



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina – IFSC
Departamento de Eletrotécnica
Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de
Energia

ANDRÉ RAMOS VIEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA
INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS
NAS RESIDÊNCIAS DE CADA ESTADO
BRASILEIRO**

ANDRÉ RAMOS VIEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA
INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS NAS
RESIDÊNCIAS DE CADA ESTADO BRASILEIRO**

Florianópolis, 2013

ANDRÉ RAMOS VIEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA
INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS NAS
RESIDÊNCIAS DE CADA ESTADO BRASILEIRO**

Trabalho de Conclusão de Curso
submetido ao Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia de
Santa Catarina como parte dos
requisitos para obtenção do título de
Tecnólogo em Sistemas de Energia.

Professor orientador: Rubipiara
Cavalcante Fernandes, D. Eng.
Professor Coorientador: Gueibi Peres
Souza, D. Eng.

Florianópolis, 2013

ANDRÉ RAMOS VIEIRA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA
INSTALAÇÃO DE PLACAS FOTOVOLTAICAS NAS
RESIDÊNCIAS DE CADA ESTADO BRASILEIRO**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Energia e aprovado em sua forma final pelo Curso de Tecnologia em Sistemas de Energia do Instituto de Educação, Ciência e Tecnologia do estado de Santa Catarina.

Monografia defendida e aprovada em 15/08/2013 pela banca examinadora:

Prof. Rubipiara Cavalcante Fernandes, D. Eng.

Prof. Gueibi Peres Souza, D. Eng.

Prof. James Silveira, D. Eng.

Prof. Ricardo Luiz Alves, D. Eng.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Ivone e Roberto, por todo amor e carinho dedicados a mim até hoje, também pela compreensão, incentivo e oportunidades proporcionadas.

Aos meus orientadores, Gueibi e Piara, pela orientação, disponibilidade, dedicação e por acreditarem no meu trabalho.

Aos professores e colegas da UFSC e do IFSC, que me proporcionaram momentos incríveis nessa etapa que finalizo.

Aos meus colegas do DPE, da ELETROSUL, pela compreensão, pelo apoio e pelas oportunidades que me concederam e a mim confiaram.

Aos meus familiares e amigos, que sempre me proporcionaram coisas boas e sempre estiveram do meu lado.

E por fim, agradecer pela energia boa e positiva presente nas coisas que acontecem na minha vida.

"A natureza pode suprir todas as necessidades básicas do homem, menos a sua ganância."

Mahatma Gandhi

RESUMO: O setor elétrico brasileiro sofreu uma abertura e uma desestatização significativa a partir da década de 90. Desde então, o governo tem criado instituições para regular o setor e fiscalizar seus agentes. Tendo em vista a importância da energia elétrica para o desenvolvimento socioeconômico, o Estado continua modificando a regulamentação desse setor para atingir seus objetivos. No ano de 2012 a Agência Nacional de Energia Elétrica publicou a Resolução nº 482, onde definiu o mecanismo de compensação de energia. No começo de 2013, o governo reduziu o preço da tarifa de energia elétrica. Essas duas mudanças proporcionam possibilidades e desafios para a utilização da geração distribuída através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede. O estudo presente calculou a viabilidade econômica de instalação de placas fotovoltaicas nas residências de consumidores hipotéticos de cada estado frente essas novas mudanças. Os resultados mostram que apenas em Minas Gerais é viável economicamente a instalação dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, precisando de mais 15 anos para que todos os estados e o Distrito Federal, com exceção do Amapá, possuam índices de viabilidade favoráveis.

Palavras Chave: Análise de viabilidade econômica. Geração Distribuída de energia elétrica. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica.

ABSTRACT: The Brazilian electric sector has undergone a significant opening and a privatization from the 90s. Since then, the government has created institutions to regulate the sector and supervise its agents. Given the importance of electricity for socioeconomic development, the state continues modifying the regulation of this sector to achieve their goals. In 2012 the Agência Nacional de Energia Elétrica issued Resolution No. 482, which defined the compensation mechanism of energy. In early 2013, the government reduced the price of the electric energy tariff. These two changes provide possibilities and challenges for using the distributed generation through photovoltaic system connected to the grid. The present study estimated the economic viability of installing photovoltaic panels in homes of consumers of each hypothetical state forward these new changes. The results show that only in Minas Gerais is economically feasible to install the photovoltaic system connect to the grid, needing another 15 years for all states and the Federal District, with the exception of Amapá, have rates of favorable feasibility.

Keywords: Analysis of economic viability. Distributed Generation of electric energy. Photovoltaic systems connected to the grid.

LISTA DE SIGLAS

ANEEL - Agencia Nacional de Energia Elétrica

BEN - Balanço Energético Nacional

BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social

CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica

CMSE - Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico

CNPE - Conselho Nacional de Políticas Energéticas

EPE - Empresa de Pesquisa Energética

EUA - Estados Unidos da América

FRE - Fonte Renovável de Energia

FV - Fotovoltaico

GD - Geração Distribuída

MAE - Mercado Atacadista de Energia

MME - Ministério de Minas e Energia

ONS - Operador Nacional do Sistema

PIB - Produto Interno Bruto

PNB - Produto Nacional Bruto

PRODIST - Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional

RCB - Relação Custo Benefício

SEB - Setor Elétrico Brasileiro

SFCR - Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede elétrica

SIN - Sistema Interligado Nacional

TEP - Tonelada Equivalente de Petróleo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	17
1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA.....	21
1.2 OBJETIVOS.....	21
1.2.1 Objetivo Geral	21
1.2.2 Objetivos Específicos	22
1.3 JUSTIFICATIVA.....	22
1.4 METODOLOGIA	23
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	24
2.1 INTRODUÇÃO	24
2.2 SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO	24
2.2.1 Breve Histórico	24
2.2.2 Algumas Mudanças Recentes no Setor Elétrico	27
2.2.2.1 Redução da Tarifa de Energia Elétrica	27
2.2.2.2 Resolução Normativa nº 482 de 17 de Abril de 2012	28
2.2.2.3 Considerações a Respeito das Mudanças	29
2.2.3 Cenário Energético Brasileiro	30
2.2.3.1 Consumo Residencial	34
2.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA.....	35
2.3.1 Principais Tecnologias Aplicadas à Geração Distribuída .	36
2.3.2 Geração Distribuída de Energia Fotovoltaica	37
2.4 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA	39
2.4.1 Principais Tecnologias das Placas Fotovoltaicas.....	41
2.4.1.1 Silício Monocristalino (m-Si)	42
2.4.1.2 Silício Policristalino (p-Si)	42
2.4.1.3 Silício Amorfo (a-Si)	43
3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA	45
3.1 PREÇO DA TARIFA	45
3.1.1 PIS/COFINS	46
3.1.2 Preço da Energia	47
3.1.3 ICMS.....	48
3.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO UTILIZADO	49
3.2.1 Da Tecnologia.....	49
3.2.2 Das Características do Sistema	49
3.2.3 Custos de instalação do sistema fotovoltaico	51
3.3 DA TAXA DE JUROS	52
3.4 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA EM CADA ESTADO.....	52

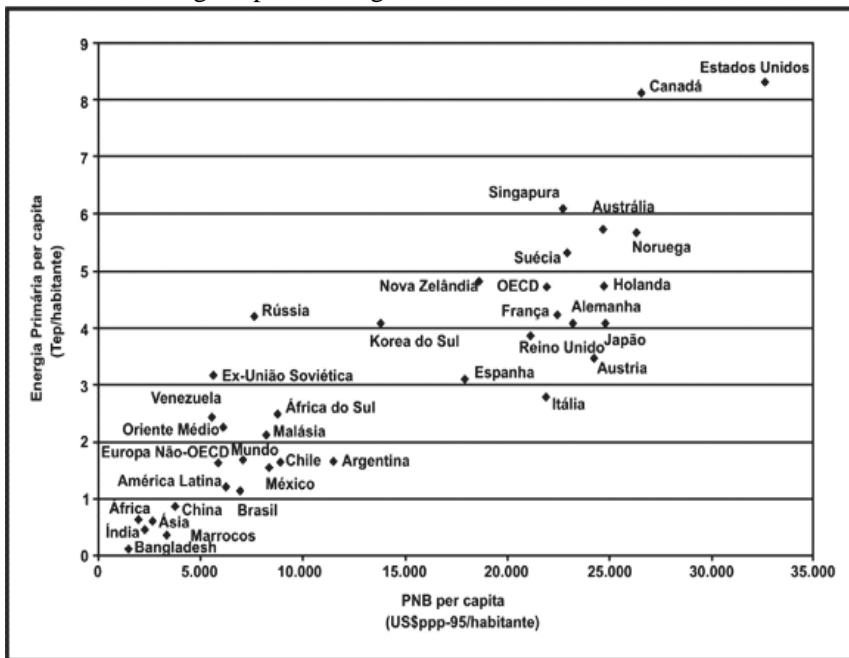
3.4.1 Quantidade de Energia Gerada.....	55
3.5 RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO ATUAL COM <i>NET METERING</i>	55
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
4.1 EFICIÊNCIA DE OPERAÇÃO DA PLACA	57
4.2 GERAÇÃO MENSAL DE ENERGIA POR CADA ESTADO E SUA RECEITA	57
4.3 RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO ATUAL COM <i>NET METERING</i>	60
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	65
5.1 SUGESTÕES DE NOVOS TRABALHOS.....	71
REFERÊNCIAS.....	72

1 INTRODUÇÃO

No atual contexto global, o consumo de energia elétrica frente às necessidades dos indivíduos se torna indispensável. Demanda essa com característica crescente, precisando ser atendida para sustentar o desenvolvimento econômico e social (SOUZA, FERREIRA, SOUZA, 2011). Essa demanda mais que triplicou após a revolução industrial, decorrente do progresso tecnológico e do avanço no desenvolvimento humano, esse crescimento é apontado como decisivo na aceleração de alterações que vivenciamos no clima e no meio ambiente. Diminuir esses impactos, reduzindo o consumo de combustíveis fósseis, além de desenvolver alternativas renováveis, é uma preocupação da comunidade científica (PEREIRA, *et al.*, 2006).

Do ponto de vista da produção, a energia elétrica tem a importância de poder aumentar a produtividade dos fatores de produção bem como promover níveis mais elevados de qualidade de vida. É reconhecido que o desenvolvimento econômico e o consumo de energia são fatores interdependentes (MARTINS, 2012), esses fatores são sinalizados pela relação apresentada na Figura 1.

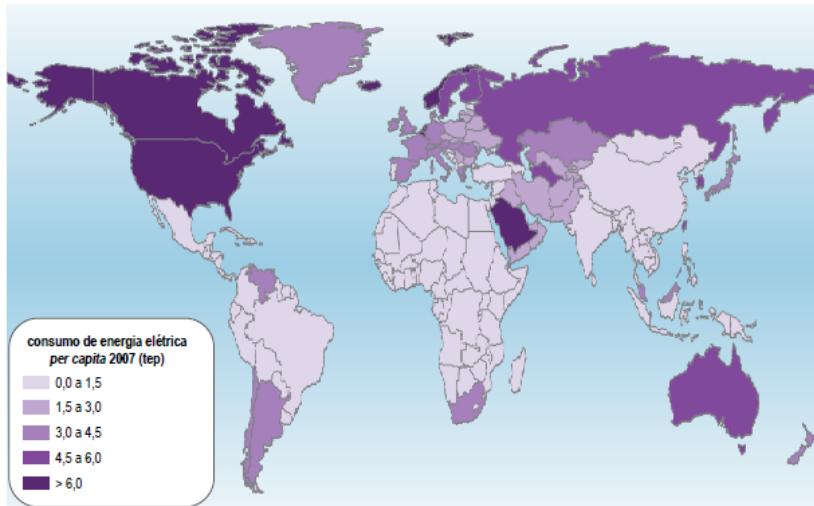
Figura 1 – Uso de energia primária per capita versus PNB per capita em alguns países e regiões do mundo em 2000



Fonte: IEA (2002), *Apud.* GOLDEMBERG; MOREIRA 2005. p. 216.

Torna-se interessante observar também como se comporta essa relação em todos os países, percebendo as regiões globais dos países com maior consumo de energia elétrica per capita em Tonelada Equivalente de Petróleo, como mostra a seguir a Figura 2.

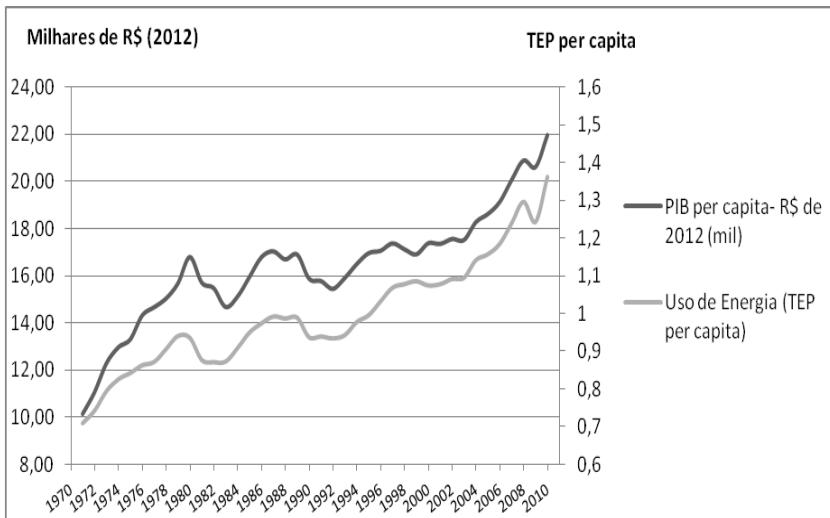
Figura 2 – Consumo de energia elétrica per capita no ano de 2007, em unidades de TEP



Fonte: BP, 2008, *Apud*. ANEEL 2008.

Nos países em desenvolvimento o crescimento da demanda por energia é maior do que no resto do mundo (MME, 1987), atender essa demanda se torna uma tarefa para garantir o desenvolvimento do país. Como aponta Goldemberg e Moreira (2005), o Brasil precisa aumentar sua disponibilidade de energia para garantir maior progresso econômico, e, assim, ter meios de melhorar as condições de vida da população. A interdependência apontada por esses autores para o caso do Brasil pode ser visualizada de forma temporal na Figura 3.

Figura 3 – Uso de energia primária per capita versus Produto Interno Bruto (PIB) per capita no Brasil de 1971 a 2010



Fonte: Para o PIB per capita, Ipeadata. Para TEP per capita, Banco mundial.

Como percebemos, o consumo de energia no Brasil segue o que foi apontado pelos autores. Tendo em vista a importância da energia para o desenvolvimento econômico, o Estado brasileiro vem tomando medidas para manter e facilitar a disponibilidade de energia para a população, como por exemplo, impactos advindos da redução do preço da tarifa de energia elétrica no ano de 2013, com reduções em média de 16% para os consumidores finais nesse mesmo ano, sem mencionar outras reduções dadas a outros consumidores. Concomitantemente, homologado pela ANEEL em 2012, temos a Resolução Normativa nº 482, que vem para definir o sistema de compensações, possibilitando a microgeração e minigeração distribuída de energia elétrica pelos consumidores residenciais. Tais medidas visam facilitar o acesso da população a uma energia mais barata, e também aumentar o potencial de geração da nossa matriz energética de forma sustentável.

Essas mudanças setoriais, evidentemente, fazem com que a dinâmica do setor também se modifique. A geração distribuída (GD), que possibilita uma eficiência e engajamento de fontes renováveis de energia (FRE), ganha novos cenários e parâmetros de viabilidade

econômica. Valendo destacar, como comenta Isabel T. Salamoni (2004), das FRE aplicadas à geração distribuída, a tecnologia de geração fotovoltaica é uma das mais promissoras.

1.1 TEMA E PROBLEMA DE PESQUISA

Nesses últimos dois anos o setor elétrico passou por mudanças significativas no ponto de vista da GD e fomento das FRE. Essas mudanças impactam os índices de viabilidade para geração de energia através de FRE, e no nosso caso, para geração fotovoltaica de energia pelos consumidores residenciais. Considerando a diminuição no preço da tarifa de energia elétrica no presente ano e a publicação pela ANEEL da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, é viável economicamente para que os consumidores instalem placas fotovoltaicas em suas residências?

A hipótese que partimos é de que o Brasil tem um grande potencial de geração solar, onde em alguns casos esse já é economicamente viável, faltando apenas um trabalho por parte do governo de divulgação e fomentação.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Esta pesquisa tem por objetivo fornecer resultados de viabilidade econômica da instalação de SFCR em cada estado brasileiro, de forma que o governo e as famílias possam tomar decisões e posicionamentos a partir desses dados, que por sua vez, contemplarão as mudanças mais recentes que ocorreram no setor de energia elétrica.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Contextualizar as mudanças no setor elétrico brasileiro;
- Levantar o potencial de geração de energia para cada estado;
- Contabilizar os custos de um sistema fotovoltaico e estabelecer um sistema para o estudo;
- Calcular a viabilidade de instalação para cada estado;

1.3 JUSTIFICATIVA

Dois fatos permeiam mudanças significativas na implantação dos sistemas distribuídos de geração fotovoltaica. O primeiro é um anúncio feito pela presidente Dilma Rousseff, no dia da independência do ano de 2012, quanto à redução média da tarifa de energia de 16% para as residências. O segundo é a publicação da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012, onde fica consolidado e definido a possibilidade de qualquer consumidor final gerar energia diretamente na rede, ou seja, a criação do sistema *net metering*.

Considerando as mudanças apontadas no setor, o fato de que o consumo residencial de energia elétrica representa 37,21% do consumo total (ANEEL, 2012), e de que essa tecnologia está associada à eficiência energética, sendo uma alternativa frente à exploração das fontes já utilizadas e os impactos socioambientais causados, fazer essa análise no momento atual se mostra importante e estratégico, pelo fato do fornecimento de dados necessários para elaboração de políticas de incentivo que venham a ser formuladas, pela sustentação analítica que será proporcionada a trabalhos futuros que investiguem questões similares e por apresentar o resultado de viabilidade econômica para o consumidor final diante das condições impostas, facilitando sua tomada de decisão.

1.4 METODOLOGIA

A metodologia tem como função mostrar como deve proceder a pesquisa, ela ajuda a refletir e coloca ao pesquisador um olhar curioso, indagador e criativo (SILVA, MENEZES, 2001). Para isso, utiliza-se como trajetória metodológica no presente trabalho, quatro fases.

A primeira é um levantamento dos potenciais, uma análise do setor, ponderação quanto às tecnologias e os sistemas que serão utilizados, tudo isso através de pesquisa bibliográfica. Nessa parte teórica, através da utilização de literatura já existente sobre o assunto, a pesquisa ganha embasamento científico para proporcionar subsídio à etapa seguinte. Como destaca Silva e Menezes (2001, p. 37): “por meio da análise você irá traçar um quadro teórico e fará a estruturação conceitual que dará sustentação ao desenvolvimento da pesquisa”.

Após a pesquisa bibliográfica realizada, a segunda fase se dá pelo cálculo da relação custo benefício para os consumidores finais, onde se utilizará variáveis mais realistas possíveis dentro das perspectivas do autor e do que a ele for disponibilizado, além de optar-se por valores conservadores quando este se defrontar com intervalos de valores para as variáveis em questão.

A terceira fase se caracteriza pela discussão e apresentação dos resultados atingidos.

A quarta e última fase é a apresentação de considerações finais e ponderações.

A pesquisa limitar-se-á então, na placa fotovoltaica, às principais tecnologias do mercado de placas fotovoltaicas, e no cálculo de viabilidade econômica, aos estados do Brasil com variáveis do ano de 2013.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 INTRODUÇÃO

A revisão bibliográfica presente visa levantar os conceitos necessários para chegarmos aos resultados da análise. Com isso, iremos avaliar todos os parâmetros necessários para que possamos atingir nossos objetivos específicos anteriormente citados, mostrando a lógica do cruzamento de dados e os conceitos no qual estamos trabalhando, de forma que o leitor compreenda os resultados atingidos e a análise feita.

2.2 SETOR ELÉTRICO BRASILEIRO

2.2.1 Breve Histórico

No começo da década de 90 o sistema de crescimento econômico por substituição de importações já estava esgotado. Os ares da privatização e de abertura comercial estavam cada vez mais fortes. O consenso de Washington em 89 foi impondo um receituário às economias, e no Brasil não foi diferente. Requisitadas pelas exigências e negociações da dívida externa, a abertura comercial e a onda de privatização da década de 80 entrou no Brasil, instituídas pelo Plano Nacional de Desestatização (PND) no governo Collor, onde o Estado começou a aplicar o receituário imposto, como comenta Lavina B. de Castro (2005).

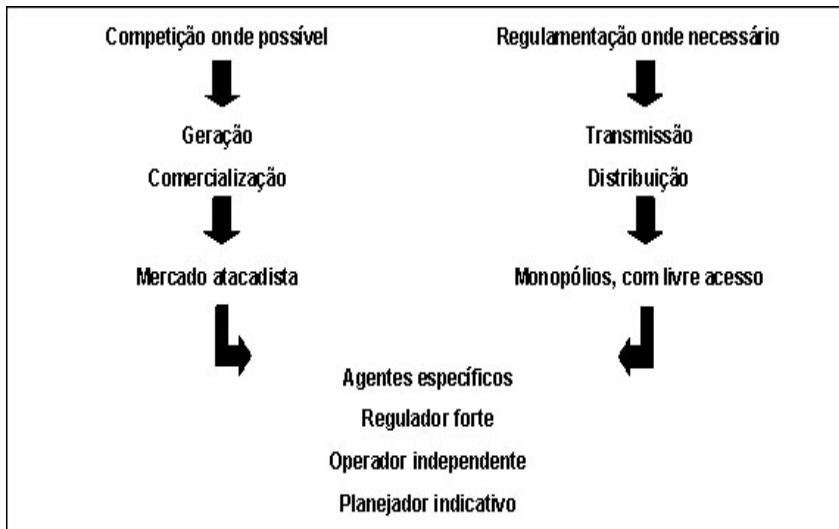
Para o setor elétrico essa tendência também se fez presente. Até a década de 90, o governo controlava o setor elétrico conjuntamente com um pequeno investimento privado, o governo assumia as funções de geração, transmissão e distribuição. O setor teve sua reforma estrutural iniciada em 93, com a recuperação tarifária e criação do Sistema Nacional de Transmissão para assegurar o livre acesso às linhas do sistema e começar a desestatização (PAGLIARDI, SOBREIRO DIAS, 2011).

Em 95 essa mudança alcança de forma efetiva o setor elétrico. A implementação em 96 do programa de reestruturação do setor elétrico (RE-SEB), resultando que os segmentos de geração e comercialização foram se tornando cada vez mais privatizadas, tornando-os cada vez mais concorridos e caracterizados pelo mercado. Já os segmentos de transmissão e distribuição continuaram sendo tratados como serviços públicos regulados, já que constituem um monopólio natural. Para regular essa nova dinâmica, foi criada a Agencia Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), juntamente de outros órgãos mais específicos, como o Mercado Atacadista de Energia (MAE), o Conselho Nacional de Política Energética (CNPE) e o Operador Nacional do Sistema (ONS) em 98 (LEME, 2009; GASTALDO, 2009; BNDES, 2002).

No atual século as mudanças continuaram. Estimuladas pelo racionamento energético vivido em 2001, ocasionado pela diminuição das chuvas e a alta dependência de hidrelétricas na matriz brasileira, o governo percebeu a necessidade de termos uma matriz energética diversificada. Começou a incentivar e apoiar projetos de geração distribuída e investir em outras fontes de energia, com destaque as termelétricas (LEME, 2009; GASTALDO, 2009; BNDES, 2002).

Entre 2003 e 2004 o governo lançou um novo modelo para o Setor Elétrico Brasileiro (SEB). No sentido da regulamentação do setor, o governo criou a Empresa de Pesquisa Energética (EPE), para planejar o setor a longo prazo, criou a Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) substituindo o antigo MAE, para organizar a comercialização, e também criou o Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico (CMSE), avaliando a segurança no suprimento de energia elétrica. O novo setor ficou com características e mudanças como apresenta a Figura 4 (ONS, 2013).

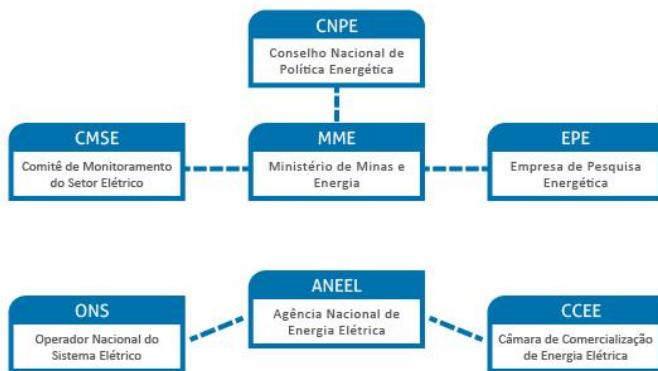
Figura 4 - Novo Modelo do Setor Elétrico



Fonte: Sauer (2002, p. 146) *Apud* LEME, ALESSANDRO ANDRÉ 2009 p. 103.

A organização das instituições que compõem o setor ficou disposta como apresenta a Figura 5, onde vemos as instituições do setor com a indicação de sua vinculação e subordinação dada pelas flechas, observando o CNPE no começo da estrutura e o ONS e CCEE nas pontas.

Figura 5 - Instituições Presentes no Atual Setor Elétrico Brasileiro



Fonte: CCEE. Disponível em <http://www.ccee.org.br/portal/wcm/idc/groups/public/documents/conteudocce/ccee_053265/~renditions/2.jpg>. Acesso em Maio. 2013.

2.2.2 Algumas Mudanças Recentes no Setor Elétrico

Novos parâmetros e designações são dados, de forma a constantemente se adaptar à realidade brasileira e promover o desenvolvimento do país. Com isso, duas mudanças atuais merecem destaque dentro do contexto utilizado neste trabalho. A redução da tarifa de energia elétrica e a homologação da Resolução Normativa nº 482, de 17 de abril de 2012.

2.2.2.1 Redução da Tarifa de Energia Elétrica

Quanto à redução da tarifa, fazendo jus ao anunciado pela presidente Dilma Rousseff no dia da independência, 7 de setembro do ano de 2012, sobre a redução que viria no ano de 2013, a ANEEL

aprovaron no dia 24 de janeiro as novas tarifas de energia elétrica. Como comenta o órgão em seu site:

"O efeito médio de redução será de 20,2%. Para os consumidores residenciais, a redução mínima será de 18% (...). Para os consumidores de alta tensão, o desconto pode chegar a 32%. As novas tarifas entram em vigor a partir de hoje.

A redução é resultado da Lei nº 12.783/2013, que promoveu a renovação das concessões de transmissão e geração de energia que venciam até 2017, e das medidas provisórias 591/2012 e 605/2013." (ANEEL, 24 de janeiro de 2013, acesso em 20/05/2013)

Esta redução apresenta um efeito estrutural, mudando o nível praticado nas tarifas. As medidas que foram tomadas para que essa redução se concretizasse foram algumas, valendo destacar a redução dos custos de transmissão e a redução de encargos setoriais (ANEEL, 2013).

2.2.2.2 Resolução Normativa nº 482 de 17 de Abril de 2012

Essa Resolução estabelece as condições para acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia, ou seja, cria o sistema de compensação de energia. Estabelece as condições e critérios que essa conexão deve ser feita. Vale lembrar que microgeração se refere aos sistemas com potência instalada menor ou igual a 100kW, e minigeração aos sistemas com potência instalada maior que 100kW e menor ou igual a 1MW (ANEEL, 2012).

Como define a Resolução, o sistema de compensação de energia elétrica (*Net Metering*) viria então a ser o "sistema no qual a energia ativa gerada por unidade consumidora com microgeração distribuída ou minigeração distribuída compense o consumo de energia elétrica ativa", ou seja, a compensação se daria por forma de crédito de energia, com um vencimento de 36 meses após o faturamento desse crédito. Dessa forma, não se gerará créditos de possíveis superávits, tampouco dinheiro por estes superávits, dado que essa possível relação se extinguirá após

os 36 meses de sua criação. No caso de uma eventual equivalência entre o que foi gerado e consumido, será cobrado do consumidor apenas um custo de disponibilidade do sistema elétrico para sua carga (ANEEL, 2012).

Outros detalhes também são apresentados, valendo citar que o limite de potência instalada de geração deve ser limitado à carga instalada consumidora, ou, no caso dos consumidores do grupo A, à demanda contratada. Já em relação aos custos de adequação, a Resolução traz que a distribuidora arca com custos de ampliação do sistema e manutenção do sistema feito para o consumidor, ficando este último responsável apenas por arcar com a adequação do sistema, no que diz respeito à leitura da energia que consumir e fornecer do sistema (ANEEL, 2012).

As distribuidoras de energia elétrica tiveram até o dia 15 de dezembro de 2012 para se ajustar às normas e fazer alterações no seu sistema, já que a Resolução deu 240 dias de prazo após sua publicação para essa adequação. Logo, a partir dessa data, aquelas devem atender às solicitações de acesso por parte de seus consumidores, sempre considerando, é claro, como salienta a Resolução, a conformidade das solicitações com os procedimentos dos termos da Seção 3.7 do Módulo 3 dos Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional (PRODIST), seção que trata do acesso ao sistema de distribuição (ANEEL, 2012). Isso implica que os parâmetros da energia que será injetada no sistema fiquem padronizados de acordo com o requisitado nessa seção.

2.2.2.3 Considerações a Respeito das Mudanças

Evidenciadas as mudanças e suas características, valem nossas ponderações a respeito delas. Essas análises ficarão mais claras na seção da análise econômica, só ressaltamos aqui para que o leitor se atente à mudança ocasionada na dinâmica do setor e para que também perceba seus impactos.

A publicação da Resolução Normativa nº 482 abre a possibilidade de qualquer consumidor final gerar energia em sua própria residência. Como comenta o senador Cícero Lucena (2012): "Até recentemente, a falta de regulamentação das atividades de microgeração e minigeração

impedia a sua adoção por parte dos consumidores interessados em se juntarem a esse esforço global pela energia limpa." Nesse sentido, a Resolução vem também de forma a difundir a geração de energia através de fontes alternativas, além de institucionalizar uma ferramenta de articulação que poderá ser utilizada pelo governo para fins de políticas públicas.

Já a redução da tarifa de energia, além dos impactos produtivos e desenvolvimentistas já salientados no começo do trabalho - que fazem com que as empresas fiquem mais competitivas e os consumidores tenham um maior acesso a esse produto - muda também a dinâmica de geração de energia, que agora pode ser promovida pelos consumidores finais. Devido ao fato de que em um cálculo de viabilidade econômica, o que irá ponderar o benefício da RCB de instalação do sistema será o então reduzido preço da energia elétrica, que irá diminuir os benefícios econômicos de instalação do sistema gerador avaliado.

2.2.3 Cenário Energético Brasileiro

O Brasil é um país de dimensões continentais, sendo o quinto maior país do mundo em dimensão territorial, com uma área de 8,5 milhões de km². Neste, residem 190 milhões de brasileiros (IBGE, 2010), onde 95% da população têm acesso à rede elétrica, composta por 61,5 milhões de unidades consumidoras, sendo dessas 85% residencial. A energia elétrica é o segmento da infraestrutura mais universalizado de nosso país (ANEEL, 2008).

Apesar da taxa de crescimento populacional diminuir, como podemos ver na Tabela 1, a tendência de crescimento do consumo de energia continua aumentando, sinalizando um efeito do desenvolvimento econômico do país (ANEEL, 2008).

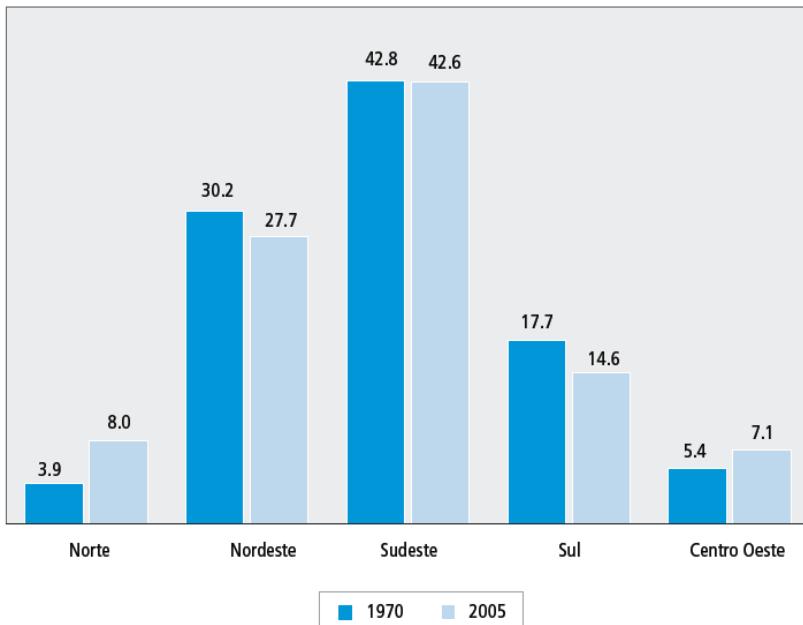
Tabela 1 - Evolução da população residente em milhares de habitantes, 1970-2005.

Região	1970	1980	1990	2000	2005
Norte	3.603,70	5.829,20	10.002,00	13.086,40	14.698,90
Variação (% ao ano)	-	4,93	5,55	2,72	2,35
Nordeste	28.111,60	34.680,90	42.433,20	48.075,60	51.019,10
Variação (% ao ano)	-	2,13	2,03	1,26	1,2
Sudeste	39.850,70	51.560,00	62.648,30	73.038,00	78.472,00
Variação (% ao ano)	-	2,61	1,97	1,55	1,45
Sul	16.496,3	18.982,10	22.103,40	25.300,30	26.973,50
Variação (% ao ano)	-	1,41	1,53	1,36	1,29
Centro-Oeste	5.072,5	7.271,40	9.405,70	11.779,60	13.020,80
Variação (% ao ano)	-	3,67	2,61	2,28	2,02
Brasil	93.134,8	118.333,50	146.592,60	171.279,90	184.184,30
Variação (% ao ano)	-	2,42	2,16	1,57	1,46

Fonte: IBGE. Compilado pela EPE, 2007, p. 15. Adaptado pelo Autor.

Essa população está distribuída de forma desigual na extensão territorial, implicando também numa regionalização do suprimento de energia, já que este é direcionado para atender diretamente à carga. A Figura 6 apresenta essa distribuição populacional no período entre 1970 e 2005.

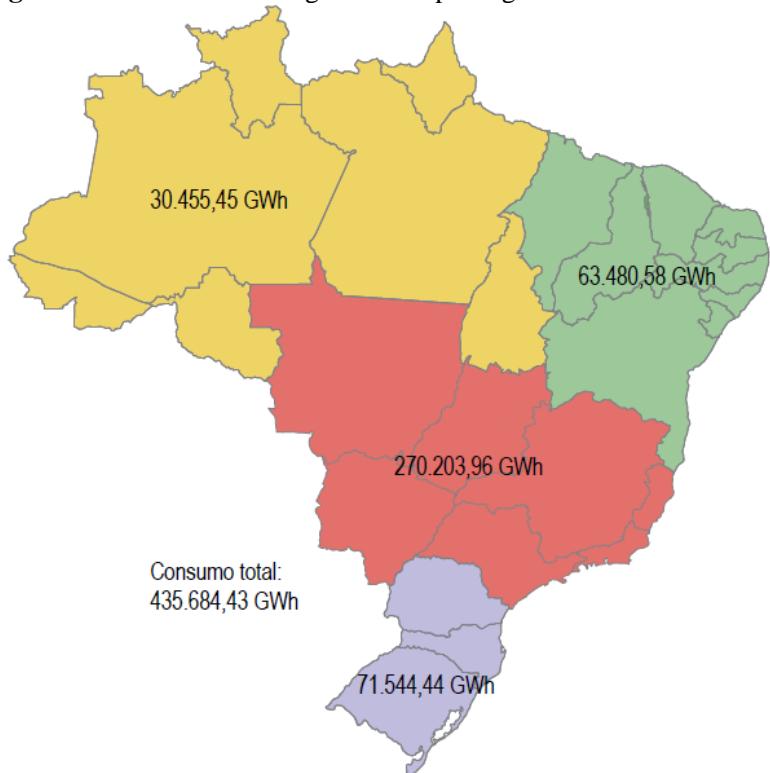
Figura 6 - Evolução da distribuição populacional nos anos de 1970 e 2005



Fonte: IBGE; Compilado pela EPE, 2007, p. 18.

Adicionalmente, a Figura 7 nos mostra como a carga do país está divida nas quatro principais regiões do país, de forma que possamos notar uma centralização dessa demanda por energia elétrica.

Figura 7 - Consumo de energia elétrica por região no ano de 2007



Fonte: ONS, 2008. *Apud*, ANEEL, 2008, p. 47.

Para geração e transmissão dessa energia, temos um sistema principal, o Sistema Interligado Nacional (SIN), composto por usinas, linhas de transmissão e ativos de distribuição. Temos também alguns sistemas isolados, que não são conectados ao SIN e que se concentram principalmente na região amazônica (ANEEL, 2008). O SIN é um dos mais complexos e eficientes do mundo, atendendo cerca de 98% do mercado de energia no Brasil (ONS, 2007. *Apud*, JARDIM, 2007), apresentando um índice de perdas de energia elétrica de aproximadamente 16% (EPE, 2011).

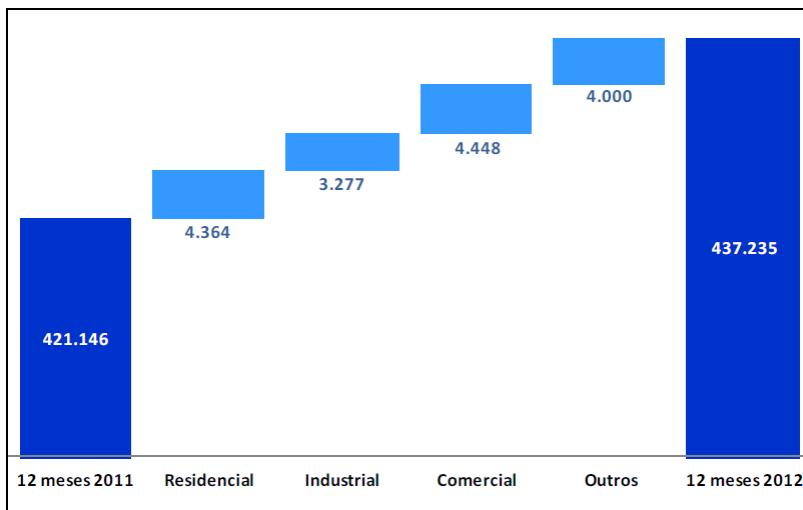
A parte de distribuição é formada por 61 concessionárias, atendendo 61 milhões de unidades consumidoras. Funcionam como intermédio entre o setor de energia elétrica e a sociedade, detendo o

monopólio de distribuição dentro de sua área de atuação. Exercem o papel principal de reduzir o nível de tensão com subestações, desta forma, as concessionárias levam a energia para os consumidores através de fios, transformadores e postes, fornecendo a energia dentro do nível de tensão para o uso do consumidor final (ANEEL, 2008).

2.2.3.1 Consumo Residencial

O consumo residencial representou em 2012 37,21% do consumo total de energia elétrica atendida através da rede (ANEEL, 2013), representando um montante de 118,6 TWh de consumo, frente aos 114 TWh no ano anterior. Podemos ver essa evolução no consumo de energia por parte dos consumidores e dos outros agentes na Figura 8.

Figura 8 - Composição por classe no consumo acumulado final em GWh

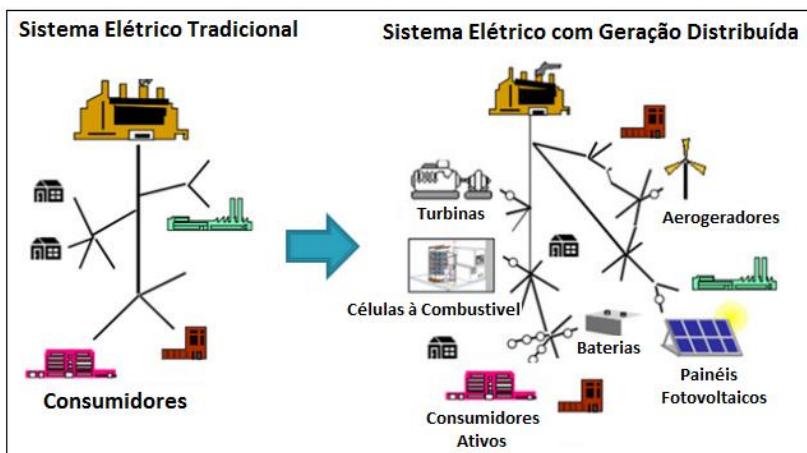


Fonte: EPE, 2012

2.3 GERAÇÃO DISTRIBUÍDA

Geração distribuída (GD) é, segundo o Instituto Nacional de Eficiência Energética (INEE, 2013), o termo designado para conceituar a geração elétrica junto ou próximo do consumidor final, independente da tecnologia e potência do sistema instalado. Esse conceito fica mais bem visualizado na Figura 9, onde temos a esquerda o sistema convencional com a geração centralizada e a direita o sistema com GD.

Figura 9 - Setor elétrico tradicional e com GD



Fonte: TREVISAN, 2011.

Com o sistema de GD, evitamos as perdas de um sistema centralizado, diminuindo custos e impactos ambientais (SALAMONI, 2004). Esse sistema possibilita que o consumidor deixe de ser um agente passivo no setor e que possa gerar energia conjuntamente ao seu consumo, se tornando um agente ativo. Isso já é a realidade de muitos países, principalmente no continente europeu (TREVISAN, 2011).

Esse sistema possibilita vantagens para alguns agentes envolvidos nessa relação, como para o consumidor, para a sociedade e para o setor

elétrico em si. Vantagens de natureza econômica, ambiental, técnica e social (RODRÍGUEZ, 2002).

Pela ótica do consumidor, temos vantagens quanto à confiabilidade e qualidade na energia consumida, já que seu sistema elétrico não pode tolerar variações na característica da energia gerada. Também temos o benefício quanto à economia que o sistema GD pode dar, em casos onde o custo da energia gerada por esse sistema for menor que a convencional (RODRÍGUEZ, 2002). Essa vantagem se torna uma possibilidade de política social por parte do governo.

Para o setor elétrico propriamente dito, temos a redução de custos possibilitados pela GD, já que esta reduz perdas nas linhas de transmissão e distribuição, além de proporcionar maior estabilidade na tensão fornecida. Também existe o fato de que a utilização de GD adia a necessidade de investimento em subestações e em capacidade no sistema (HOFF *et al.*, 1996).

Pelo lado da sociedade temos vantagens como a diversificação da matriz energética do país, fomentando a segurança nacional e o suprimento de energia elétrica. Pelo da economia, temos um aumento da atividade econômica local, promovendo o aumento de empregos e do nível de renda. E por último, na esfera ambiental, a GD promove a diminuição dos impactos ambientais tanto pelo tamanho do porte da instalação como também pela possibilidade de redução da emissão de dióxido de carbono, caso sejam utilizadas fontes renováveis nessa instalação (RODRÍGUEZ, 2002).

2.3.1 Principais Tecnologias Aplicadas à Geração Distribuída

As principais tecnologias utilizadas para GD são aquelas comprovadas tecnologicamente e que, evidentemente, estão comercialmente disponíveis. Com isso, temos a utilização principalmente de motores de combustão interna, turbinas a gás, células a combustível, eólica e fotovoltaica. Isso está representado na Tabela 2 a seguir, onde temos os tipos de tecnologia, a classificação quanto à fonte de combustível utilizado e outros detalhes.

Tabela 2 - Tecnologias comuns em sistemas GD e suas características

Tecnologia	Fonte de combustível	Interface	Pequeno < 100 kW	Intermediário 100 kW – 1 MW	Grande >1 MW
Pequenas turbinas a gás	Combustível fóssil e Biogás	Conexão direta			X
Motores recíprocos com geradores síncronos ou de indução	Combustível fóssil e Biogás	Conexão direta	X	X	X
Geotérmico	Renovável	Conexão direta		X	X
PCGs	Renovável	Conexão direta		X	X
Eólica	Renovável	Inversor	X	X	X
Fotovoltaico	Renovável	Inversor	X	X	
Células a combustível	Combustível fóssil e Renovável	Inversor	X	X	X
Solar térmico	Renovável	Conexão direta	X	X	X
Armazenamento em baterias	Rede elétrica	Inversor	X	X	X
Armazenamento em capacitores	Rede elétrica	Inversor	X	X	
Armazenamento em volantes	Rede elétrica	Inversor		X	X
SMES ⁶	Rede elétrica	Inversor		X	X
Micro turbinas	Combustível fóssil	Inversor	X	X	

Fonte: R.W. Beck & Distributed Utilities Associates (1999). *Apud.* RODRÍGUEZ, 2002, p. 15.

2.3.2 Geração Distribuída de Energia Fotovoltaica

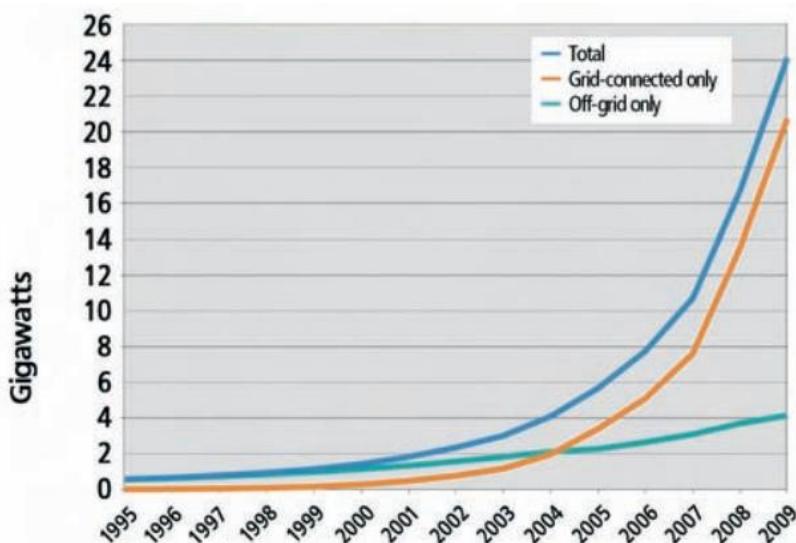
Estima-se que em um intervalo de 12 minutos, incida sobre a terra um equivalente de energia solar de mesmas proporções do consumo energético mundial anual. Concomitantemente, em três semanas, incidiria o equivalente a todas as reservas conhecidas de energia de combustíveis fósseis (RÜTHER, 2000).

A utilização de sistemas fotovoltaicos na GD através de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica (SFCR) apresentam o benefício de atuar com sinergia em relação ao sistema de distribuição, minimizando a carga nos pontos de geração. Como exemplo clássico, temos a utilização do ar condicionado no ponto de geração, onde coincide o momento de maior consumo de energia elétrica para utilização desse aparelho com o momento de maior geração de energia solar pelos SFCR. Além disso, esses sistemas poderão ser empregados

em áreas já ocupadas, de forma que não necessitem de uma área ou um desmatamento simplesmente para instalação do sistema (ABINEE, 2012).

Os sistemas fotovoltaicos são compostos por um ou mais módulos, baterias, controladores de carga, inversores e outros equipamentos de proteção (BRAGA, 2008). Já os SFCR dispensam o uso dos bancos de baterias, pois atuam como unidades geradoras em paralelo com a rede elétrica, podendo também ser integrados às edificações com funções de revestimento, estéticos, entre outros (RÜTHER, 2004). O reflexo desses benefícios de utilização são sinalizados pela proporção em que são inseridos os SFCR em relação aos não conectados à rede (*off-grid*), de forma que a Figura 10 nos mostra a massiva utilização por esse meio ao invés de sistemas isolados.

Figura 10 - Disposição da capacidade de geração FV no mundo, 1995-2009



Fonte: REN, 2010.

2.4 TECNOLOGIA FOTOVOLTAICA

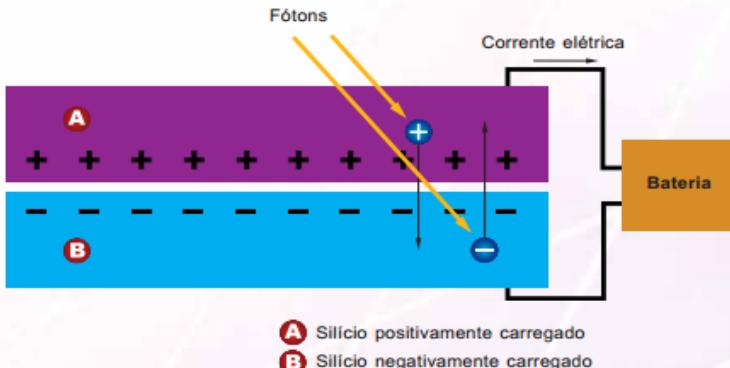
O aproveitamento da energia solar para geração de energia elétrica, conhecido como efeito fotovoltaico, foi descoberto em 1839 por Edmond Becquerel. Porém, apenas 44 anos depois é que se construíram as primeiras células fotovoltaicas. Hoje em dia, o conhecimento dessa maneira de gerar energia elétrica está se aprofundando, porém, os elevados custos ainda são um empecilho (RÜTHER, 2004; CASTRO, 2008).

Um sistema de geração fotovoltaico funciona como o próprio nome indica, a partir do efeito fotovoltaico. Este é caracterizado por converter a energia proveniente do sol em energia elétrica. Possui muitas vantagens, como o fato de não consumir combustível para seu funcionamento, ter uma vida útil de no mínimo 20 anos, ser silencioso, não poluir durante sua geração, ser resistente a intempéries e exigir pouca manutenção (SOLARTERRA, 2013).

Entretanto, a produção das células fotovoltaicas exige uma tecnologia sofisticada, elevados custos de produção além de um elevado consumo de energia para os processos de fabricação. Com isso, os sistemas conectados à rede abrem a possibilidade de contornar essas barreiras impostas pelo uso da tecnologia (SOLARTERRA, 2013).

As células são feitas geralmente de silício, material semicondutor, ou seja, possui características tanto de um isolante quanto de um condutor. Na forma primária de areia, o silício é trabalhado de maneira a purificá-lo, fase em que ainda não possui elétrons livres, e, portanto, é considerado um mau condutor. Para alterar essa característica, faz-se a dopagem do silício acrescentando outros materiais a ele, como por exemplo o fósforo e o boro, que tornam o cristal com carga negativa (silício tipo N) e positiva (silício tipo P), respectivamente. A célula fotovoltaica fica então composta por duas camadas de materiais com tais características, Tipo P e Tipo N, como ilustrado na Figura 11 (ABRAVIDRO, 2009; SOLARTERRA, 2013).

Figura 11 – Esquema de composição de uma célula fotovoltaica

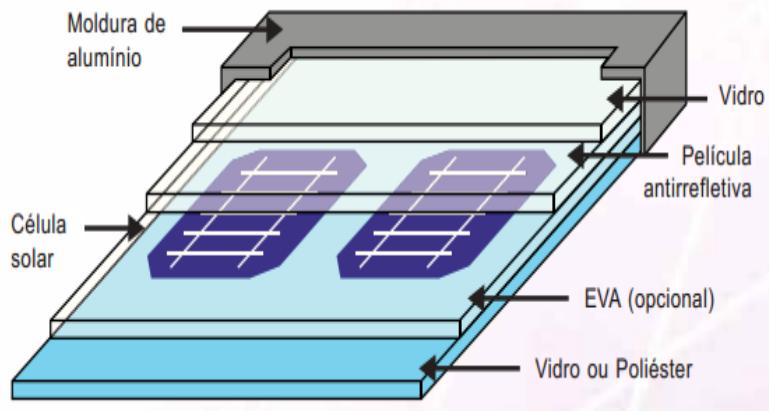


Fonte: ABRAVIDRO, 2009. Disponível em:
http://www.andiv.com.br/downloads/rep-esp/ovidroplano_440_agosto_fotovoltaicos.pdf

Juntando as duas camadas, forma-se um campo elétrico devido aos elétrons do silício tipo N que ocupam os vazios da estrutura do silício tipo P. Com a incidência de luz sobre a célula, os fótons provenientes da luz solar chocam-se com os elétrons forçando-os a se separar de seu núcleo, fazendo com que as duas camadas de silício fiquem eletricamente carregadas. Ao conectar externamente as duas camadas, gera-se um fluxo de elétrons. Enquanto houver luz incidindo nas células, esse fluxo não se interromperá (ABRAVIDRO, 2009; SOLARTERRA, 2013; IEI, 2009).

Em linhas gerais, o painel é composto por quatro camadas, com algumas variações em determinadas tecnologias FV. Essas quatro camadas são dispostas na seguinte ordem, com referência na parte exposta ao sol: Primeiramente, o vidro, com a função de fornecer a transparência e proteger a célula. Depois temos uma película antirrefletiva, para minimizar a luz refletida pelo vidro e assim perdida. Segundo a ordem temos a célula solar, cuja função já foi explicada, e por último, uma camada de vidro ou poliéster, para fechar a estrutura. A ilustração dessa organização pode ser verificada na Figura 12.

Figura 12 – Componentes do painel fotovoltaico

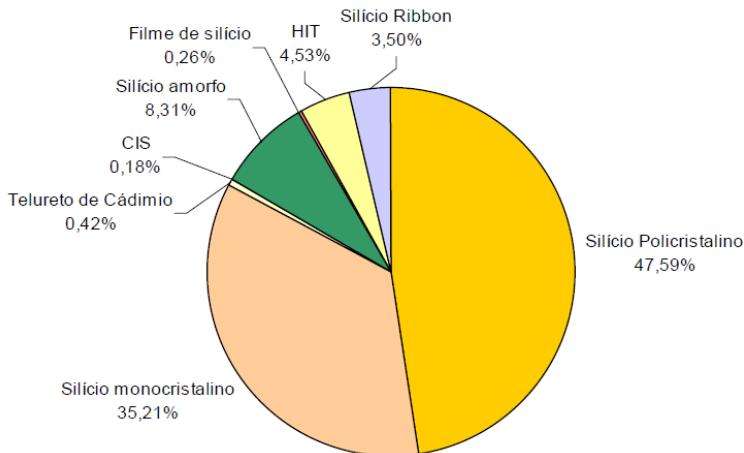


Fonte: ABRAVIDRO, 2009.

2.4.1 Principais Tecnologias das Placas Fotovoltaicas

No mercado de placas fotovoltaicas existem vários modelos com diferentes tecnologias aplicadas, ocorrendo variações quanto aos elementos utilizados e também à quantidade desses elementos. Na Figura 13 podemos perceber o percentual de placas no mercado de acordo com sua tecnologia, possibilitando que identifiquemos as principais tecnologias utilizadas. Optamos em estudar as 3 principais no mercado, sendo elas as de Silício Monocristalino (m-Si), Silício Policristalino (p-Si) e Silício Amorfo (a-Si).

Figura 13 - Mercado mundial das tecnologias FV no ano de 2001



Fonte: Goetzberger *et al*, 2002. *Apud.*, SALAMONI, 2004, p. 25.

2.4.1.1 Silício Monocristalino (m-Si)

As tecnologias m-Si e p-Si são as mais tradicionais e dominantes no mercado FV. Com isso, já estão num estágio de evolução tecnológica relativamente saturada, quanto à diminuição de custos e aumento de suas eficiências. As células com a tecnologia m-Si possuem o cristal de silício com elevados níveis de pureza, de 99,99% a 99,9999%, o que possibilita a essa tecnologia possuir um maior nível de eficiência quando comparada com as principais aqui estudadas (RÜTHER, 2004).

2.4.1.2 Silício Policristalino (p-Si)

O silício policristalino (p-Si) apresenta menor eficiência em relação ao m-Si, sendo também mais barato, já que não possui uma perfeição nos cristalinos igual a do m-Si. Quanto ao processo de fabricação, é um processo mais simples, o que implica numa certa

desordem e impureza de seus cristais, justificando a menor eficiência e custo (RÜTHER, 2004).

2.4.1.3 Silício Amorfo (a-Si)

A produção dessas células é diferente daquelas de silício cristalino, tendo uma eficiência significativamente menor. São feitos a partir de depósitos de uma camada fina de algum outro material semicondutor em um substrato, usualmente lâminas de vidro. Devido esses procedimentos construtivos, possuem características estéticas de um vidro, o que permite que os substitua nas construções ou até mesmo serem flexíveis e baratos (ALSEMA, 2002).

3 ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Para calcularmos a relação custo benefício do uso de placas fotovoltaicas conectadas à rede elétrica em cada estado, foi necessário um levantamento e cruzamento de dados a priori. Junto desse levantamento de dados, precisamos estabelecer valores para determinados fatores e optar por certas variáveis. Isso é explicado no decorrer de cada etapa exposta abaixo.

3.1 PREÇO DA TARIFA

Com a possibilidade de gerar energia conectado diretamente à rede e criar créditos de energia, o benefício da instalação dos sistemas de geração para o consumidor é quantificado pelo preço final pago pela energia do estado em questão, já que essa compensa seu consumo. Isto posto, para avaliarmos a viabilidade econômica para as famílias, precisamos levantar o preço da tarifa da classe de consumo residencial B1 de cada distribuidora.

Salientamos que o preço da energia é o homologado pela ANEEL, no qual possui vigência do começo de 2013 até meados do mesmo ano, variando de uma concessionária para outra no término da vigência. Já o preço pago pelo consumidor não é apenas o homologado, e sim, este acrescido de alguns impostos estaduais e federais. Desta forma, o preço final pago é dado por (ANEEL, 2013):

$$P_{final} = \frac{\text{Tarifa ANEEL}}{1 - (PIS + COFINS + ICMS)} \quad (1)$$

Em que,

P_{final} = Preço final pago pelo consumidor após incidência de impostos;

Tarifa ANEEL = Tarifa homologada pela ANEEL;

PIS + COFINS = Tributos federais referentes aos Programas de Interação Social e a Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social e

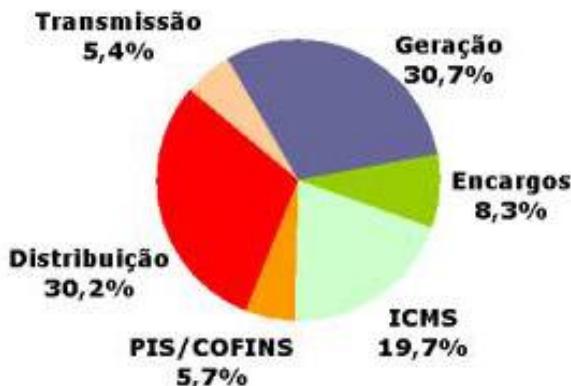
ICMS = Tributo estadual, referente ao Imposto sobre a Circulação de Mercadorias e Serviços.

3.1.1 PIS/COFINS

O Setor Elétrico, de um modo geral, a exemplo de outros segmentos da economia, enquadra-se no regime não cumulativo de tributação. As alterações na forma de cálculo e de recolhimento destas contribuições implicaram em retirar da tarifa de energia o PIS e COFINS quando da homologação pela ANEEL, e transferiu a responsabilidade pelo cálculo e repasse às distribuidoras de Energia Elétrica. Por conta disso, as alíquotas de PIS/COFINS, a serem repassadas via fatura de energia elétrica, variam de um mês para o outro, sendo apresentadas na própria conta de energia elétrica e calculadas com base no conceito universal de formação de preço: “cálculo por dentro” (CPL Piratininga, 2013).

Optamos por utilizar um valor médio visto no longo do tempo, além de também utilizado por trabalhos da área de interesse. Assim, acabamos por considerar como um somatório destes dois tributos o valor de 5,7%, valor utilizado em um trabalho elaborado pelo professor Ricardo Rüther que consta no site do senado, com o título de: Potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil e projetos vitrine Estádios Solares e Aeroportos Solares. Esse valor consta na Figura 13 a seguir.

Figura 13 - Composição da tarifa média residencial para 1kWh de eletricidade



Fonte: ABRADEE – Associação Brasileira de Distribuidores de Energia Elétrica. *Apud*, RÜTHER, 2013.

3.1.2 Preço da Energia

No preço da energia, consideramos um aumento médio de 3,5% ao ano. A escolha desse valor deve-se ao fato de termos que escolher alguma taxa, mesmo considerando as mudanças no setor elétrico atuais. Optamos por uma postura conservadora na escolha do valor desta variável, condizente com a postura frente à escolha das outras variáveis do trabalho presente. Conservadora, pois, quando comparamos esse valor com o de outros trabalhos na área, temos valores usuais na faixa de 4% e 7%, ao ano, como visto no trabalho apresentado por Ricardo Rüther e demais autores no XII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, realizado no ano de 2008 (RÜTHER, *et al.* 2008)

3.1.3 ICMS

O ICMS varia de estado para estado e também na faixa de consumo. Levamos em conta o consumo médio residencial para cada estado, após isso, levantamos o valor da alíquota referente a esse consumo, obtendo os valores abaixo listados.

Tabela 3 - Preço da tarifa final atual

Estado	kWh médio mensal	Preço da energia [R\$/kWh]	Impostos		Preço Final
			ICMS	PIS/COFINS	
Acre	166,50	0,37	0,17	0,057	0,48
Alagoas	100,20	0,30	0,17	0,057	0,39
Amapá	239,40	0,20	0,17	0,057	0,26
Amazonas	185,10	0,27	0,25	0,057	0,39
Bahia	99,90	0,29	0,25	0,057	0,42
Ceará	108,30	0,31	0,20	0,057	0,41
Distrito Federal	217,90	0,24	0,12	0,057	0,29
Espírito Santo	153,80	0,32	0,25	0,057	0,45
Goiás	142,70	0,30	0,29	0,057	0,45
Maranhão	100,80	0,37	0,12	0,057	0,44
Mato Grosso	178,30	0,34	0,17	0,057	0,44
Mato Grosso do Sul	156,30	0,33	0,17	0,057	0,42
Minas Gerais	120,70	0,35	0,30	0,057	0,54
Pará	127,30	0,32	0,25	0,057	0,46
Paraíba	102,80	0,32	0,20	0,057	0,43
Paraná	166,00	0,24	0,29	0,057	0,37
Pernambuco	120,00	0,30	0,25	0,057	0,43
Piauí	97,80	0,36	0,20	0,057	0,49
Rio de Janeiro	168,50	0,31	0,18	0,057	0,41
Rio Grande do Norte	128,70	0,31	0,17	0,057	0,40
Rio Grande do Sul	173,70	0,26	0,17	0,057	0,34
Rondônia	203,40	0,34	0,17	0,057	0,44
Roraima	254,60	0,31	0,17	0,057	0,41
Santa Catarina	196,00	0,26	0,17	0,057	0,33

São Paulo	204,60	0,31	0,12	0,057	0,37
Sergipe	108,40	0,24	0,25	0,057	0,34
Tocantins	124,30	0,34	0,25	0,057	0,50
Média brasileira	153,56	0,30	0,20	0,057	0,41

Fonte: Para kWh médio mensal, EPE, 2012. Para preço da tarifa, ANEEL, 2013.
Elaborado pelo autor.

3.2 SISTEMA FOTOVOLTAICO UTILIZADO

3.2.1 Da Tecnologia

A tecnologia da placa que utilizamos para fazer os cálculos foi a tecnologia p-Si, por apresentar melhores resultados de viabilidade econômica em estudos da área, como na dissertação de pós-graduação elaborada por Danilo de Freitas Melo em 2010 na UFSC. Utilizamos então um modelo da marca japonesa KYOCERA, com as características apresentadas na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados de mercado de uma placa p-Si

Tecnologia	Fabricante	Modelo	Potência (w)	Área (m ²)
p-Si	Kyocera	KD240GX-LFB	240	1,64

Fonte: Dados do fabricante. Elaborado pelo autor.

3.2.2 Das Características do Sistema

Com o modelo da placa escolhido, elaboramos um sistema de geração fotovoltaica que consideramos ter um tamanho razoável para aplicação de um modo geral e para utilizarmos no nosso estudo. É evidente que cada consumidor deve adequar o sistema FV para sua residência de forma individual e levando em conta suas particularidades. Esse é apenas um modelo genérico para fins avaliativos, pois considerações particulares devem ser respeitadas.

Todavia, essas adaptações não implicam ineficiência do trabalho tão pouco no estudo, pois a alteração do tamanho do sistema é incorporada aos cálculos de forma proporcional à variação realizada, resultando em um mesmo índice de avaliação econômica custo benefício.

O rendimento do sistema foi escolhido considerando que os sistemas fotovoltaicos interligados dispensam o uso de baterias, os quais correspondem a 45% do custo do sistema durante sua vida útil, além do fato do rendimento passar de 50% para 84% por não ter as perdas do sistema de armazenamento, aproveitando com mais eficiência a energia solar disponível sobre o painel (SHAYANI, *et al.* 2006). Desta forma, adotamos neste estudo o valor de 0,8, para manter a segurança e seriedade na análise, como vemos na Tabela 5 os dados do sistema.

Tabela 5 - Dados do sistema utilizado na análise

Nº módulos	kWp instalado	Área total	Rendimento sistema	Eficiência [%]
10	2,4	16,4538	80%	14

Fonte: Dados do fabricante. Elaborado pelo autor.

Os módulos que estamos utilizando apresentam eficiência fornecida nos dados do fabricante de 14%. Porém, sabe-se que os módulos são etiquetados nos padrões de testes normais (*Standard Test Conditions*) a uma temperatura da célula de 25°C, submetidos a uma irradiação de 1000W/m² e um espectro de massa de ar de 1,5. Não obstante, durante sua operação estes trabalharão com temperaturas de 45°C, o que faz necessário recalcular a eficiência do módulo, agravado pelo fato de que o coeficiente entre eficiência e temperatura é negativo (TAKENAKA, 2010; KURTZ, S.A *et al.*, 2000). Para o silício policristalino, esse coeficiente é de -0,4%/°C (BAZILIAN, 2001. *Apud* SALAMONI, 2004).

Para calcular a nova eficiência, foi necessário calcular a variação da eficiência (ΔEff) com a variação da temperatura, para chegarmos à eficiência nominal de operação da célula (EFFnoct). Utilizamos as equações 2 e 3 (SALAMONI, 2004) a seguir.

$$\Delta Eff = (NOCT - STC) \times TCOeff \quad (2)$$

Em que,

ΔEff = Variação da eficiência;
 NOCT = Temperatura de operação nominal, no caso, 45°C;
 STC = Temperatura de operação padrão de teste, 25°C e
 TCOeff = Coeficiente de temperatura de operação.

$$EFFnoct = EFFstc \times \{100 - (|TCOeff| \times \Delta T)\} / 100 \quad (3)$$

Em que,

EFFnot = Eficiência nominal da célula;
 EFFstc = Eficiência nos padrões de testes normais;
 TCOeff = Coeficiente de temperatura de operação e
 ΔT = Variação da temperatura do teste e de funcionamento.

3.2.3 Custos de instalação do sistema fotovoltaico

Os custos de instalação do sistema precisaram ser levantados para que pudéssemos calcular a relação custo benefício. Foi adotado um preço de 5.000 euros/kWp instalado para os geradores FV, assumindo que esses custos declinam 5% ao ano, que o sistema tem um custo de manutenção de 1% também ao ano e que serão utilizados por 25 anos (RÜTHER, SALAMONI, *et al*, 2008). Acrescentamos que esses custos considerados são distribuídos na seguinte proporção: painéis (60%), instalação (15%), materiais de instalação (10%) e inversor (15%) (RÜTHER, 2004).

Desta forma, o custo total de instalação de um sistema de 2,4kWp, com 10 módulos de p-Si, uma taxa cambial de R\$2,64 (cotação feita dia 1 de maio de 2013), e uma taxa de juros de 8% a.a, resulta em uma quantia de R\$24.513,38. Considerando os custos de manutenção para toda a duração do sistema, o custo total do sistema totaliza em R\$27.130,13, como apresentado na Tabela 6.

Tabela 6 - Custos de instalação do sistema

Nº módulos	kWp instalado	Custo total	1% total	Valor presente da manutenção	Custo Total do Sistema
10	2,4	R\$ 24.513,38	R\$ 245,13	R\$ 2.616,75	R\$ 27.130,13

Fonte: Elaborado pelo autor.

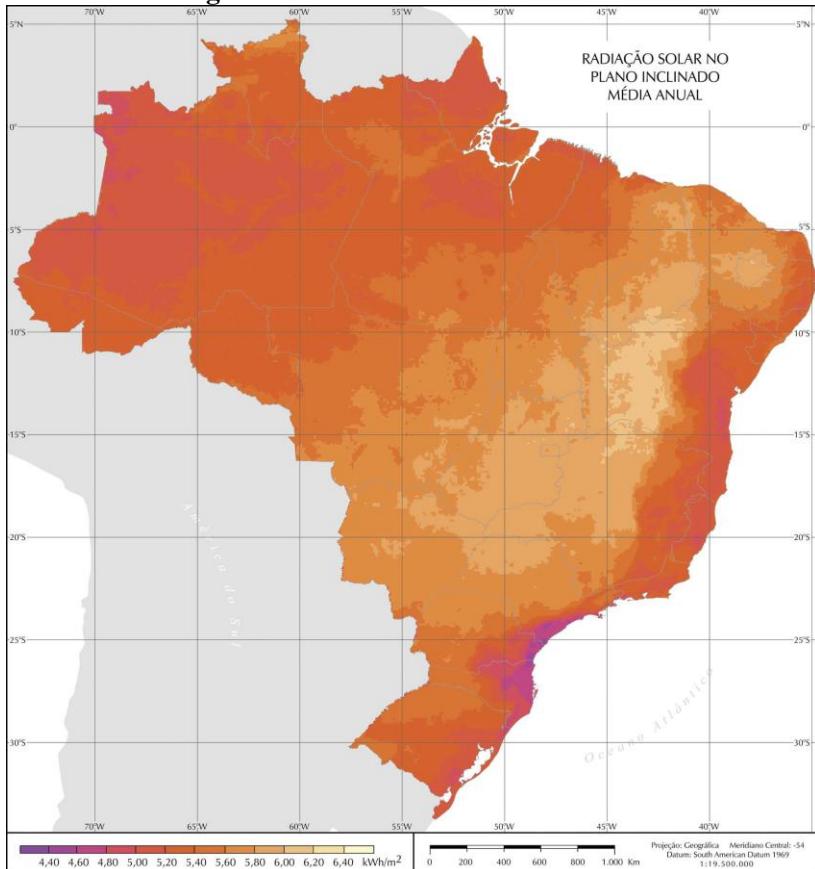
3.3 DA TAXA DE JUROS

Como queríamos uma taxa que estivesse sendo aplicada no setor e que representasse a dinâmica macroeconômica atual, optamos por trabalhar com a mesma taxa utilizada no Plano Nacional de Energia 2030 da EPE, considerada neste como um valor aderente aos cenários macroeconômicos formulados, além de ser compatível com uma análise de investimento de longo prazo e conciliável com custo de capital próprio (EPE, 2012). Então, o valor considerado para fins nesse trabalho foi o de 8% ao ano.

3.4 POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA EM CADA ESTADO

Com o custo de instalação total do sistema e de sua manutenção denotados, passamos então para a estimativa da receita que esse sistema fornecerá durante sua utilização. Primeiramente precisamos levantar a irradiação média anual incidente sobre cada estado, para isso utilizamos os valores divulgados no Atlas Brasileiro de Energia Solar de 2006.

O mapa a seguir (Figura 14) mostra as médias anuais da irradiação solar diária incidente sobre um plano com inclinação igual à latitude do pixel considerado. Essa configuração é a que possibilita a máxima captação da energia solar incidente (PEREIRA, *et al.* 2006).

Figura 14 - Atlas Solarimétrico do Brasil

Fonte: PEREIRA, Enio Bueno *et al.* 2006.

Utilizamos um valor médio por estado, considerando que um mesmo estado possui diferentes valores de radiação solar. Desta forma, montamos a Tabela 7, com os níveis estabelecidos para cada estado.

Tabela 7 - Radiação solar média para cada estado

Estado	Irradiação Anual Média [kWh/m ²]
Acre	5,50
Alagoas	5,50
Amapá	5,10
Amazonas	5,10
Bahia	5,90
Ceará	5,90
Distrito Federal	6,10
Espírito Santo	4,80
Goiás	5,90
Maranhão	5,80
Mato Grosso	5,90
Mato Grosso do Sul	5,90
Minas Gerais	6,10
Pará	5,30
Paraíba	5,20
Paraná	5,60
Pernambuco	5,30
Piauí	6,00
Rio de Janeiro	5,10
Rio Grande do Norte	5,50
Rio Grande do Sul	5,60
Rondônia	5,10
Roraima	5,20
Santa Catarina	4,80
São Paulo	5,90
Sergipe	5,30
Tocantins	5,60
Média brasileira	5,52

Fonte: PEREIRA, Enio Bueno *et al.* 2006. Elaborado pelo autor.

3.4.1 Quantidade de Energia Gerada

A quantidade de energia gerada pelo nosso sistema em cada estado brasileiro foi obtida através da Equação 4.

$$E = \frac{A \times Eff \times R \times I}{100} \quad (4)$$

Em que,

E = Energia gerada pelo sistema (kWh/dia);

A = Área total do sistema (m^2);

Eff = Eficiência de conversão da tecnologia utilizada (%);

R = Rendimento do sistema, no caso 0,8 e

I = Irradiação solar anual média de cada estado (kWh/ m^2)

Após obter os resultados, multiplicamos o valor resultante por 30 para chegarmos na energia mensal. Para quantificarmos a receita anual gerada pelo sistema instalado em cada estado do Brasil, multiplicamos o valor de geração mensal de cada estado por doze, para obter a geração anual, restando apenas multiplicarmos pelo valor final da tarifa correspondente de cada estado, obtendo os valores presentes na tabela 9, página 58.

3.5 RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO ATUAL COM *NET METERING*

Iremos simular o sistema *net metering*, onde o consumidor irá pagar pela diferença entre sua geração e consumo, de acordo com a Resolução nº 482/2012 da ANEEL. Desta forma, a energia é valorada pelo preço final cobrado do consumidor de cada estado.

Para avaliarmos economicamente o projeto, recorremos a uma metodologia proposta pela ANEEL no seu Manual para Elaboração de Eficiência Energética, publicado no ano de 2008 (ANEEL, 2008). Este manual trabalha com metodologias para vários tipos de projetos e

situações, optamos pela metodologia que a ANEEL propõe ser utilizada para todos os projetos. Que é dada pela Equação 5:

$$RCB = \frac{\text{Custos Anualizados}}{\text{Benefícios Anualizados}} \quad (5)$$

Em que,

RCB = Relação Custo Benefício;

Custos Anualizados = Custo Total x FRC e

Benefícios Anualizados = Benefício total x FRC; Ou, nesse caso, a receita da geração de energia anual de cada estado, como esta é considerada constante.

$$FRC = \frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (6)$$

Em que,

FRC = Fator de recuperação do capital;

i = Taxa de juros utilizada e

n = Número de períodos do projeto.

Com a Fórmula 6 podemos chegar nos valores de RCB para cada estado, dado o sistema utilizado e as condições atuais, lembrando que como a relação é de custos comparado com o benefício, valores maiores que 1 representam custos maiores que benefícios, e vice e versa. A interpretação do índice é de que para cada R\$ x (resultado do índice RCB) de custo, teremos R\$1,00 de benefício.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção iremos apresentar os resultados obtidos após a aplicação metodológica, além de ponderar alguns fatos e levantar algumas discussões, seja através de comparação quantitativa ou qualitativa.

4.1 EFICIÊNCIA DE OPERAÇÃO DA PLACA

Após aplicarmos as Fórmulas 2 e 3, chegamos no real valor de eficiência da célula que estamos trabalhando. Temos essa eficiência na Tabela 8, mostrando uma redução de 1,12 pontos percentuais em relação ao dado da eficiência fornecida pelo fabricante (tabela 5).

Tabela 8 - Novos dados recalculados de eficiência

Tecnologia	Fabricante	Modelo	EFFnoct (%)
p-Si	Kyocera	KD240GX-LFB	12,88

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.2 GERAÇÃO MENSAL DE ENERGIA POR CADA ESTADO E SUA RECEITA

Esse sistema idealizado apresentou uma renda anual média para cada estado de acordo com o exposto na Tabela 9. Nesta temos uma média de R\$1.392,19 anuais para o país.

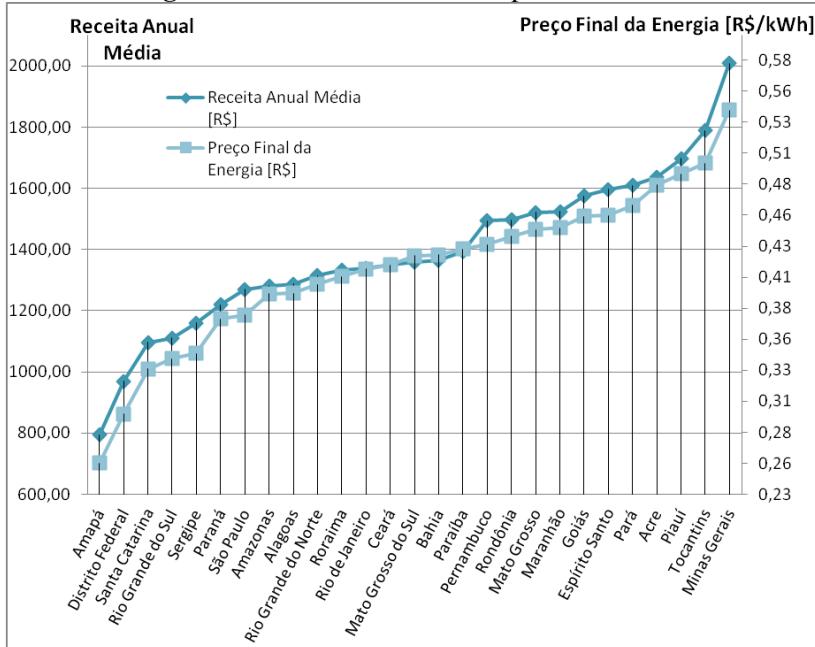
Tabela 9 - Geração mensal por cada estado

Estado	Irradiação Anual Média [kWh/m ²]	Geração mensal [kWh]	Receita Anual Média [R\$]
Acre	5,50	279,74	1609,40
Alagoas	5,50	279,74	1315,53
Amapá	5,10	259,40	794,46
Amazonas	5,10	259,40	1219,00
Bahia	5,90	300,09	1523,92
Ceará	5,90	300,09	1493,77
Distrito Federal	6,10	310,26	1097,16
Espírito Santo	4,80	244,14	1332,04
Goiás	5,90	300,09	1635,74
Maranhão	5,80	295,00	1574,72
Mato Grosso	5,90	300,09	1597,03
Mato Grosso do Sul	5,90	300,09	1520,91
Minas Gerais	6,10	310,26	2009,20
Pará	5,30	269,57	1497,26
Paraíba	5,20	264,48	1357,60
Paraná	5,60	284,83	1269,71
Pernambuco	5,30	269,57	1394,61
Piauí	6,00	305,17	1788,25
Rio de Janeiro	5,10	259,40	1281,65
Rio Grande do Norte	5,50	279,74	1339,85
Rio Grande do Sul	5,60	284,83	1159,53
Rondônia	5,10	259,40	1363,57
Roraima	5,20	264,48	1287,01
Santa Catarina	4,80	244,14	969,48
São Paulo	5,90	300,09	1348,92
Sergipe	5,30	269,57	1111,00
Tocantins	5,60	284,83	1697,77
Média brasileira	5,52	280,68	1392,19

Fonte: Elaborado pelo autor.

Já na Figura 15, temos a disposição da receita anual gerada de forma crescente, comparando com o preço da energia final do estado em questão.

Figura 15 - Receita anual média por estado em reais



Fonte: Elaborado pelo autor.

Os maiores resultados de RCB foram obtidos no Amapá, seguido pelo Distrito Federal e Santa Catarina. Obtendo as maiores receitas, temos em primeiro lugar o estado de Minas Gerais, gerando R\$2009,20 em forma de energia, seguido por Tocantins e Piauí.

Aqui estamos levantando o benefício da análise econômica, e esse é ponderada pelo preço da tarifa, fato que possui relação com o fato de o Amapá ter a energia mais barata do país, e em contrapartida, Minas Gerais ter a energia mais cara do país, como ilustrado na Figura 15.

4.3 RELAÇÃO CUSTO BENEFÍCIO ATUAL COM NET METERING

Com a possibilidade do sistema de compensação, sem considerar nenhuma forma de incentivo e nas condições atuais do setor, não teremos um índice de viabilidade positivo na maioria dos estados. A tabela 10 a seguir traz o resultado do RCB para cada estado.

Tabela 10 - RCB de cada estado no contexto atual analisado

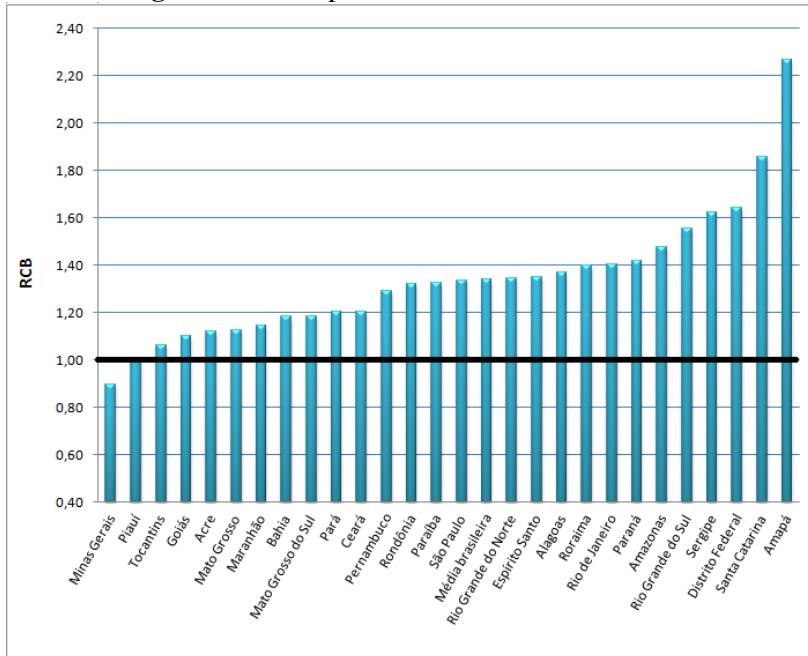
Estado	RCB
Acre	1,12
Alagoas	1,37
Amapá	2,27
Amazonas	1,48
Bahia	1,18
Ceará	1,21
Distrito Federal	1,64
Espírito Santo	1,35
Goiás	1,10
Maranhão	1,14
Mato Grosso	1,13
Mato Grosso do Sul	1,18
Minas Gerais	0,90
Pará	1,20
Paraíba	1,33
Paraná	1,42
Pernambuco	1,29
Piauí	1,01
Rio de Janeiro	1,41
Rio Grande do Norte	1,34
Rio Grande do Sul	1,55
Rondônia	1,32
Roraima	1,40
Santa Catarina	1,86
São Paulo	1,34
Sergipe	1,62

Tocantins	1,06
Média brasileira	1,34

Fonte: Elaborado pelo autor.

Para o indicador começar a apresentar viabilidade econômica, este tem que resultar em valores menores que 1, já que a interpretação do mesmo é de que a cada R\$ x (x = valor do índice) investidos teremos R\$1,00 de benefício. Com isso, a fronteira do índice igual a 1 representa uma mudança no sentido do índice, podendo representar uma atração para o consumidor investir nos SFCR de acordo com sua pretensão e disposição para realizar o projeto. Vamos visualizar a Figura 16, quão longe estão os estados dessa fronteira, além de perceber a disposição dos estados em ordem crescente de acordo com o resultado obtido.

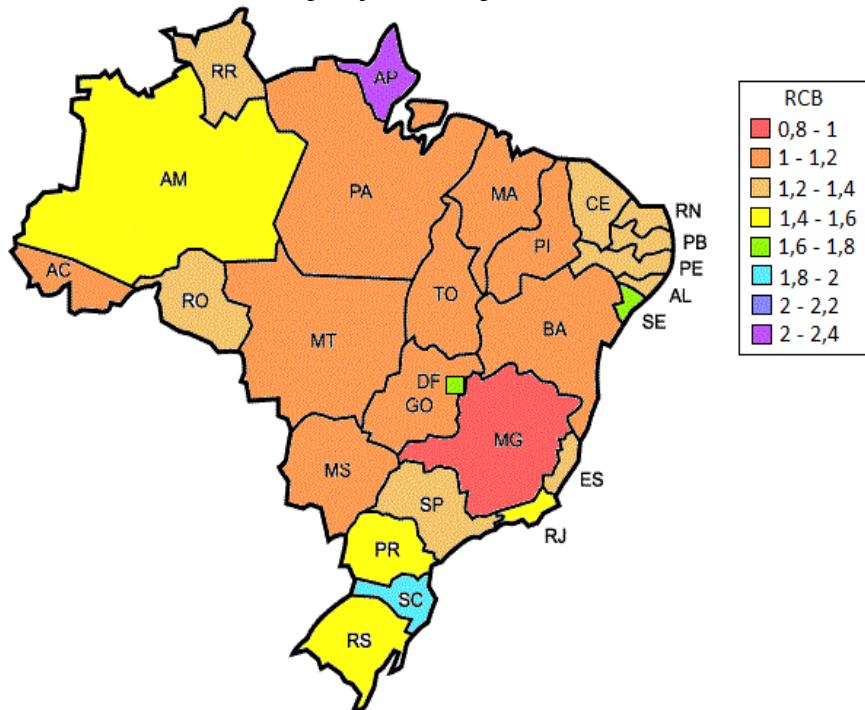
Figura 16 - RCB por Estado em ordem Crescente



Fonte: Elaborado pelo autor.

A disposição desses valores de acordo com a região fica visualizado na Figura 17, onde temos cada estado colorido com uma cor referente a seu índice de RCB, de modo que quanto mais fria a cor pior é o resultado de viabilidade daquele estado. Percebemos uma regionalização também da cor, pelo fato de a irradiação solar e o potencial de geração de cada região ser parecido.

Figura 17 - Valores de RCB para instalação de SFCR com disposição no Mapa do Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor.

Estados como Santa Catarina, Sergipe e Rio de Janeiro e também o Distrito Federal, acabam destoando a regionalização supracitada. Estes possuem características do preço da tarifa significativamente diferentes

dos demais estados, estando entre as mais baratas do país, como apresentado na Figura 15.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados nesse trabalho mostram que em apenas um estado, Minas Gerais, é viável economicamente instalar nosso sistema idealizado de placas fotovoltaicas conectadas à rede. Além de um alto nível de irradiação quando comparado com os outros estados, Minas Gerais apresenta a tarifa de energia mais cara do país, o que pesou para atingir esse índice favorável.

O resultado aqui atingido, porém, deve ser encarado para incentivar e engajar o conceito de geração fotovoltaica de energia elétrica, disseminando suas características e apresentando para a população suas vantagens e possibilidades dentro do panorama atual brasileiro. Em um país com todas essas características levantadas no trabalho, e com todo esse potencial de aproveitamento da energia fotovoltaica, essa fonte renovável de energia não pode continuar sendo desprezada.

As placas fotovoltaicas representam a oportunidade de cada cidadão contribuir com a redução de emissões de dióxido de carbono na atmosfera, com o desmatamento para construção de hidrelétricas, com a utilização de combustível fóssil e também o tamanho de suas "pegadas ecológicas". Representa também uma possível economia financeira nos casos onde essa já é viável, liberando a parcela de gasto evitado com energia elétrica para outras funções.

Se pensarmos no nosso impacto individual para o setor de energia elétrica, e consequentemente nas ações que este precisa tomar para atender nossa demanda, os índices econômicos podem ganhar outras variáveis.

Projetar o futuro nos alerta mais ainda para a necessidade dessa geração distribuída. Temos uma previsão de crescimento do consumo residencial de energia na ordem de 55% de 2011 até 2021, em termos absolutos, isso representa 61.474GWh (EPE, 2011). Como mostra a Figura 18.

FIGURA 18 - Consumo setorial brasileiro de eletricidade na rede em GWh

Ano	Residencial
2011	112.232
2012	117.088
2013	122.550
2014	128.251
2015	134.079
2016	140.053
2017	146.446
2018	153.029
2019	159.794
2020	166.749
2021	173.706

FONTE: Adaptado de EPE, 2011. NOTA TÉCNICA
DEA 16/11 - Projeção da Demanda de Energia Elétrica
para os próximos 10 anos (2012-2021)

Para atender essa demanda e a dos demais setores, temos além de outras medidas, a construção da usina hidrelétrica Belo Monte, com previsão de início de funcionamento para 2015. Segundo o governo, quando concluirá, ela irá gerar cerca de 38.790 GWh (BRASIL, 2013). Isso implica que, até 2021, precisaremos de duas Belo Monte funcionando para suprir apenas o setor residencial. Se analisarmos que sua obra começou em 2011, e que possui previsão para que a última turbina entre em operação em 2019 (BRASIL, 2013), essas duas Belo Monte deveriam começar a ser construídas no presente ano de 2013 para atender essa futura carga.

Considerando que as residências são responsáveis por cerca de 37,21% do consumo total (ANEEL, 2012), e que possuem previsão de aumentar 55% até 2021 (EPE, 2011), esse grupo consumidor demandará esforços no futuro para garantir seu suprimento. Na situação de viabilidade que encontramos hoje em dia, apenas um estado poderia

auxiliar no suprimento da demanda de energia elétrica prevista, isso implica que situações como a de Belo Monte terão que ocorrer muitas outras vezes se depender dos índices de viabilidade dos SFCR.

Com a informação que obtemos de que a cada ano o valor do kWp diminui 5%, e ainda considerando o efeito do aumento da tarifa de 3,5% ao ano, calculamos uma taxa efetiva de redução do RCB com o comportamento mútuo dessas variáveis. Esse resultado é esboçado na Tabela 11.

Tabela 11- Taxa efetiva de redução do RCB

Redução do preço do kWp	Preço da tarifa	Taxa Efetiva
5%	3,5%	8,21%

Fonte: Elaborado pelo autor.

Com a taxa efetiva de 8,21% ao ano de redução no RCB, calculamos quanto tempo seria necessário para que em cada estado os consumidores finais pudessem gerar sua própria energia e proporcionar os benefícios pela sua geração à sociedade e a si mesmos. Chegamos nos resultados expostos na Tabela 12

Tabela 12- Equivalência em anos para atingir valores viáveis pra cada estado

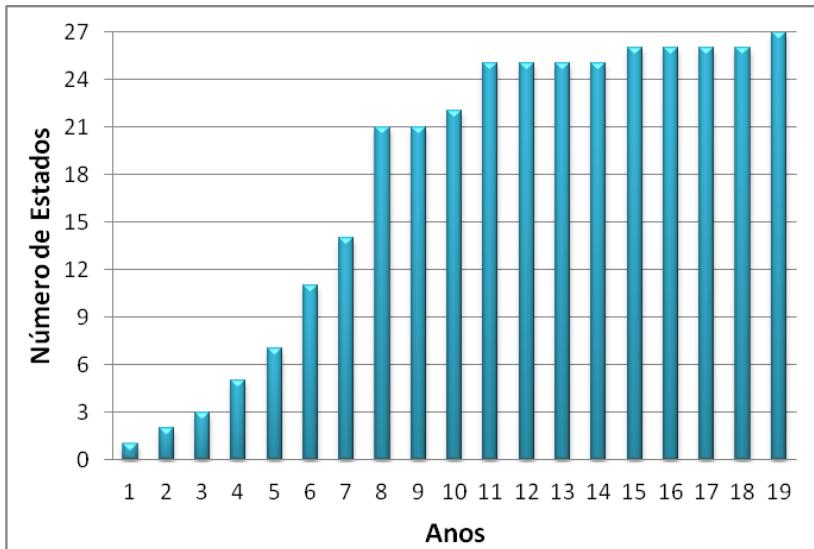
Estado	Equivalente em anos
Acre	2
Alagoas	7
Amapá	18
Amazonas	9
Bahia	5
Ceará	5
Distrito Federal	10
Espírito Santo	7
Goiás	3
Maranhão	4
Mato Grosso	4
Mato Grosso do Sul	5
Minas Gerais	0
Pará	5
Paraíba	7
Paraná	7
Pernambuco	6
Piauí	1
Rio de Janeiro	7
Rio Grande do Norte	7
Rio Grande do Sul	10
Rondônia	6
Roraima	7
Santa Catarina	14
São Paulo	6
Sergipe	10
Tocantins	3
Média do Brasil	6,48

Fonte: Elaborado pelo autor.

Temos uma média de tempo necessário para viabilização de 6,48 anos. Quando no tempo que ainda temos para a previsão feita pela EPE para 2021, 8 anos, o resultado obtido é de que até lá, 21 estados já apresentarão viabilidade econômica para instalação dos SFCR,

considerando as variáveis aqui apresentadas com comportamento constantes. Podemos perceber o acumulado de estados que vão se tornando atrativos no decorrer do tempo com a Figura 19.

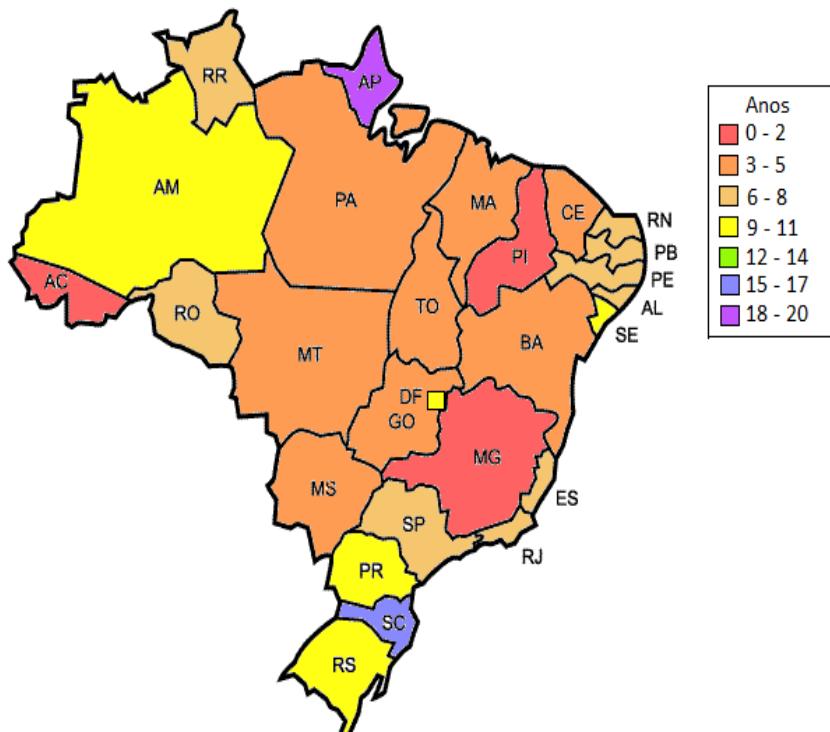
Figura 19 - Acumulado de estados frente o passar dos anos com a taxa efetiva



Fonte: Elaborado pelo autor.

Vemos na Figura 19 que precisaremos de 15 anos para os estados e o Distrito Federal se tornarem viáveis, com exceção do Amapá, que precisará de 19 anos. Em termos de distribuição espacial desses resultados em cada estado, ficamos com o disposto na Figura 20.

Figura 20 - Quantidade de anos equivalente para viabilizar os SFCR em cada estado



Fonte: Elaborado pelo autor.

Para os consumidores que se interessam por instalar os SFCR e consideram unicamente o resultado de viabilidade econômica dos mesmos, só quem mora em Minas Gerais pode realizar esses projetos. Mesmo assim, não se vê por parte do governo incentivos de fomento da GD muito menos da utilização de placas FV. Precisa-se que os índices sejam apresentados ao povo e que suas vantagens e possibilidades também. Desta forma, não será efetivo, mesmo que questionável, deixar o tempo resolver o problema de viabilidade, já que sem a instrução e o conhecimento pouco será feito por parte de cada consumidor final. Esses índices precisam ser alterados e se tornar viáveis o quanto antes.

5.1 SUGESTÕES DE NOVOS TRABALHOS

A partir dos dados fornecidos pelo presente estudo, sugere-se a elaboração de uma política de incentivo considerando aspectos quanto sua aplicação. Analisando onde seria melhor começar, com que investimento começar, que tipo de incentivo, entre outros aspectos, levando em conta a particularidade de cada estado.

A possibilidade de avaliar questões menos tangíveis também é importante, de forma que se considere fatores que não estão contabilizados no RCB, se levante todo o benefício que esses investimentos podem proporcionar, além de custos intangíveis evitados, seja pela ótica do governo ou do consumidor final.

Avaliar o ganho em escala, a redução do preço total pelo aprendizado das indústrias, a irradiação do sistema produtivo que esse complexo FV pode causar, e somar esses benefícios para conjecturar possibilidades futuras.

Considerando os SFCR viáveis, realizar pesquisas de adesão a estes, de forma a fornecer dados que possam balizar a aplicação dos possíveis esforços por parte do governo.

Estudos de caráter social, técnico e ambiental, levantando os melhores lugares de aplicação das políticas governamentais considerando esses fatores. Pois não adianta o SFCR ser economicamente viável se o consumidor final gasta todo seu dinheiro com cesta básica, ou se no local não é ambientalmente nem tecnicamente viável a instalação dos mesmos.

Levantar as políticas de subsídio praticadas pelo resto do mundo, identificando os países de sucesso nestas, e avaliar como foram implementadas, de forma a simular cenários com a aplicação dessas políticas a partir dos dados aqui apresentados, mostrando que tipos de esforços e mudanças nas variáveis do índice precisariam ser realizados para passar da fronteira do RCB igual a 1 em cada estado.

REFERÊNCIAS

ABRAVIDRO. Os Fotovoltaicos Vieram para ficar. **O Vidroplano.** Ed. nº 440, agosto de 2009.

ACKERMANN, T., Anderson, G. & Söder , L. **Overview of government and market driven programs for the promotion of renewable Power generation.** Renewable energy 22: 197-204, 2001.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL (BRASIL). **Atlas de energia elétrica do Brasil.** 3. ed. Brasília, 2008. 236 p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. **MANUAL PARA ELABORAÇÃO DO PROGRAMA DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA.** Brasília: Distrito Federal. 2008.

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA. Estabelece as condições gerais para o acesso de microgeração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências. **Resolução n. 482, de 17 de abril de 2012.** DIÁRIO OFICIAL, Volume: 149, Número: 76 - Seção: 1.0, Página: 53, 19/04/2012

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA - ANEEL. **ANEEL anuncia redução das tarifas de energia elétrica.** Disponível em:
http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/noticias/Output_Noticias.cfm?Iden_tidade=6426&id_area=90. Acesso em: Mar. 2013.

Agência Nacional de Energia Elétrica - **ANEEL.** Disponível em:
<http://www.aneel.gov.br> 2013.

ALSEMA, E. A. **Energy Viability of Photovoltaic Systems.** Energy Policy, n. 28, p. 999-1010, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDUSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA - ABINEE. Elaborado por LCA CONSULTORES E

PSR SOLUÇÕES E CONSULTORIA EM ENERGIA
(Brasil). **Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira.** Brasília, 2012. 176 p.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO. **BNDES 50 Anos:** Histórias Setoriais. Brasília: BNDES, 2002. (O Setor Elétrico).

BRAGA, Renata Pereira. **ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES.** Escola Politécnica, Rio de Janeiro, 2008.

Brasil. Empresa de Pesquisa Energética. **Balanço Energético Nacional 2012** – Ano base 2011: Resultados Preliminares Rio de Janeiro: EPE, 2012 51 p.

BRASIL. **Energia:** Belo Monte. Disponível em:
<<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/obras-e-projetos/belo-monte>>. Acesso em: Maio 2013.

BRITO, M. C. **ELECTRICIDADE SOLAR.** Jornal ABC Ambiente, em Maio de 2001. Portugal.

CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA - CCEE. **Com quem se relaciona.** Disponível em:
<http://www.ccee.org.br/portal/faces/pages_publico/onde-atuamos/com_quem_se_relaciona?_afrLoop=385278047033000%#40%3F_afrLoop%3D385278047033000%26_adf.ctrl-state%3D135c9at6df_4>. Acesso em: Maio 2013.

CASTRO, Rui M. G.. **Energias Renováveis e Produção Descentralizada: INTRODUÇÃO À ENERGIA FOTOVOLTAICA** Rui M.G. Castro Maio de. Lisboa, Portugal: Universidade Técnica De Lisboa, 2008.

CASTRO, L.B. **Privatização, Abertura e Desindexação: A Primeira Metade dos Anos 90 (1990-1994).** In: GIAMBIAGI, F.; VILELA, A.; CASTRO, L.B.; e HERMANN, J. (orgs) *Economia Brasileira Contemporânea —1945- 2004*. São Paulo: Editora Campus, 2005. cap. 6, p. 141-165.

CNPE. Plano Nacional de Energia 2030. CONSELHO NACIONAL DE POLÍTICA ENERGÉTICA - Ministério de Minas e Energia - MME. Brasília, 2013.

CPFL PIRATININGA. Tributos Municipais, Estaduais e Federais. Disponível em:
<<http://www.cpfl.com.br/piratininga/tributosmunicipaisestaduaisfederais/tabid/2269/Default.aspx#TRIBUTOSFEDERAIS>>. Acesso em: Fev. 2013.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. Ministério de Minas e Energia. **Plano Nacional de Energia 2030.** Análise Retrospectiva. Brasília, 2007.

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Projeção da demanda de energia elétrica:** para os próximos 10 anos (2012-2021). Rio de Janeiro, 2011. (ESTUDOS DA DEMANDA).

EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE. **Boletim de conjuntura energética:** 1º trimestre 2012. Rio de Janeiro, 2012. (ESTATÍSTICAS ENERGÉTICAS).

GASTALDO, Marcelo Machado. **Histórico da regulamentação do setor elétrico brasileiro.** Direito em Engenharia Elétrica. Capítulo 1. O Setor Elétrico. Janeiro de 2009.

GOLDEMBERG, José; MOREIRA, José Roberto. **Política energética no Brasil:** Relação entre energia e desenvolvimento econômico. São Paulo, 2005. 14 p.

HOFF, T., WENGER, H., FARMER, B. **Distributed Generation:** An Alternative to Electric Utility Investments in System Capacity. Energy Policy (Great Britain) 24, 2 (1996): 137-147.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: Abr. 2013

INSTITUTO NACIONAL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA - INEE. **O que é 'Geração Distribuída'?** Disponível em:

<http://www.inee.org.br/forum_ger_distrib.asp>. Acesso em: Maio 2013.

INTERNATIONAL ENERGY INITIATIVE. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica no Brasil: Panorama da Atual Legislação. Campinas, 2009. 53 p.

JARDIM, Carolina da Silva. A INSERÇÃO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA EM ALIMENTADORES URBANOS ENFOCANDO A REDUÇÃO DO PICO DE DEMANDA DIURNO. 2007. 130 f. Tese (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

LEME, A. A. A reforma do setor elétrico no Brasil, Argentina e México: contrastes e perspectivas em debate. **Revista de Sociologia e Política. Curitiba**, vol. 17, n. 33, p. 97-121, jun 2009.

LUCENA, Cícero. PROJETO DE LEI DO SENADO N° , DE 2012. Disponível em:

<<http://www.senado.gov.br/atividade/materia/getDocumento.asp?t=116015>>. Acesso em: Mar. 2013.

MARTINS, Geomar M.. EFICIENTIZAÇÃO, GESTÃO E DIAGNÓSTICOS DA ENERGIA ELÉTRICA: 1 – ENERGIA: CONCEITOS E FUNDAMENTOS 2 – CONSERVAÇÃO DA ENERGIA. Florianópolis: Universidade Federal De Santa Maria, 2012.

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME. PLANO NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA 1987/2010: PLANO 2010. Rio de Janeiro, 1987. 100 p. (Relatório Executivo).

NANN S.; EMERY, K. Spectral Effects on PV- Device Rating. **Solar Energy Materials & Solar Cells**, n.27, p. 189,216, 1992.

NOWAK, S., Rezzonico, S. & Barnes, H. Buy-back rates for grid-connected photovoltaic Power Systems: Situation and Analysis in IEA Member Countries. 2nd World Conference and Exhibition on Photovoltaic Solar Energy Conversion, 6-10 July 1998, Vienna, pp. 3365-3368

Operador Nacional do Sistema - **ONS**. Disponível em:
<www.ons.org.br>. Acesso em: Fev. 2013.

OPERADOR NACIONAL DO SISTEMA - ONS. O Setor Elétrico. Disponível em:
http://www.ons.org.br/institucional/modelo_setorial.aspx. Acesso em: Maio 2013.

PAGLIARDI, Odair; SOBREIRO DIAS, José Celso. EVOLUÇÃO DO SETOR ELÉTRICO: uma breve reflexão. **Interciência & Sociedade**. v.1, n.1 (2011). – Mogi Guaçu: Faculdade Municipal Professor Franco Montoro, p. 77-83, 2011

PEREIRA, Enio Bueno *et al.* **Atlas Brasileiro de Energia Solar**. São José Dos Campos: Inpe, 2006. 60 p.

REN21. **Renewables 2010 Global Status Report**. Paris: REN21 Secretariat. 2010.

RODRÍGUEZ, C. R. C.. **Mecanismos Regulatórios, Tarifários e Econômicos na Geração Distribuída: O Caso dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede**. Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2002. 118p. Dissertação (Mestrado)

RÜTHER, R. **Edifícios Solares Fotovoltaicos: O Potencial da Geração Solar Fotovoltaica Integrada a Edificações Urbanas e Interligada à Rede Elétrica Pública no Brasil**. Editora UFSC/LABSOLAR Florianópolis, 2004.

RUTHER, R. **Instalações solares fotovoltaicas integradas a edificações urbanas e interligadas à rede elétrica pública**. Florianópolis, 2000.

RÜTHER, Ricardo. **Potencial da energia solar fotovoltaica no Brasil e projetos vitrine Estádios Solares e Aeroportos Solares**. Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC & Instituto para o Desenvolvimento das Energias Alternativas na América Latina - IDEAL. Disponível em:

<www.senado.gov.br/comissoes/cma/ap/AP20100316_UFSC_Ruther.pdf>. Acesso em: Abr. 2013.

RÜTHER, Ricardo; SALAMONI, Isabel. **O POTENCIAL BRASILEIRO DA GERAÇÃO SOLAR FOTOVOLTAICA CONECTADA À REDE ELÉTRICA: ANÁLISE DE PARIDADE DE REDE.** Ouro Preto, 2007. 10 p.

RÜTHER, Ricardo; SALAMONI, Isabel *et al.* **PROGRAMA DE TELHADOS SOLARES FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE ELÉTRICA PÚBLICA NO BRASIL.** Fortaleza, 2008. 10 p.

SALAMONI, Isabel T. **O PARADIGMA DO ALTO CUSTO DA ENERGIA FOTOVOLTAICA NO BRASIL E A PARIDADE TARIFÁRIA.** Monografia apresentada ao Eco_Lógicas. Florianópolis, 2008.

SALAMONI, Isabel Tourinho. **METODOLOGIA PARA CÁLCULO DE GERAÇÃO FOTOVOLTAICA EM ÁREAS URBANAS APlicada a FLORIANÓPOLIS E BELO HORIZONTE.** 2004. 155 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004.

SHAYANI, R. A; OLIVEIRA, M. A. G; CAMARG, I. M. T. **Comparação do Custo entre Energia Solar Fotovoltaica e Fontes Convencionais.** CONGRESSO BRASILEIRO DE PLANEJAMENTO ENERGÉTICO. V edição. 2006. Brasília.

SILVA, E.L. DA; MENEZES, E.M.; **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertações.** Florianópolis, Laboratório de Ensino a Distância da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil. 2001.

SILVA, Ewerton Clecio Pereira da *et al.* **UMA ANÁLISE DOS INCENTIVOS QUE PODEM FAVORECER O USO DA ENERGIA RENOVÁVEL NO BRASIL.** In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Paulo.

SOLARTERRA Energias Alternativas. **Energia Solar Fotovoltaica**

Guia Prático. Disponível em: <

<http://www.solarterra.com.br/index.php>

SOUZA, Francisco Barbosa De; FERREIRA, Rubia Silene Alegre; SOUZA, Valéria Silva Melo de. **DESENVOLVIMENTO**

SOCIOECONOMICO E ENERGIA ELÉTRICA - UMA ANÁLISE

NA COMUNIDADE RURAL DO MUNICÍPIO CAREIRO DA

VÁRZEA NO ESTADO DO AMAZONAS. In: CONGRESSO

NACIONAL DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO, 7., 2011, Rio de Janeiro.

SREA – Spanish Renewable Energy Association, 2004. Disponível em:

<<http://journeytoforever.org/energiaweb/2818.htm>>.

TAKENAKA, Fátima Oliveira. **AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NA COBERTURA DAS EDIFICAÇÕES DO CAMPUS I - CEFET-MG, INTERLIGADO À REDE ELÉTRICA.** 2010. 154 f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

TREVISAN, Aramis Schwanka. **Efeitos da Geração Distribuída em Sistemas de Distribuição de Baixa Tensão.** Trabalho de Conclusão de Curso, Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

