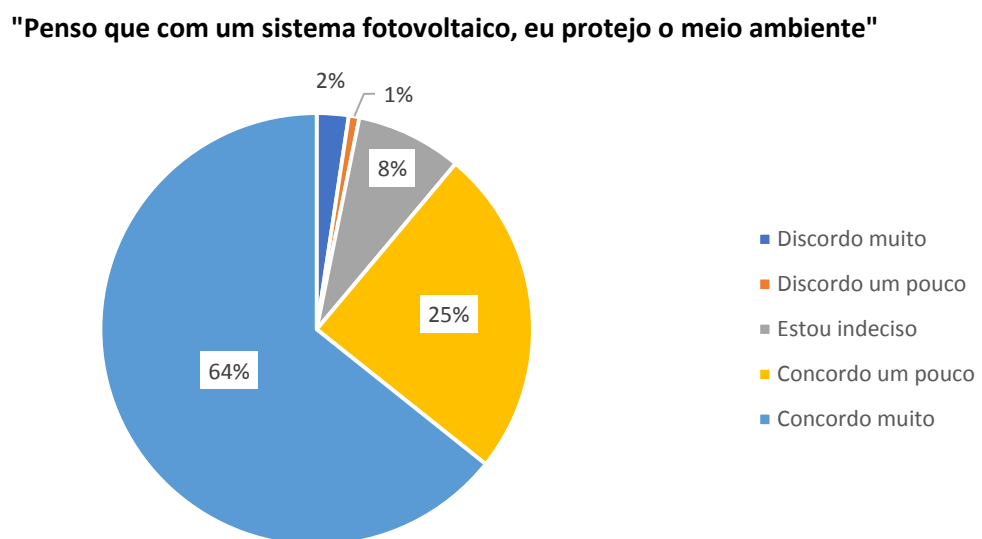
Fonte: Próprio Autor

A segunda categoria abordada no questionário é “Realidade Pessoal”. Questionados sobre ser possível financiar um sistema fotovoltaico, excluindo 27 pessoas indecisas, metade considera possível e a outra metade discorda. É possível observar que, entre os que afirmam que não podem assumir o financiamento, 70% possuem renda familiar até 5 salários mínimos. E daqueles que afirmaram concordar muito que podem financiar um sistema, 73% possui renda familiar de seis a mais de vinte salários mínimos mensais.

Considerando os entrevistados que não possuem um imóvel próprio, questionou-se se esta seria a razão para não adquirir o sistema. Mais de 69% afirmou que sim, enquanto 14% estão em dúvida. Isso evidencia a preocupação do cliente em adquirir um produto que será instalado em um imóvel que não lhe pertence, consciente do fato de que, mesmo que exista a possibilidade de retirar o sistema e instalar em outro local por ocasião de mudança, existirão gastos no processo.

Partindo para a terceira categoria, “Meio Ambiente e Sociedade”, nas análises relativas ao meio ambiente há unanimidade. Pelo menos 89% dos entrevistados concorda estar colaborando com a preservação da natureza ao escolher gerar sua própria energia a partir do sol. Quando se trata de convívio social, 57% afirmam que a aquisição do sistema seria bem vista aos olhos da comunidade, porém 30% dos entrevistados afirma ter dúvidas em relação a isto, como mostram as Figuras 17 e 18:

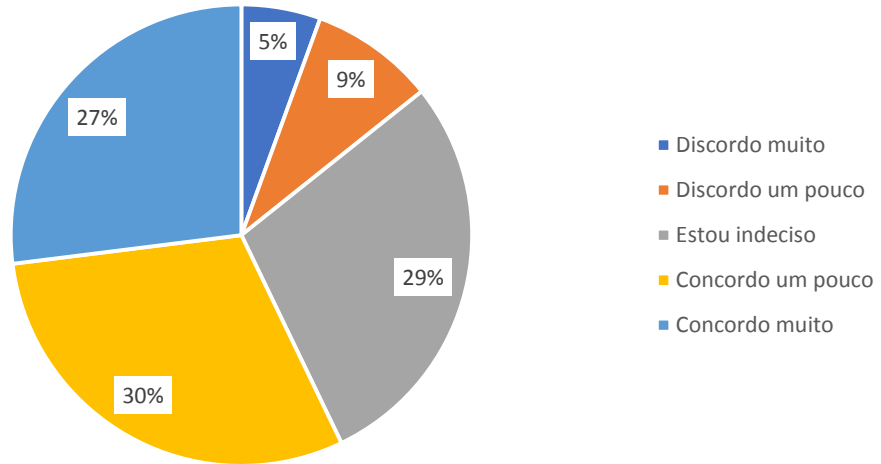
Figura 17: Respostas sobre a preservação do meio ambiente.



Fonte: Próprio Autor

Figura 18: Respostas sobre a imagem perante a sociedade.

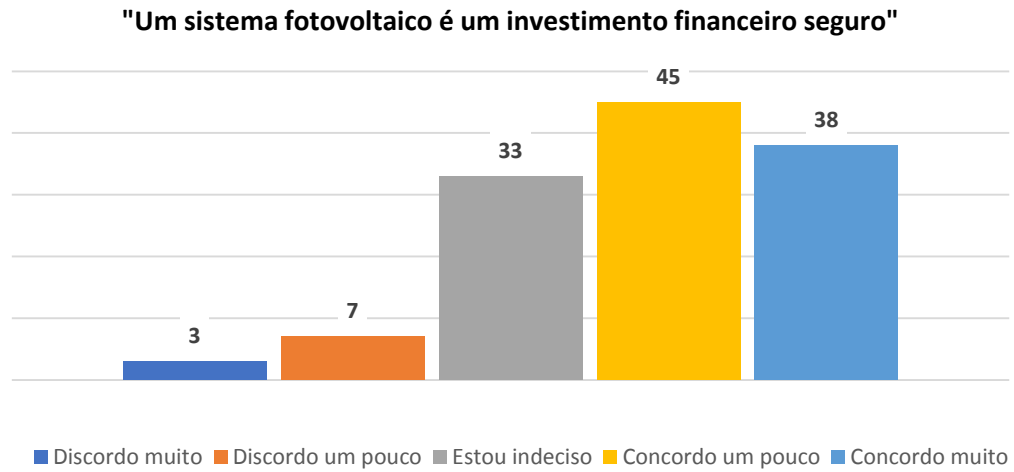
"Um sistema fotovoltaico seria bem visto em minha cidade"



Fonte: Próprio Autor

A quarta categoria do questionário, aborda o aspecto “Financeiro”. Diferente do início da inserção desta tecnologia, quando muitos consideravam o sistema fotovoltaico como um alto investimento sem muitas garantias, pode-se perceber que a maioria da população já acredita que este seja um investimento financeiro seguro, 66% do total de entrevistados, se considerarmos os que concordam um pouco e muito. É preciso notar, no entanto, que o índice de indecisos de 26% ainda é representativo. Pode-se notar, como evidenciado na Figura 19, que existe uma falta de conhecimento ou falta de informação disseminada no que tange o retorno financeiro desta tecnologia, que já este é factível e calculável.

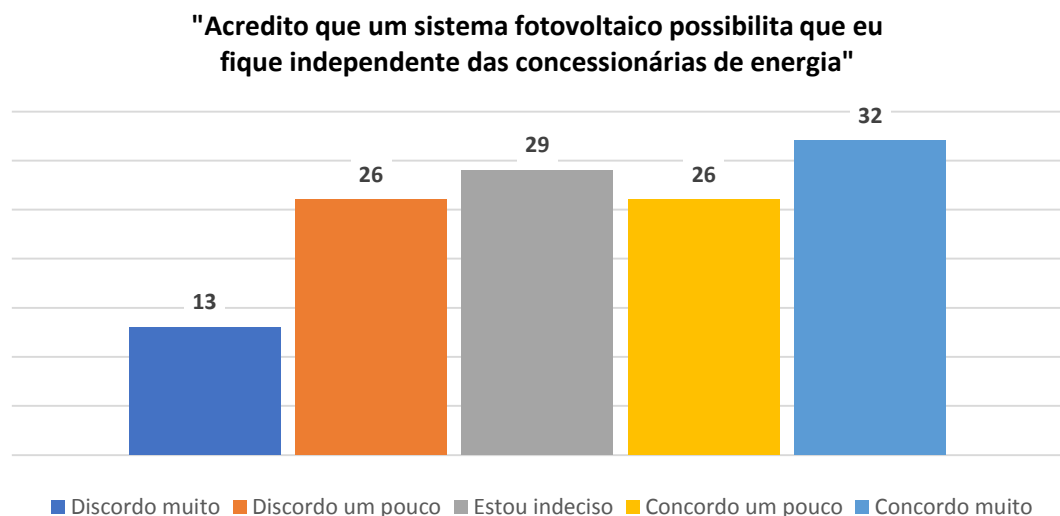
Figura 19: Respostas sobre a segurança do investimento financeiro.



Fonte: Próprio Autor

Quando questionados sobre acreditarem que com a aquisição do sistema fotovoltaico ficarão livres das concessionárias de energia, os resultados são homogêneos. Os que concordam muito e um pouco somam 46% e os que discordam muito ou pouco, 31%. Aqueles que tem dúvidas representam 23%. Pode-se notar pela Figura 20 que existe uma falta de informação a respeito da liberdade em não estar sujeito a variações tarifárias e de bandeiras das concessionárias, ou o sentimento de dependência ainda exista pelo fato de estarem conectados à rede e sujeitos a falta de luz, ou por pagarem a taxa mínima relativa ao uso da rede mensalmente.

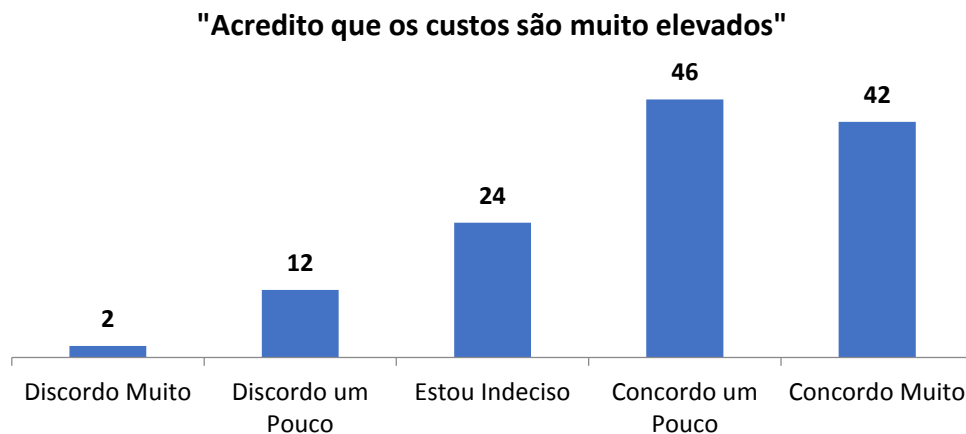
Figura 20: Respostas sobre a independência das concessionárias de energia.



Fonte: Próprio Autor

A última categoria do questionário, “Custos Percebidos”, exhibe questões diretas sobre a opinião do indivíduo a respeito da aquisição do sistema fotovoltaico. Em relação à percepção do preço, existe uma grande maioria de 70% que concorda que os custos são muito elevados. Apenas 11% discordam da afirmação, e 19% estão indecisos, como mostra a Figura 21. Questionados, porém, sobre preferirem investir o dinheiro de outra forma a adquirir um sistema fotovoltaico, 45% dos entrevistados negou, 33% ficaram indecisos e 22% confirmaram.

Figura 21: Respostas sobre a percepção dos custos em adquirir o sistema.

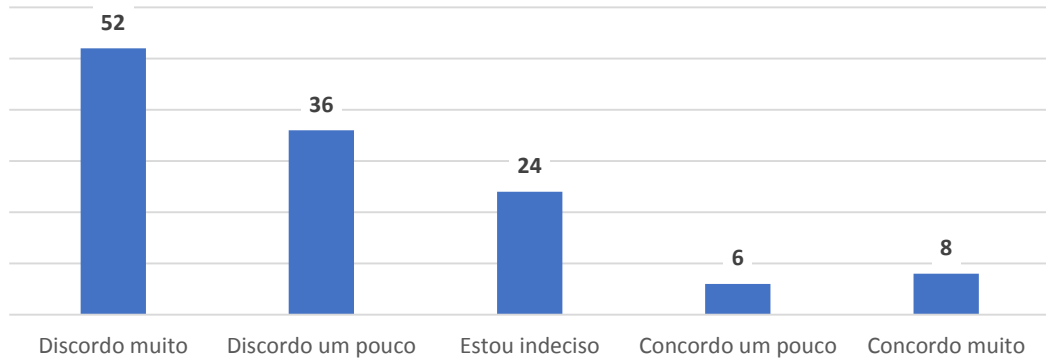


Fonte: Próprio Autor

É interessante notar que, embora considerem o preço elevado num contexto geral, a maioria da população (54%) não apresentou dúvidas sobre sua eficiência e garantia, como pode ser visto na Figura 22. O aumento do número de sistemas instalados com eficiência comprovada e a disseminação de informação sobre seu funcionamento podem explicar a tendência de que a tecnologia fotovoltaica seja considerada realmente confiável. Com o tempo, isso causará a diminuição da quantidade ainda expressiva de 46% dos entrevistados indecisos e que concordaram com a afirmação. Foi possível relacionar que, do total de pessoas que afirmaram ter dúvidas sobre a eficiência do sistema, mais da metade também afirmou não possuir conhecimento suficiente sobre seu funcionamento, evidenciando a necessidade de instrução para a população.

Figura 22: Respostas sobre a eficiência e garantia dos sistemas.

"Tenho dúvidas sobre a eficiência e a garantia dos sistemas fotovoltaicos."

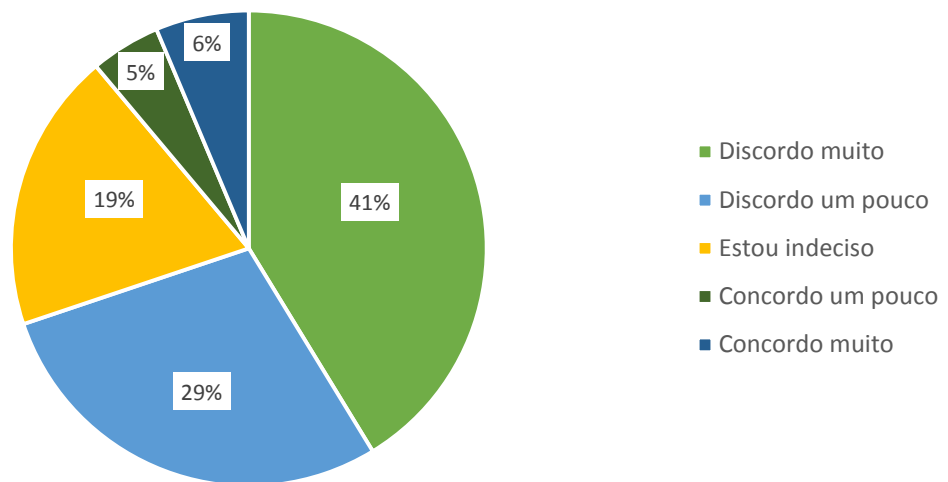


Fonte: Próprio Autor

Em relação ao total da amostra questionada, 70% afirma ter conhecimento sobre seu funcionamento, 19% estão indecisos e apenas 11% reconhecem não ter informações suficientes a respeito, como evidenciado na Figura 23:

Figura 23: Respostas sobre a compreensão dos sistemas.

"Eu não compreendo bem o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos"



Fonte: Próprio Autor

5.2 Comparação do Mercado Fotovoltaico com Municípios Vizinhos

De acordo com o IBGE, Itajubá está enquadrada como município de pequeno porte, com 97 mil habitantes (IBGE, 2017), porém está próxima de atingir o limite para médio porte (100 a 500 mil habitantes). Por esta razão, o presente trabalho levará em consideração as duas categorias para análise e comparação entre municípios da região, considerando aqueles com população entre 50 e 150 mil habitantes, já que a cidade de Itajubá se encontra no valor mediano desta faixa.

A Tabela 2 mostra a relação entre Itajubá e municípios vizinhos selecionados. Os dados apresentam a população, PIB per capita em reais (R\$) e número de sistemas fotovoltaicos instalados até janeiro de 2019 para cada cidade.

Tabela 2: Relação entre Itajubá e municípios do Sul de Minas.

Município	População	PIB per capita em R\$	Número de Sistemas Fotovoltaicos Instalados	(SFV / População) *1000
Três Pontas	57.097	R\$ 18.394,96	16	0,28
São Sebastião do Paraíso	70.533	R\$ 21.136,34	129	1,83
Três Corações	78.999	R\$ 23.491,79	61	0,77
Alfenas	79.707	R\$ 24.771,67	20	0,25
Itajubá	97.000	R\$ 28.270,24	65	0,67
Lavras	102.124	R\$ 20.855,29	53	0,52
Passos	114.458	R\$ 18.491,25	139	1,21
Varginha	134.364	R\$ 34.348,72	84	0,63
Pouso Alegre	147.137	R\$ 40.750,01	152	1,03
MÉDIA				0,80

Fonte: IBGE (2017) e ANEEL (2019).

Pode-se observar que, embora os municípios estejam organizados em ordem crescente em relação ao número de habitantes, o número de sistemas fotovoltaicos instalados não segue o mesmo padrão. Quando adicionado como análise um parâmetro SFV/População, relacionando número de sistemas fotovoltaicos instalados a cada mil habitantes em relação à população total de cada cidade, obtêm-se os dados representados na última coluna.

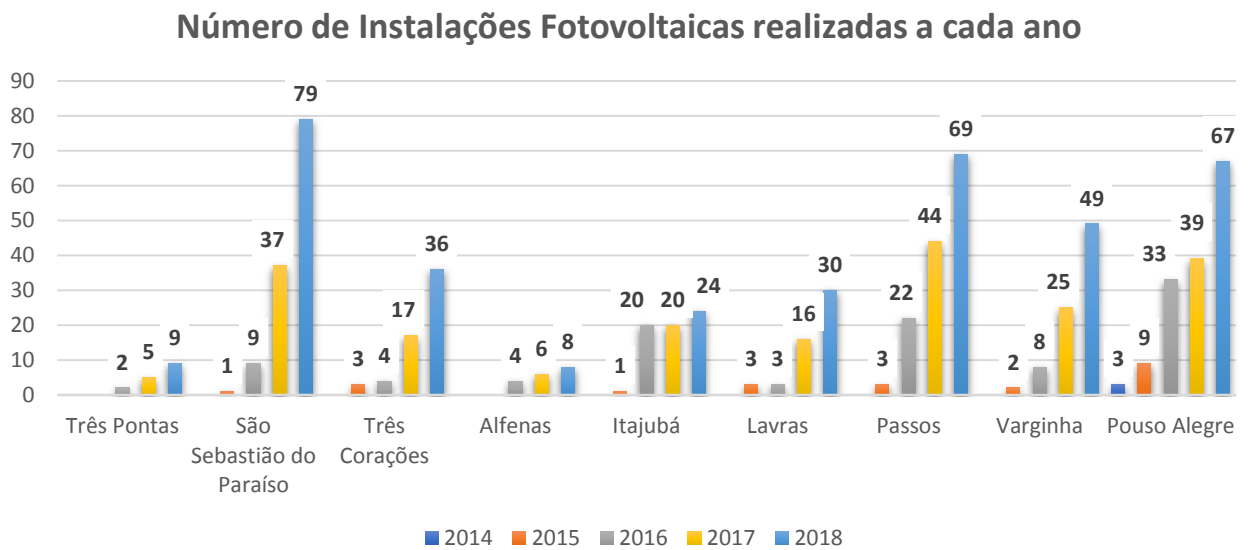
A média para as cidades analisadas é de 0,80. Nota-se que a cidade de Itajubá está abaixo da média, alguns municípios destacam-se e outros apresentam índice muito inferior.

Este fato evidencia a necessidade de análise, objetivo deste estudo, da atratividade do mercado de sistemas fotovoltaicos em cidades de pequeno e médio porte e as motivações de seus habitantes à sua adesão.

Ao analisar a Tabela 2, destaca-se positivamente a cidade de São Sebastião do Paraíso, que possui trinta mil habitantes a menos que Itajubá e renda per capita inferior, porém apresenta o dobro do número de sistemas instalados. Da mesma forma destacam-se aquém das expectativas as cidades de Varginha e Lavras que, como já comentado, possuem um número de sistemas bastante inferior se comparado às cidades com população semelhantes.

Ao compararmos o número de sistemas instalados ano a ano em cada uma das cidades, tem-se o seguinte panorama, exposto na Figura 24:

Figura 24: Número de instalações nos municípios.

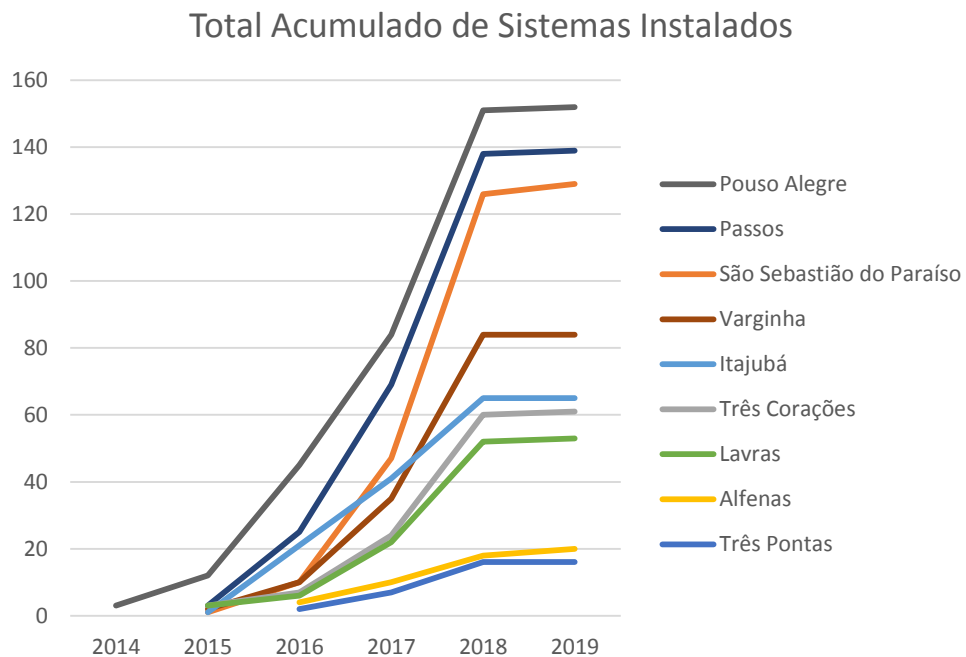


Fonte: Próprio Autor

Nota-se que houve significativo crescimento no número de instalações durante o ano de 2018, o que pode ser atribuído à maior disseminação de conteúdo sobre a forma alternativa de energia simultaneamente às quedas de preço dos sistemas, principalmente em cidades como São Sebastião do Paraíso, Passos e Pouso Alegre.

A Figura 25 exibe a análise do número acumulado de sistemas instalados em cada município ao longo do tempo:

Figura 25: Número acumulado de sistemas instalados por município.



Fonte: Próprio Autor

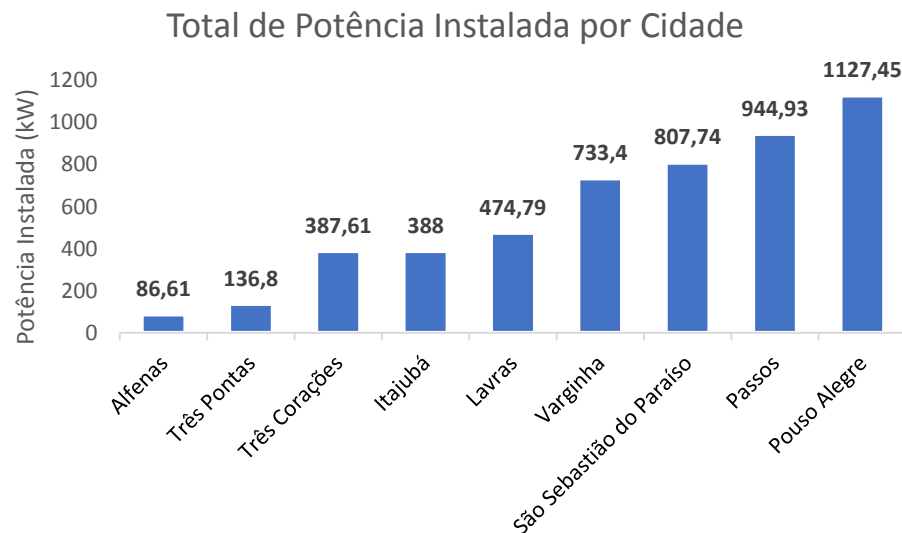
Ao analisar o valor de PIB de cada município com a capacidade financeira de seus habitantes, assume-se que as cidades com maior PIB apresentariam um número superior de sistemas instalados, possibilitando interpretar a Figura 26 através desta perspectiva.

Nota-se que no geral, as curvas de crescimento de fato acompanham o PIB. No entanto, algumas cidades se destacam, como São Sebastião do Paraíso. Embora tenha o quarto menor PIB da lista de cidades, o município se destaca em terceiro lugar com um crescimento expressivo do número de instalações, a frente inclusive de cidades como Varginha.

O município de Passos também surpreende em relação ao PIB. A cidade possui o segundo menor valor entre as cidades analisadas, porém só perde para Pouso Alegre em número de instalações. Já a cidade de Alfenas surpreende por estar aquém do número de instalações esperado se comparada a cidades com valor semelhante.

A Figura 26 exibe, ordenada de forma crescente, o valor total de potência instalada em cada município analisado:

Figura 26: Valor da potência instalada por cidade, ordenadas de forma crescente.



Fonte: Próprio Autor

Pode-se observar que o valor de potência instalada dos municípios tende a ser coerente com a população e o valor de PIB apresentados, porém algumas cidades diferem deste padrão, como Alfenas, São Sebastião do Paraíso e Passos.

Alfenas apresenta o pior cenário em potência instalada, mesmo que possua população e PIB maiores que três outras cidades. São Sebastião do Paraíso é o grande destaque em instalações entre as cidades analisadas. O município perde em potência instalada apenas para Passos e Pouso Alegre, que possuem o dobro do número de habitantes. Passos, no entanto, também se destaca, pois embora apresente a terceira maior população estudada, possui o segundo menor PIB e mesmo assim, fica em segundo lugar no número de instalações.

6. CONCLUSÃO

Ao analisar a atratividade de sistemas fotovoltaicos na cidade de Itajubá através de questionário à população alvo, foi possível constatar que de maneira geral, a maioria da população considera a possibilidade de produzir a própria energia nos próximos três anos.

Dentre aqueles que possuem essa intenção, o rendimento mensal é superior se comparado aos que não consideram a possibilidade de adquirir sistemas fotovoltaicos, o que corrobora a relação entre a realidade financeira do indivíduo e sua intenção de compra. Esta relação também é evidenciada quando se nota que, entre os indivíduos que afirmaram ser possível financiar um sistema fotovoltaico, mais de 70% possuem renda superior a seis salários mínimos, enquanto entre os que afirmam não possuírem condição de assumir o financiamento, a mesma porcentagem apresenta rendimento de até cinco salários mínimos mensais.

A relevância da condição financeira na decisão de compra persiste quando se evidencia que o fator mais determinante entre todos da pesquisa para a aquisição de um sistema foi o preço, ou seja, o investimento necessário. Mais de 75% dos entrevistados afirma aguardar uma queda de preços para consumir a sua compra. Isso reflete bastante a realidade do município de Itajubá, onde a população entrevistada demonstrou um comportamento de espera por novos incentivos econômicos que justifiquem o investimento a ser feito, fazendo com que a aquisição dos sistemas fotovoltaicos pelas pessoas entrevistadas seja adiada. Do total das pessoas entrevistadas, apenas 4% declararam já possuírem sistemas fotovoltaicos instalados.

É interessante notar que a percepção da população em relação aos sistemas fotovoltaicos se mostra essencialmente positiva. Mais de 80% dos entrevistados afirmou conhecer seu funcionamento e a maioria acredita em sua eficiência e garantia, além de afirmar que a aquisição de um sistema fotovoltaico se trata de um investimento seguro. Da mesma forma, a maioria dos entrevistados acredita beneficiar o meio ambiente com a escolha de produzir a própria energia, e afirma que a sociedade vê com bons olhos aqueles que adquirem um sistema para sua residência.

Em relação à comparação da cidade de Itajubá com outras vizinhas do Sul de Minas, observou-se que o município possui uma relação de sistemas instalados por população (0,67), abaixo da média geral analisada (0,80). Entretanto, segue posicionada de forma coerente em relação ao seu número de habitantes e PIB. O crescimento do número de instalações segue

gradualmente e deve superar o índice de 2018, quando analisados os sistemas adquiridos até março de 2019.

As cidades de São Sebastião do Paraíso e Passos apresentam um número de instalações extremamente significativo, além do esperado dado sua população e PIB. Por outro lado, Alfenas apresenta o pior cenário em potência instalada, mesmo possuindo condições financeiras favoráveis.

O presente trabalho demonstrou que a atratividade dos sistemas fotovoltaicos em cidades de pequenos e médios portes é significativa e que existe conhecimento e pré-disposição da população para aquisição dos sistemas.

Os incentivos nacionais existentes até o momento têm permitido um crescimento exponencial significativo do número de instalações, inclusive na cidade de Itajubá. No entanto, pelos resultados obtidos na pesquisa, observou-se que ainda se faz necessário o aprimoramento de políticas públicas e meios de financiamentos, para que o investimento inicial seja minimizado e que viabilizem as parcelas a todos os níveis sociais, possibilitando que a tecnologia seja disseminada de forma mais efetiva.

Os índices de resposta sobre o desconhecimento a respeito do funcionamento e vantagens dos sistemas fotovoltaicos, embora baixos, demonstraram que é necessário maior esclarecimento à população dos benefícios da micro geração, tanto em termos econômicos, como ambientais e sociais.

Faz-se necessária uma ação mais direta dos municípios, através de prefeituras, escolas, igrejas, associações comerciais e industriais, entre outras, para importância desse tipo de empreendimento, podendo até investir em plantas pilotos de forma a desmitificar esse tipo de empreendimento e mostrar aos munícipes as vantagens dessa forma de ação.

Como sugestão para trabalhos futuros, propõe-se analisar as características específicas dos mercados de municípios que se destacam em número de sistemas fotovoltaicos instalados, a fim de verificar se este comportamento reflete uma característica mais arrojada da população ou se há alguma característica ou incentivo financeiro nas cidades que justifique este destaque.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – ABSOLAR. Disponível em: <<http://www.absolar.org.br/noticia/noticias-externas/brasil-atinge-250-mw-em-geracao-solar-distribuida.html>>. Acesso em 15/05/2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br>>. Acesso em: 20/01/2019.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 482**, 2012. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2012517.pdf>>. Acesso em: 29/05/2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Resolução Normativa nº 687**. Disponível em: <<http://www2.aneel.gov.br/cedoc/ren2015687.pdf>>. Acesso em: 29/05/2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Unidades Consumidoras com Geração Distribuída**. Disponível em: <http://www2.aneel.gov.br/scg/gd/GD_Fonte.asp>. Acesso em: 29/05/2016.

ALVES, G. H. **Projeto e Análise da Viabilidade Econômica da Instalação de Painéis Fotovoltaicos no Setor Industrial**. Monografia ao Curso de Engenharia Elétrica – Universidade de São Paulo, São Carlos. 2016.

BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL – BNDES, 2017. Disponível em: <<http://www.bndes.gov.br>>. Acesso em: 20/05/2018.

BARBETTA, P. A. **Estatística Aplicada às Ciências Sociais**. 2ed. Florianópolis: Editora da UFSC, 1998.

CARMO, V. **O Uso de Questionários em Trabalhos Científicos**. Universidade Federal de São Carlos, 2013. Disponível em: <http://www.inf.ufsc.br/~vera.carmo/Ensino_2013_2/O_uso_de_questionarios_em_trabalhos_cient%edficos.pdf>. Acesso em 21/06/2018.

CERVO, Amado; BERVIAN, Pedro A. **Metodologia científica**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 242 p.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE – **PNE 2026 – Plano Decenal de Expansão de Energia 2026**, 2017. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-40/PDE2026.pdf>>. Rio de Janeiro, julho/2017. Acesso em: 04/06/2017.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Nota Técnica DEA 19/14 – Inserção da Geração Fotovoltaica Distribuída no Brasil – Condicionantes e Impactos**. Rio de Janeiro, outubro/2014. Disponível em: <<http://www.epe.gov.br>>. Acesso em 03/06/2018.

ESPOSITO, A. S.; FUCHS P.G. Desenvolvimento tecnológico e inserção da energia solar no Brasil. **Revista do BNDES**, v. 40, p. 85-114, 2013.

FAIAD, N.B. **Geração Distribuída: Estudo da Inserção Residencial**. 81 f. Monografia Graduação em Engenharia de Energia – Universidade de Brasília, Brasília. 2015.

FARIA, H.; TRIGOSO, F.; CAVALCANTI, J. Review of distributed generation with photovoltaic grid connected systems in Brazil: Challenges and prospects. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.75, p. 469-475, 2017.

GIL, A.C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6ª edição. São Paulo: Atlas, 2008.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 10ª edição, São Paulo: Harbra. 2007.

GOODE, W., HATT, P. **Métodos em Pesquisa Social**. Brasília: Companhia Nacional. 1969.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE, 2017. Disponível em: <<http://cidades.ibge.gov.br>>. Acesso em 20/09/2017.

IRENA - International Renewable Energy Agency, 2017. Disponível em: <<http://www.irena.org>>. Acesso em 10/05/2018.

LACERDA, S. Diversity in solar photovoltaic energy: implications for innovation and policy. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.54, p. 331–40, 2016.

LIKERT, R. **A technique for the measurement of attitudes**. Archives of Psychology. n. 140, p. 44-53, 1976.

MARCONI, M.A. **Fundamentos de Metodologia Científica**. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTINS, V. A. **Análise do Potencial de Políticas Públicas na Viabilidade de Geração Distribuída no Brasil**. 93 f. Dissertação Mestrado em Ciências em Planejamento Energético – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. 2015.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME, 2017. Disponível em: <www.mme.gov.br>. Acesso em 24/06/2018.

OLIVEIRA, M. A. **Análise das oportunidades e dos desafios regulatórios e socioeconômicos vinculados à Geração Distribuída fotovoltaica, resultante da Resolução Normativa 687/2015 da ANEEL, na região do Sul de Minas Gerais**. Dissertação Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Universidade Federal de Itajubá. Itajubá, 2017.

OLIVEIRA, M. O impacto do ICMS na Geração Distribuída no Brasil. **Revista Brasileira de Energia**, v. 5, p. 130, 2016.

PORTAL SOLAR, 2018. Disponível em <<http://www.portalsolar.com.br/>>. Acesso em 03/05/2018.

RIBEIRO, B. P, PICARELLI, L. B. **Análise Regulatória e Inserção de Aerogeradores no Contexto de Geração Distribuída**. Trabalho de Conclusão de Curso da Universidade de Brasília. Brasília, 2014.

ROSS, S. A.; WESTERFIELD, R. W.; JAFFE, J. F. **Administração Financeira: Corporate Finance**. 2. ed. São Paulo: Atlas S.A., 2007.

SAMPAIO, P. Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, p. 590-601, 2017.

SILVA, R. M. **Energia Solar no Brasil: dos incentivos aos desafios**. Brasília: Núcleo de Estudos e Pesquisas/CONLEG/Senado, Texto nº166, 2015. Disponível em <www.senado.leg.br/estudos>. Acesso em 20/06/18.

SILVEIRA, A. L. Desenvolvimento Tecnológico em Geração Distribuída: Gerenciamento e Monitoração de uma Micro geração Solar. **Tecnologias para Competitividade Industrial**, Florianópolis, v.8, n.1, 2015.

APÊNDICE I – Questionário

A intenção deste questionário é realizar uma pesquisa de mercado a respeito de sistemas fotovoltaicos para geração de energia elétrica na cidade de Itajubá - MG.

Marque a alternativa que melhor define sua opinião a respeito de cada frase abaixo	1	2	3	4	5
	Discordo muito	Discordo um pouco	Estou indeciso	Concordo um pouco	Concordo muito
INTENÇÃO DE COMPRA					
Eu planejo instalar um sistema fotovoltaico nos próximos três anos.					
Estou aguardando todas as pessoas instalarem um sistema e comprovarem sua eficiência para comprar o meu.					
Estou aguardando os preços diminuírem para adquirir um sistema fotovoltaico.					
REALIDADE PESSOAL					
Financiar um sistema fotovoltaico é possível para mim.					
Não possuo casa própria, por isso não instalo um sistema fotovoltaico.					
MEIO AMBIENTE E SOCIEDADE					
Penso que com um sistema fotovoltaico, eu protejo o meio ambiente.					
Um sistema fotovoltaico no meu telhado seria bem visto em minha comunidade.					
FINANCEIRO					
Um sistema fotovoltaico é um investimento financeiro seguro.					
Acredito que um sistema fotovoltaico possibilita que eu fique independente das concessionárias de energia.					
PERCEPÇÕES PESSOAIS					
Acredito que os custos de um sistema fotovoltaico são muito elevados.					
Tenho dúvidas sobre a eficiência e a garantia dos sistemas fotovoltaicos.					
Prefiro investir meu dinheiro de outra forma do que adquirir um sistema fotovoltaico.					
Eu não compreendo bem o funcionamento dos sistemas fotovoltaicos.					