

RAFAEL DA SILVA CASTRO

O mercado de energia fotovoltaica no Brasil: perspectivas e
oportunidades para a indústria do alumínio

Rafael da Silva Castro

O mercado de energia fotovoltaica no Brasil: perspectivas e
oportunidades para a indústria do alumínio

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Marcela Aparecida Guerreiro Machado de Freitas

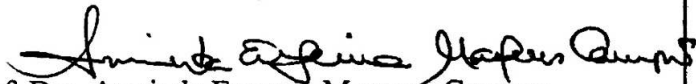
Guaratinguetá - SP
2017

C355m	Castro, Rafael da Silva O Mercado de energia fotovoltaica no Brasil: perspectivas e oportunidades para a indústria do alumínio / Rafael da Silva Castro – Guaratinguetá, 2017. 37 f : il. Bibliografia: f. 37 Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017. Orientador: Prof^a. Dr^a. Marcela Aparecida G. Machado de Freitas 1. Energia solar. 2. Alumínio - indústria. 3. Energia – Fontes alternativas. I. Título CDU 620.91
-------	--

RAFAEL DA SILVA CASTRO

**ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA"**

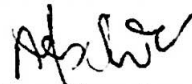
**APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**


Prof. Dra. Arminda Eugenia Marques Campos
Coordenadora

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dra. Marcela Aparecida Guerreiro Machado de Freitas
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dra. Arminda Eugenia Marques Campos
UNESP-FEG


Prof. Dr. Aneirson Francisco da Silva
UNESP-FEG

Fevereiro de 2017

DADOS CURRICULARES

RAFAEL DA SILVA CASTRO

NASCIMENTO	08.11.1991 – São Paulo / SP
FILIAÇÃO	José Castro Loureiro Vera Lúcia da Silva Castro
2011/2016	Graduação em Engenharia de Produção Mecânica Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” UNESP – Câmpus de Guaratinguetá

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus e à minha família, por ter tido a oportunidade de seguir com os meus estudos em uma universidade de ponta, em um país ainda carente de Educação.

à minha orientadora, *Prof. Dra. Marcela Aparecida Guerreiro Machado de Freitas*, pela sua disponibilidade, em primeiro lugar. Agradeço também pela confiança e paciência, além de toda a orientação acadêmica e também não acadêmica, demonstrando sua preocupação com a minha formação profissional e pessoal.

à *Prof. Dra. Arminda Eugenia Marques Campos*, cujos ensinamentos ao longo da graduação foram fundamentais para a elaboração deste trabalho, que aborda ferramentas das suas disciplinas. Além do conteúdo acadêmico, agradeço pela influência positiva no sentido da preocupação com uma boa escrita e pensamento crítico.

aos moradores da República Cabaret, que me acolheram em 2011 e com quem dividi os meus bons e maus momentos nos últimos seis anos, tornando-se minha segunda família, que levarei para sempre comigo.

aos meus amigos da turma, cuja amizade e cumplicidade tornaram mais fáceis e agradáveis os momentos de dificuldade ao longo do curso de Engenharia, que são frequentes.

à minha amiga Camila Reis, que sempre me incentiva a seguir em frente. Seu suporte foi fundamental, me fazendo companhia inclusive durante momentos difíceis que passei ao longo da elaboração deste trabalho.

a todos os colegas, professores e funcionários da faculdade com quem interagi ao longo da graduação, cuja ajuda, pequena ou grande, contribuiu para que eu chegasse até aqui e não será esquecida.

RESUMO

A produção e distribuição de energia elétrica é questão prioritária para governos e sociedades de todo o mundo. As principais razões que justificam a atenção dada ao tema da energia são ambientais, de segurança energética, a geração de empregos e o desenvolvimento de tecnologias e cadeias produtivas. Ganham destaque, nesse contexto, as fontes renováveis. Além dos impactos ambientais, o desenvolvimento de modalidades alternativas de energia, representa uma oportunidade de consolidação de novos mercados, que atrai a atenção das indústrias que podem fazer parte das cadeias produtivas a serem estruturadas no país. Este trabalho permeia essas questões e foca na energia solar fotovoltaica e os seus desdobramentos para a indústria do alumínio. Parte das condições naturais do país para o desenvolvimento fotovoltaico, com levantamento do potencial de irradiação solar e revisão bibliográfica acerca da tecnologia em si. Dando sequência, busca entender o papel do alumínio na cadeia produtiva e, por meio de pesquisa bibliográfica aplicada a questões de mercado, sob o escopo do Marketing e da Inteligência de Mercado, visa compreender as oportunidades para o alumínio. Como principal ferramenta, propõe-se a análise SWOT, de forma a traduzir qualitativamente as informações levantadas em termos de orientações para o processo de tomada de decisões estratégicas. O objetivo é classificar em que grau esse mercado em crescimento representa uma oportunidade, de forma a entender se deve ser um segmento foco, a ser incluído aos mercados estratégicos de atuação do alumínio. Dentre os fatores a serem analisados estão os programas de incentivo aos investimentos, a atuação dos concorrentes e produtos importados, o desenvolvimento de modelos de negócios, a adesão do público consumidor e temas relacionados.

PALAVRAS-CHAVE: Energia solar fotovoltaica. Inteligência de mercado. Alumínio. Análise SWOT.

ABSTRACT

The production and distribution of electric energy is a priority matter to governments and societies around the world. The main reasons that justify the attention given to this subject are environmental, related to energy security, job creation and the development of technologies and productive chains to be structured in the country. In this context, the renewable energies gain prominence. Besides the environmental impacts, the development of alternative energy modalities represents an opportunity to consolidate new markets, that attracts industries that may be part of the productive chain to be established in the country. This dissertation permeates these issues and focus on the photovoltaic solar energy and its deployment to the aluminium industry. It starts from the natural conditions in the country to the photovoltaic development, collecting data on its solar irradiation levels and literature review on the technology. Afterwards, it intends to understand the role of the aluminium in the productive chain and, based on literature review applied to market issues under the scope of Marketing and Market Intelligence, it aims to comprehend the opportunities to the aluminium. As the main tool it is proposed the SWOT analysis, in order to qualitatively translate the information collected in terms of orientations to the process of strategic decisions making. The objective is to classify the degree at which this growing market represents an opportunity concerning if it should become a focus segment, to be included in the aluminium strategic markets. Among the factors to be evaluated are the incentive programs for investments, the performance of competitors and imported products, the development of business models, consumer participation and related issues.

KEYWORDS: Photovoltaic solar energy. Market intelligence. Aluminium. SWOT Analysis.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Classificação da metodologia de pesquisa	15
Figura 2 – Matriz energética brasileira.....	17
Figura 3 – Irradiação solar: Brasil x Europa.....	20
Quadro 1 – Conceito de matriz SWOT	22
Figura 4 – Projeção da capacidade instalada fotovoltaica distribuída no longo prazo.....	25
Figura 5 – Dificuldades enfrentadas pela indústria fotovoltaica no Brasil.....	25
Figura 6 – Evolução da importação de módulos fotovoltaicos	26
Quadro 2 – Anexo I ao Termo de Adesão e Responsabilidade - Metodologia para Credenciamento e Apuração de Conteúdo Local de Equipamentos Fotovoltaicos de Fabricantes Informatizado – CFI do BNDES (2014)	29
Quadro 3 – Análise SWOT.....	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Participação das energias renováveis na matriz energética brasileira	18
Tabela 2 – Perspectiva de redução de custos dos sistemas fotovoltaicos.....	24
Tabela 3 – Consumo de alumínio em sistemas fotovoltaicos.....	32
Tabela 4 – Projeções da geração distribuída fotovoltaica	32
Tabela 5 – Projeção de potência instalada e volume correspondente de alumínio.....	33
Tabela 6 – Projeção da demanda de alumínio por ano	33
Tabela 7 – Consumo doméstico de alumínio por produto e segmento em 2014.....	34
Tabela 8 – Consumo doméstico de alumínio por produto e segmento em 2015.....	34

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABAL	Associação Brasileiro do Alumínio
ABINEE	Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica
ABSOLAR	Associação Brasileira de Energia Solar Fotovoltaica
ACL	Ambiente de Contratação Livre
ANEEL	Agência Nacional de Energia Elétrica
BEN	Balanco Energético Nacional
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CFI	Credenciamento Informatizado de Fabricantes
CME	Comissão de Minas e Energia
COFINS	Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
CONFAZ	Conselho Nacional de Política Fazendária
EPE	Empresa de Pesquisa Energética
FV	Fotovoltaico
GD	Geração Distribuída
IAI	International Aluminium Institute
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMS	Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços
IFEU	Institute for Energy and Environmental Research
PIB	Produto Interno Bruto
PIS	Programa de Integração Social
PL	Projeto de Lei
PNE	Plano Nacional de Energia
SPE	Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	11
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS	11
1.2	DELIMITAÇÃO E QUESTÃO	12
1.3	JUSTIFICATIVA	12
1.4	OBJETIVO	13
1.5	MATERIAIS E MÉTODOS	14
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1	BALANÇO ENERGÉTICO DO BRASIL	16
2.2	ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA	18
2.2.1	Tecnologia e modalidades de geração	18
2.2.2	Potencial natural do brasil.....	19
2.2.3	Presença do alumínio.....	20
2.3	ANÁLISE SWOT	21
3	ANÁLISE DO MERCADO FOTOVOLTAICO NO BRASIL	23
3.1	CONTEXTO ATUAL DO MERCADO E IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CRÍTICOS	23
3.1.1	Projeções para a evolução da fonte solar fotovoltaica.....	23
3.1.2	Contexto da cadeia produtiva no país.....	25
3.1.3	Regulamentações e incentivos governamentais.....	27
3.1.4	O mercado livre de energia	29
3.2	OPORTUNIDADE PARA O ALUMÍNIO EM TERMOS DE DEMANDA	31
3.3	SÍNTESE – ANÁLISE SWOT	35
4	CONCLUSÃO	37
4.1	VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS	37
4.2	DIFICULDADES, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS..	38
	REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A produção de energia elétrica é condição fundamental para a continuidade do modelo de vida, produção e consumo das sociedades contemporâneas. Trata-se de uma questão prioritária em órgãos nacionais e internacionais, entidades públicas e privadas. A importância estratégica do tema não é novidade no Brasil nem no mundo, bem como a necessidade do desenvolvimento de fontes alternativas e renováveis para geração de energia elétrica. A Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é uma empresa pública vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com o objetivo de prestar serviços na área de estudos e pesquisas destinadas a subsidiar o planejamento do setor energético no Brasil.

Segundo a EPE (2012, apud Nakabayashi, 2014), dentre as principais questões que justificam essa importância estão as ambientais, de segurança energética para o país, a geração de empregos e o desenvolvimento de tecnologias e cadeias produtivas. No entanto, vê-se que, especialmente no Brasil, o potencial de algumas fontes energéticas ainda é pouco explorado ou o seu desenvolvimento é muito recente e enfrenta barreiras características da implantação de novos modelos.

Recentemente, viu-se no Brasil o desenvolvimento do potencial eólico presente no país. Segundos dados do último Balanço Energético Nacional (EPE, 2016), a geração eólica no Brasil cresceu 77% de 2014 pra 2015, ultrapassando assim a geração nuclear. Movimento similar está se desdobrando nesta década com a energia solar fotovoltaica. O Brasil tem um potencial natural expressivo e nos últimos anos vê-se um crescimento exponencial dessa modalidade energética. Nesse sentido, trata-se de um mercado com grandes expectativas de crescimento e estruturação, diretamente relacionada a questões estratégicas para o país, como a diversificação da sua matriz energética.

Dada a potencialidade desse mercado no país, os agentes do setor elétrico tentam estruturar os novos modelos e entender seus desafios e suas consequências. A difusão da tecnologia fotovoltaica no país chama a atenção das indústrias relacionadas, que podem fazer parte de uma cadeia produtiva em ascensão. Neste trabalho, o foco será a indústria de alumínio, metal que constitui os perfis extrudados que dão origem às molduras dos painéis fotovoltaicos.

1.2 DELIMITAÇÃO E QUESTÃO

Este trabalho tem como principal fonte de dados estatísticas publicadas entre os anos 2010 e 2016 pelos órgãos nacionais e internacionais relacionados ao setor de energia elétrica, mais especificamente à indústria de energia solar fotovoltaica. Com destaque para entidades nacionais, baseia-se em estudos e levantamentos de órgãos governamentais de regulação do setor elétrico bem como de fomento à indústria, por meio de investimentos em projetos atrelados a temas de infraestrutura energética.

Os estudos são, em sua maior parte, relacionados a aspectos de mercado, de forma que permeiam temas como modelos de investimento, preço, estímulos à formação de uma cadeia produtiva nacional, expectativas de crescimento, entraves econômicos e de gestão etc. Além disso, publicações científicas complementam informações nesse sentido, além de embasar a fundamentação de caráter mais técnico, que contempla a tecnologia a ser estudada neste trabalho bem como sua situação atual no Brasil.

No âmbito de mercado, este trabalho foca na questão da estruturação de uma cadeia produtiva nacional e trata especificamente da indústria do alumínio, responsável por produzir os perfis que dão origem à moldura dos painéis fotovoltaicos. Por meio da reunião, interpretação e análise via ferramentas associadas ao tipo de estudo, este trabalho visa responder se a indústria fotovoltaica no Brasil representa um mercado com potencial de tornar-se um segmento foco para a indústria produtora de extrudados de alumínio.

1.3 JUSTIFICATIVA

Dado o contexto macroeconômico do período de realização da pesquisa, a Inteligência de Mercado nas companhias tem sua atuação estimulada, sobretudo no setor de metais, escolhido para a aplicação deste estudo. Os metais vêm apresentando quedas de preço no mercado internacional, como consequência, dentre outros fatores, da superoferta impulsionada pela entrada robusta da China no mercado nos anos recentes. No mercado brasileiro de metais, além dos reflexos da atuação da China, tem-se o contexto da crise econômica, que teve grande impacto no país e, sobretudo, nesse setor. Os desdobramentos da crise afetam a indústria de metais e, especificamente, a indústria do alumínio na medida em que os principais segmentos a que atende são também os mais prejudicados pela crise, com destaque para os setores da Construção Civil e indústria automotiva. Dado esse contexto,

pode-se entender o acirramento da concorrência e a necessidade de se mapear e desenvolver novos mercados consumidores de metal, como é o caso da indústria fotovoltaica, que representa, a princípio, uma grande oportunidade.

Além disso, o tema em questão ainda não é amplamente explorado na literatura por tratar-se de uma movimentação muito recente no país. Falando-se especificamente do posicionamento da indústria de alumínio na cadeia da indústria fotovoltaica, a literatura é ainda mais escassa. Nesse sentido, este estudo contribui para o entendimento dos desdobramentos da expansão da energia fotovoltaica no país, com atenção aos aspectos mercadológicos, identificando os fatores críticos a serem acompanhados e medindo o seu impacto no desenvolvimento da cadeia produtiva brasileira. Além disso, a questão da diversificação da matriz energética brasileira bem como a modernização e desenvolvimento dos modelos de negócio nesse setor estão em pauta, dada a sua relevância para a segurança energética do país e, conseqüentemente, seu próprio desenvolvimento.

1.4 OBJETIVO

O presente trabalho tem como objetivo analisar o mercado de energia solar fotovoltaica no Brasil e tendências para este mercado. Extrapolando-se esse objetivo geral, busca-se identificar o potencial de estruturação de uma cadeia produtiva nacional e, mais especificamente, traduzir isso em oportunidade para a indústria do alumínio. Os objetivos específicos tratados neste estudo podem ser enunciados da seguinte forma: identificar os fatores críticos que devem fazer parte das análises de potencialidade comercial desse mercado bem como seus principais agentes e ações relacionadas; aplicar ferramentas de avaliação estratégica de cenários e negócios, como análise SWOT, para enquadrar os fatores previamente identificados como críticos e, assim, guiar os processos de tomada de decisão das organizações que puderem se beneficiar das informações provenientes deste estudo; medir quantitativamente o potencial do mercado consumidor analisado em termos de volume de perfis de alumínio empregados na montagem de módulos fotovoltaicos nos próximos cinco anos.

1.5 MATERIAIS E MÉTODOS

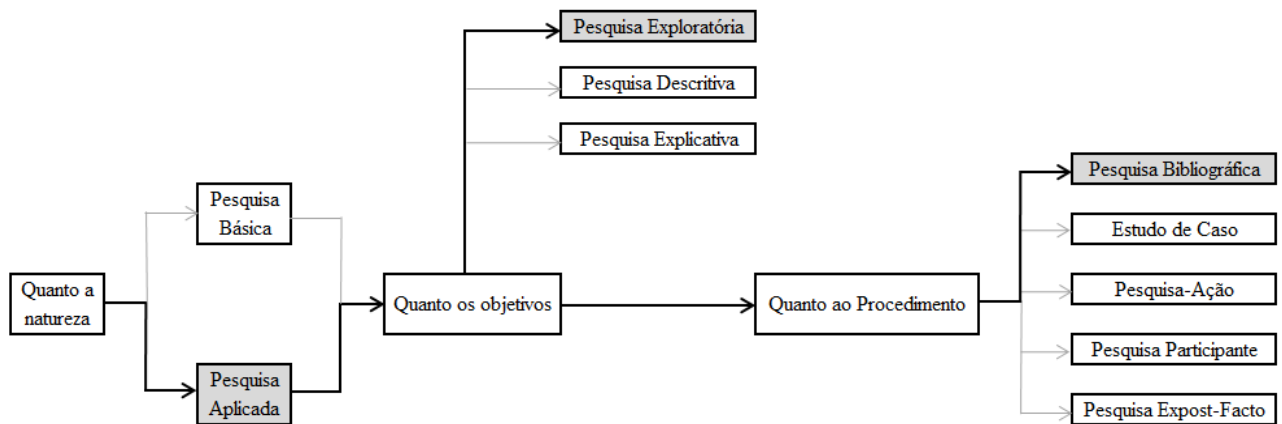
Esta pesquisa se caracteriza em sua natureza como aplicada, pois busca o entendimento de um problema por meio de ferramentas disponíveis, a fim de contribuir para o apontamento de recomendações para sua solução.

Em relação aos objetivos, trata-se de uma pesquisa exploratória, pois tem o intuito de entender melhor o tema proposto, cujo conhecimento sistematizado ainda não é amplamente disponível. A partir do procedimento definido, o presente trabalho busca identificar e interpretar fatores relacionados à compreensão do desenvolvimento do mercado de energia fotovoltaica no Brasil e seus desdobramentos.

Quanto ao Procedimento, este estudo baseia-se em uma pesquisa bibliográfica, com a reunião de informações provenientes de trabalhos científicos já publicados sobre o tema central, bem como materiais e resoluções publicadas nos anos recentes por entidades e agentes relacionados ao setor sobre o qual a análise será aplicada. Veículos de imprensa constituem também uma fonte importante de informações. Tais veículos podem sinalizar fatores a serem pesquisados, por meio do apontamento de movimentações no país e no mundo acerca de investimentos no setor, bem como atuação de concorrentes, que deve ser alvo da Inteligência de Mercado, no contexto da análise da cadeia produtiva relacionada ao segmento em questão.

A abordagem do problema é caracterizada como qualitativa. Por se tratar de um tema muito recente, a disponibilidade de dados históricos para aplicação de ferramentas quantitativas é reduzida. Apesar da tentativa de traduzir em números a oportunidade para a indústria do alumínio no segmento fotovoltaico, a principal ferramenta utilizada neste trabalho tem caráter qualitativo, de forma que os resultados principais serão orientações de atuação e não a resolução numérica do problema tratado.

Figura 1 – Classificação da metodologia de pesquisa



Fonte: Adaptado de Escola Nacional de Administração Pública (ENAP) (2016).

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 BALANÇO ENERGÉTICO DO BRASIL

Esta seção visa apresentar um panorama da oferta e consumo de energia no Brasil, destacando a participação das diferentes fontes, para contextualização do tema macro deste estudo. Os dados são majoritariamente provenientes do Balanço Energético Nacional (BEN) mais recente, de 2016, com dados até 2015. Essa publicação anual da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) é considerada a principal referência para os dados de energia do país.

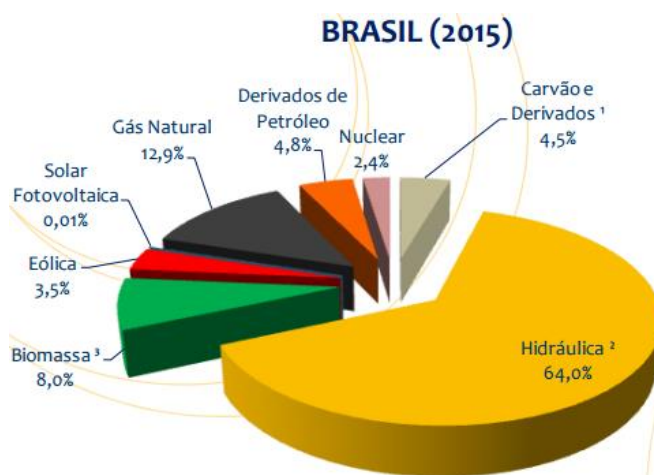
A análise do BEN será focada na evolução dos números referentes à participação das fontes renováveis no Brasil, sobretudo, a solar fotovoltaica. Além de fornecer uma contextualização preliminar, os dados indicarão com números o movimento de expansão da energia solar fotovoltaica, que constitui objeto fundamental deste estudo.

A oferta interna de energia total em 2015 no Brasil foi de 299,2 Mtep (milhões de toneladas equivalentes de petróleo) ou, aproximadamente, 3.480 TWh. Isso representa uma queda de 2,1% em relação a 2014 e dentre possíveis causas listadas pela EPE estão o comportamento da oferta interna de petróleo e derivados, que retraiu 7,2%, e o enfraquecimento da atividade econômica no país, com redução do Produto Interno Bruto (PIB) de 3,8% (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2016). Falando-se apenas em energia elétrica, o recuo na oferta interna foi de 8,4 TWh, ou 1,3% em relação a 2014. O documento da EPE sinalizou retração da oferta hídrica na ordem de 3,2% em relação ao ano anterior, porém indicou um avanço na participação de renováveis de 74,6% para 75,5%, justificado pela queda da geração térmica a base de derivados de petróleo e incremento da geração a base de biomassa e eólica.

Quanto ao consumo, o relatório da EPE indicou uma retração total de 1,8% em relação a 2014 e os maiores destaques enunciados foram as quedas de 3,1% no setor industrial e de 2,6% no setor de transportes. Esses números confirmam o declínio de setores consumidores da indústria de metais, movimentação cuja relevância para este estudo já foi pontuada.

Quanto à participação de cada fonte energética na matriz brasileira, a configuração mais recente é ilustrada na Figura 2.

Figura 2 – Matriz energética brasileira



Fonte: Balanço Energético Nacional, empresa de pesquisa energética (EPE) (2016).

A fonte solar fotovoltaica ainda aparece com uma participação muito pequena na matriz energética brasileira, o que poderia indicar, à primeira vista, que se trata de uma fonte pouco promissora no país. Contudo, ainda com base nos dados do BEN de 2016, o crescimento da energia solar entre 2014 e 2015 foi o maior dentre todas as modalidades de energia renovável, apresentando um delta de 97%. Além disso, há um descompasso acentuado entre o potencial natural do Brasil e o seu aproveitamento, a ser discutido em outra seção.

De acordo com o Balanço Energético Nacional (BEN) (EPE, 2016), a micro e a minigeração distribuída têm crescido graças a ações regulatórias, com destaque para a que regula a possibilidade de compensação de energia excedente produzida por sistemas de menor porte.

Nesse sentido, a geração distribuída atingiu em 2015 34,9 GWh, com uma potência instalada de 16,5 MW, sendo que o maior destaque nesse quesito foi a energia solar fotovoltaica, com participação de 20,0 GWh e 13,3 MW de potência instalada, o que corresponde a 80,6% do total nesse segmento. Esse trecho do relatório anual da EPE é de grande relevância para o presente estudo, pois aponta a geração distribuída como uma modalidade a ser acompanhada, bem como as ações regulatórias de fomento a essa variante.

Tabela 1 – Participação das energias renováveis na matriz energética brasileira

Lixívia e outras renováveis (mil tep)	2015	2014	Δ 15/14
Lixívia	7.905	7.393	7%
Biodiesel	3.126	2.686	16%
Outras biomassas	1.152	1.122	3%
Biogás	104	73	44%
Gás industrial de carvão vegetal	43	35	21%
Eólica	1.860	1.045	78%
Solar	1,4	0,7	97%
Total	14.191	12.353	15%

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2016)

2.2 ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA

2.2.1 Tecnologia e modalidades de geração

Como foi descrito por Nakabayashi (2014), a energia solar pode ser utilizada de duas formas: a radiação solar pode ser transformada em calor, por meio de sistemas termossolares, ou, no caso fotovoltaico, tem-se eletricidade quando da exposição de um material semicondutor dopado à radiação eletromagnética. Esse material é, em geral, o silício.

De acordo com Perlin (1999, apud Nakabayashi, 2014), foi na década de 1990 que os sistemas fotovoltaicos tornaram-se uma alternativa de produção energética em sistemas isolados economicamente viável. Até então, o seu uso era restrito a aplicações espaciais e em telecomunicações. É a partir dos anos 2000 que se vê a os sistemas fotovoltaicos conectados à rede. Conectados à rede, os sistemas podem ser divididos entre geração centralizada e geração distribuída.

Ainda com base em Nakabayashi (2014), a modalidade de geração centralizada possui algumas características fundamentais: usinas de grande porte, distantes do centro de consumo. Sob o ponto de vista econômico, a sua competitividade se dá pela escala. Por outro lado, existe a necessidade de instalação de infraestrutura de transmissão de energia até os pontos de consumo. Para fins de comparação, Nakabayashi (2014) define a geração distribuída pelas seguintes características: as usinas são de porte menor e localizam-se próximas aos centros de consumo. Economicamente, a geração distribuída não conta com a vantagem de escala de

custos, porém, a sua instalação se dá muito mais próxima dos pontos de consumo, senão no próprio telhado das edificações, no caso da fotovoltaica. Isso significa redução de custos, pois não há necessidade de locação ou compra de grandes propriedades, além da economia com transmissão. Nakabayashi (2014) identifica também ganhos técnicos com as menores distâncias de transmissão, relacionados a menos perdas de energia ao longo do sistema.

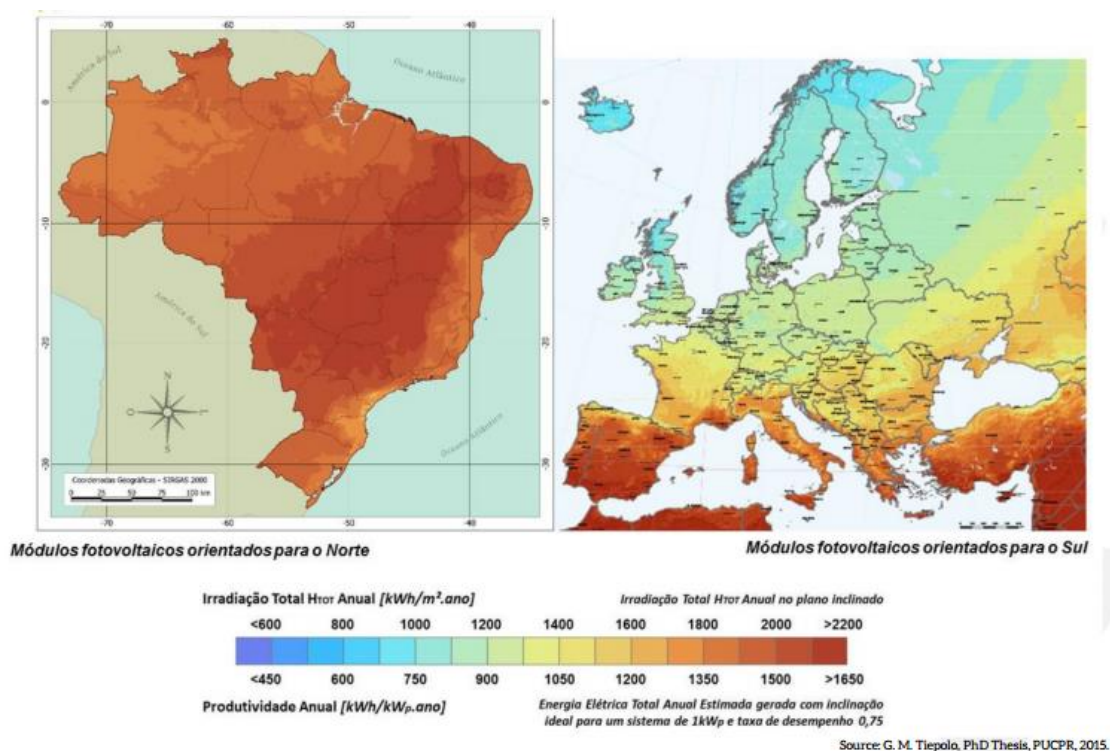
Para o entendimento dos termos relacionados à tecnologia fotovoltaica, (BÖDEKER; BAUER; PEHNT, 2010) enunciaram definições diretas do que é cada designação. À menor unidade constituinte do painel FV se dá o nome de célula fotovoltaica, que é constituído pelo dispositivo de material semicondutor que converte a energia solar diretamente em eletricidade. À placa maior, composta por inúmeros quadrantes independentes (células) conectados se dá o nome de módulo fotovoltaico. A combinação dos módulos com os componentes adjacentes (inversores e estruturação de sustentação) caracteriza o que se convém chamar de sistema FV. (BÖDEKER; BAUER; PEHNT, 2010) ressaltam ainda a modularidade dos sistemas FV, cujo arranjo desejado pode prover energia da ordem de alguns watts até dezenas de MW.

2.2.2 Potencial natural do Brasil

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (2016), o potencial de aproveitamento da irradiação solar no Brasil é tal que pouco mais de 1.000 km² de área coberta por painéis fotovoltaicos seria o suficiente para atender o consumo de energia no país.

O esquema a seguir, produzido pela ABSOLAR (2016, apud Tiepolo, 2015) mostra o elevado potencial natural do Brasil em termos de irradiação solar, um dos fatores que está relacionado, inclusive, com o preço da energia proveniente dessa fonte (Nakabayashi, 2014). Percebe-se também, que o potencial natural do país é muito mal explorado, quando se comparada ao potencial de países onde essa modalidade energética é muito mais avançado do que no Brasil, como Alemanha (2º maior mercado fotovoltaico do mundo, atrás apenas da China) e até mesmo Reino Unido.

Figura 3 – Irradiação solar: Brasil x Europa



Fonte: Tiepolo, (2015) apud associação brasileira de energia solar fotovoltaica (Absolar) (2016)

2.2.3 Presença do alumínio

O alumínio pode ser encontrado em diversas tecnologias de energia sustentável. As suas principais aplicações bem como a dimensão da sua participação em cada uma delas foi descrita pela publicação “*Aluminium and Renewable Energy Systems – Prospects for the Sustainable Generation of Electricity and Heat*”, elaborada por Jan Maurice Bödeker, Marc Bauer e Dr. Martin Pehnt, em nome do *Institute for Energy and Environmental Research (IFEU)*. O IFEU é uma instituição de pesquisa sem fins lucrativos que atua em temas relacionados à Ecologia. Foi fundado em 1978 como um centro de excelência independente para pesquisa ambiental por cientistas da Universidade de Heidelberg, na Alemanha. Hoje, o instituto conta com mais de 70 colaboradores, sendo grande parte cientistas atuantes nas áreas de Ciências Naturais, Engenharia e Ciências Sociais. O estudo elaborado pelo IFEU e publicado em 2010 foi encomendado pelo *International Aluminium Institute (IAI)*, associação setorial internacional, fundada em 1972, em Londres, Reino Unido. O IAI contempla como associados cerca de 60% das organizações de todo o mundo envolvidas com a produção de bauxita e alumina além da produção e reciclagem de alumínio.

As principais tecnologias, com exclusão da fotovoltaica, e o seu correspondente uso de alumínio são: 1) coletor solar: usado principalmente nas placas absorventes e molduras. Dentre 289 sistemas analisados, o alumínio nas placas absorventes foi verificado em 34% dos casos; 2) turbinas eólicas: neste caso, o protagonismo é do aço, correspondendo a cerca de 85% do *input* de material, deixando ao alumínio um papel secundário, com participação entre 0,01% e 2,5%; 3) usinas heliotérmicas: alumínio é principalmente utilizado no bloco de alimentação e torre de arrefecimento. As molduras, para este caso, são usualmente de aço.

Falando-se especificamente da energia solar fotovoltaica, foi registrado até 2010 o uso de 0,4 Mt de alumínio em sistemas com essa tecnologia. Ainda segundo (BÖDEKER; BAUER; PEHNT, 2010), o alumínio é predominante, em peso, nas estruturas de suporte para os painéis (72%), seguido pelas molduras dos painéis (22%) e, por fim, cerca de 6% destinados aos inversores, equipamento responsável por converter a energia elétrica produzida de corrente contínua para corrente alternada, forma na qual deve chegar ao seu uso final. O espectro que (BÖDEKER; BAUER; PEHNT, 2010) encontraram foi entre 23 kg/kW e 59 kg/kW de alumínio in sistemas fotovoltaicos. O estudo destacou que a presença do alumínio nessa tecnologia seria expandida caso o material fosse utilizado com maior frequência nas estruturas de suporte, que não caracteriza a sua principal aplicação, apesar de concentrar a maior participação em termos de peso.

2.3 ANÁLISE SWOT

Nas últimas décadas, a Gestão Estratégica tem visto o surgimento de inúmeras ferramentas de trabalho, dentre as quais a análise SWOT possui grande destaque e é largamente utilizada por pesquisadores e profissionais de outros campos. As iniciais de SWOT vêm das palavras inglesas Strength, Weaknesses, Opportunities e Threats, que significam, respectivamente, Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças. Essa ferramenta contempla dois campos de análise: análise do ambiente externo, que é representado pelos parâmetros de oportunidades e ameaças, e análise organizacional, avaliada através das forças e fraquezas. Também chamada de matriz SWOT, essa ferramenta é largamente empregada para avaliação de ambientes externos e internos em uma organização a fim de se obter uma abordagem sistemática para dar suporte ao processo de tomada de decisão (GHAZINOORY; ABDI; AZADEGAN-MEHR, 2011).

Quadro 1 – Conceito de matriz SWOT

	Strengths	Weaknesses
Opportunities	SO strategies	WO
Threats	ST	WT

Fonte: Ghazinoory, Abdi, Azadegan-mehr (2011)

Ainda de acordo com (GHAZINOORY; ABDI; AZADEGAN-MEHR, 2011), é importante destacar que os aspectos de análise interna estão sob o controle da organização que está fazendo uso da ferramenta, podendo permear diversas áreas da mesma, como finanças, operações, marketing etc. Por outro lado, os fatores externos não são impactados diretamente por ações da companhia, uma vez que decorrem de aspectos macroeconômicos e políticos bem como de fatores como o desenvolvimento de novas tecnologias, como é o caso do tema abordado neste estudo. Além disso, aspectos da concorrência também estão incluídos.

Na matriz SWOT, há quatro combinações, chamadas de maxi-maxi (quadrante de forças e oportunidades), maxi-mini (forças e ameaças), mini-maxi (quadrante de fraquezas e oportunidades) e, por fim, a combinação mini-mini (fraquezas e ameaças) (Weihrich, 1982, apud GHAZINOORY; ABDI; AZADEGAN-MEHR, 2011).

Como foi mencionado por (GHAZINOORY; ABDI; AZADEGAN-MEHR, 2011), a análise SWOT tem suas origens relacionados à década de 1950, na Harvard Business School. Os professores de política de negócios George Albert Smith Jr. e C Roland Christensen investigavam estratégias de organizações em relação ao seu ambiente. De acordo com Panagiotou (2003, apud GHAZINOORY; ABDI; AZADEGAN-MEHR, 2011), foi em 1963, em uma conferência sobre política de negócios em Harvard, que a análise SWOT foi amplamente discutida e reconhecida como uma ferramenta de destaque para o planejamento estratégico. Apesar dessas origens nas décadas de 1950 e 1960, Weihrich (1982) é reconhecido como a referência de maior importância a respeito da análise SWOT, por ter consolidado a ferramenta para análise de cenários através de exemplos clássicos.

Através da revisão de 557 artigos científicos publicados em todo o mundo até 2009, foi identificado por (GHAZINOORY; ABDI; AZADEGAN-MEHR, 2011) que a aplicação da ferramenta SWOT cresceu significativamente desde a sua primeira aplicação. 54% do total de artigos foram publicados entre 2005 e 2009, o que indica uma tendência acentuada de intensificação do uso da ferramenta nos anos mais recentes. A terceira área de maior incidência de aplicação, com 6%, foi a de “Marketing & market planning”, que é o caso deste estudo, o que indica a adequação da ferramenta para a análise que foi proposta.

3 ANÁLISE DO MERCADO FOTOVOLTAICO NO BRASIL

3.1 CONTEXTO ATUAL DO MERCADO E IDENTIFICAÇÃO DE FATORES CRÍTICOS

3.1.1 Projeções para a evolução da fonte solar fotovoltaica

A atualização da evolução da demanda por energia constitui parte da publicação “Plano Nacional de Energia 2050” (PNE 2050). O marco legal que subsidia os estudos de planejamento energético de longo prazo se reporta à Lei 10.847, de 2004, que registra a criação da EPE, e, posteriormente, ao Decreto nº 7.798/2012, que confere à Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético (SPE), entre outras atribuições, “propor mecanismos de relacionamento com a EPE e definir diretrizes para a prestação de serviços ao Ministério e ao setor” (inciso XIV, art. 15, seção II, Cap. III, Anexo I). (EPE, 2013).

O primeiro Plano Nacional de Energia tinha como horizonte o ano de 2030 e foi publicado em 2007, dois anos após a criação da EPE. O PNE 2050 consiste, assim, em uma atualização desses estudos de longo prazo, englobando as tendências e a evolução percebidas nos últimos anos, fomentando o planejamento estratégico nacional brasileiro (EPE, 2013).

Ainda com base em EPE (2013), o planejamento estratégico de longo prazo no âmbito governamental serve de diretriz para a formulação de políticas públicas, permeando as questões de expansão da oferta de energia com vistas ao atendimento da demanda, segurança energética, universalização do acesso da população aos serviços energéticos, geração de emprego e renda, redução das desigualdades regionais, desenvolvimento tecnológico nacional, diversificação da matriz energética preferencialmente através de fontes renováveis, sustentabilidade ambiental e modicidade de preços e tarifas.

O monitoramento dessas questões e seus reflexos em políticas públicas serve também como um guia fundamental para agentes do mercado, entendam-se indústrias relacionadas à produção de energia elétrica e toda a sua cadeia, contemplando empresas de geração propriamente dita, fornecedores de dispositivos e tecnologia, fornecedores de materiais e peças, serviços de instalação e manutenção, distribuidoras etc.

O PNE 2050 analisa com detalhes a evolução da geração fotovoltaica distribuída, pois em torno de 60% dos sistemas são desse tipo (IEA PVPS apud EPE, 2013) e essa modalidade deve ser a principal alternativa para o consumidor que deseja gerar sua própria energia, no horizonte de 2050. Além disso, o mercado de geração distribuída conta com uma

multiplicidade de fatores para serem analisados sob o ponto de vista de desenvolvimento de mercado que torna a abordagem mais interessante. Assim, as análises e cálculos específicos presentes neste estudo tratarão predominante da GD.

A metodologia empregada pela EPE no PNE 2050 está em linha com algumas questões que serão abordadas em seções futuras deste trabalho. São considerados fatores com foco no consumidor final, que fará a adesão ou não à tecnologia fotovoltaica e incluem custos, conhecimento da tecnologia, conscientização ambiental, dentre outros. O modelo usado nas projeções parte do retorno financeiro dos sistemas fotovoltaicos ao longo de sua vida útil, juntamente ao mercado potencial de adotantes, seguindo uma curva padrão de adoção, e serviu de base para os setores residencial, comercial, industrial e poder público (EPE, 2013). O PNE 2050 considerou em seu estudo a evolução do custo de instalação fotovoltaica no Brasil e a perspectiva é apresentada na Tabela 2:

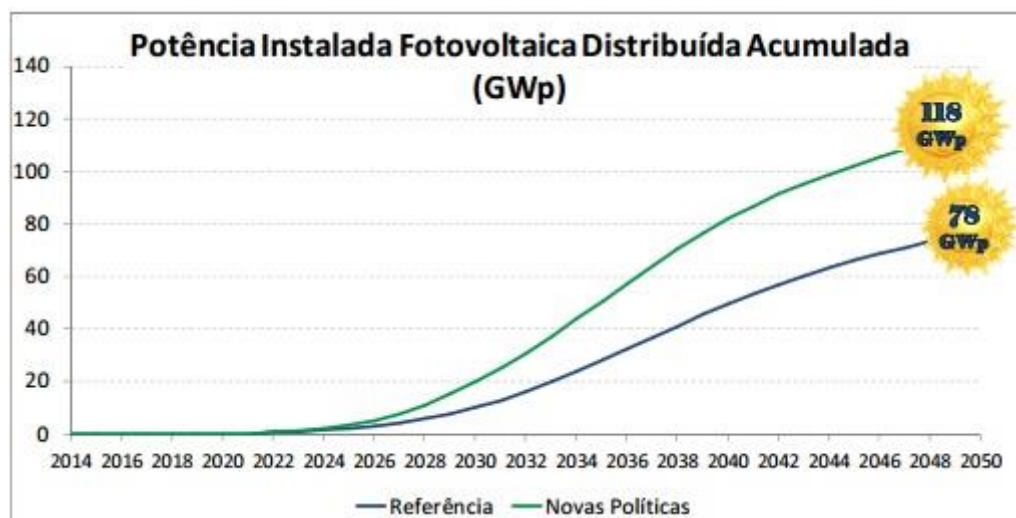
Tabela 2 – Perspectiva de redução de custos dos sistemas fotovoltaicos (R\$/Wp)

Tipo	2013	2020	2030	2040	2050
Residencial	7,0	4,4	3,2	2,7	2,3
Comercial	6,5	4,2	3,0	2,5	2,1

Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2016)

Foi considerado no PNE 2050 premissas relacionadas a maior acessibilidade dos sistemas fotovoltaicos, incluindo fatores como o próprio barateamento do sistema e o desenvolvimento de diferentes modelos de negócios, com destaque para o leasing. (EPE, 2013). Ainda de acordo com EPE (2013), o leasing deve despontar como um modelo de negócio atrativo, pois em geral o aluguel do sistema propicia uma economia de maneira que o valor da mensalidade mais a nova conta de energia seja menor que a conta antiga paga inteiramente à distribuidora, além do custo inicial zero, sendo, portanto, bastante atraente ao consumidor. Os resultados da evolução da potência instalada são apresentados na Figura 4:

Figura 4 – Projeção da capacidade instalada fotovoltaica distribuída no longo prazo



Fonte: Empresa de Pesquisa Energética (EPE) (2016)

3.1.2 Contexto da cadeia produtiva no país

Em termos de estruturação de uma cadeia produtiva em torno da indústria fotovoltaica, o Ministério de Minas e Energia aponta três grandes dificuldades que representam um desafio e demandam estímulos e discussão entre diversos agentes públicos e privados. Esses fatores representados na Figura 5 constituem, assim, aspectos de ameaça em relação à aposta na indústria fotovoltaica como um segmento de potencial factível para a indústria do alumínio.

Figura 5 – Dificuldades enfrentadas pela indústria fotovoltaica no Brasil



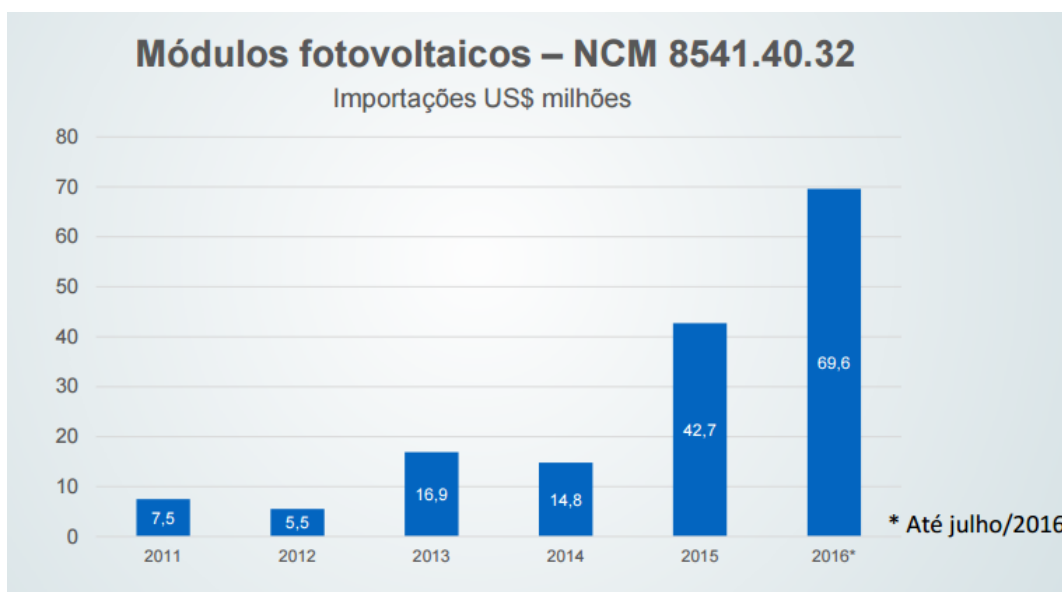
Fonte: Ministério de Minas e Energia (2016)

Como a cadeia produtiva não é estruturada ainda no Brasil, o acompanhamento da importação de módulos fotovoltaicos pode ser usado como base para análise da evolução

dessa modalidade energética no país. Como se vê no gráfico da Figura 6, produzido pelo ABINEE (2016), a entrada de módulos FV cresceu 828% entre 2011 e Julho de 2016, comprovando o ritmo extremamente acelerado de disseminação da tecnologia no país. Esse fator pode ser interpretado sob diferentes aspectos, em relação à análise SWOT.

Como uma oportunidade, no sentido em que comprova o ritmo acelerado de crescimento do mercado de fotovoltaico no país. Por outro lado, pode-se entender tais dados como uma ameaça, representada pelos produtos importados, principalmente chineses, que têm competitividade mais acentuada, dado seu estágio mais avançado nessa vertente energética. Nesse sentido, o potencial brasileiro também será monitorado pelos exportadores da tecnologia, que devem atuar de forma a se consolidar como fornecedor do equipamento, propiciando um cenário de acirramento da concorrência com competitividade elevada, constituindo-se assim no principal fator relacionada a essa ameaça identificada através dessa análise.

Figura 6 – Evolução da importação de módulos fotovoltaicos



Fonte: Associação Brasileira da Indústria Elétrica e Eletrônica (ABINEE) (2016)

Alguns fatores elencados em uma análise SWOT podem se enquadrar em diferentes quesitos, dependendo do ponto de vista (Morris 2005 apud GHAZINOORY; ABDI; AZADEGAN-MEHR, 2011). A questão da inexistência de equipamentos com conteúdo local, por exemplo, pode representar também uma oportunidade para algumas faixas da cadeia produtiva, como é o caso da indústria do alumínio, que é o foco deste estudo.

3.1.3 Regulamentações e incentivos governamentais

Regulamentações e medidas governamentais podem ser interpretadas sob o ponto de vista de mercado, pois impactam em questões que contribuem para a determinação do avanço ou não de algum setor. Nesta seção, serão abordados alguns tópicos de legislação que impactam no setor elétrico brasileiro, sobretudo, na geração distribuída fotovoltaica. O Imposto sobre Circulação de Mercadorias e Serviços (ICMS) é um tributo Estadual aplicável à energia elétrica (Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, 2016). Ainda com base em ANEEL (2016), no que diz respeito à micro e minigeração distribuída, o Conselho Nacional de Política Fazendária (CONFAZ) aprovou em 2013 o chamado Convênio ICMS 6, que determinava que toda a energia que chegasse às unidades consumidoras a partir das distribuidoras seria passível da cobrança desse imposto, independentemente de haver compensação de energia, no caso, o que teria sido produzido e integrado à rede pelo sistema fotovoltaico. No entanto, em 2015, essa regulação foi revisitada e discutida entre diversos agentes governamentais (Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Ministério da Fazenda, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão e o Ministério de Minas e Energia) junto ao Congresso Nacional e a partir dessas interações foi proposto pelo CONFAZ o Convênio ICMS 16, de 22 de abril de 2015, que revoga o Convênio anterior de 2013 (ANEEL, 2016) e propõe mudanças importantes com impacto no mercado solar fotovoltaico no país.

A grande mudança proposta pelo novo Convênio de 2015 refere-se à isenção da cobrança do ICMS sobre o montante de energia que foi produzido pelo sistema de geração particular do consumidor, sendo calculado somente sobre a diferença entre o que foi consumido e o que foi gerado. Com relação às cobranças federais referentes ao Programa de Integração Social (PIS) e da Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social (COFINS), o mesmo mecanismo foi definido pela Lei nº 13.169, de 2015 (ANEEL, 2016). Os Estados que atualmente aderirem Convênio ICMS 16, por ordem de adesão, são Rio Grande do Norte, Ceará, Tocantins, Bahia, Maranhão, Mato Grosso, Distrito Federal, Acre, Alagoas, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Roraima, Pará e Mato Grosso do Sul (CONFAZ, 2016). O reflexo dessa medida na disseminação das instalações FV é direto, pois elimina uma condição desfavorável ao minigerador, que não era passível de compensação alguma em termos de isenção de impostos, logo, tal condição era uma ameaça de peso considerável sob o aspecto de custo/benefício da instalação.

Para melhor entendimento do que é o sistema de compensação de energia elétrica, ou *net metering*, a ANEEL (2016) sintetiza sua definição como um sistema que permite que a energia excedente produzida pelo micro ou minigerador será injetada na rede da distribuidora, a qual armazenará essa energia. Quando a energia destinada para a rede for maior do que aquela consumida no ponto de geração, o consumidor recebe créditos em energia (kWh) para serem abatidos de consumos futuros em até 60 dias. Ainda sobre o aproveitamento dos créditos, a ANEEL (2016) enuncia que esses podem ser repassados para áreas remotas à geração da energia pelo sistema FV, sob três modalidades: geração compartilhada (consumidores organizados por meio de cooperativa ou consórcio, sendo pessoa física ou jurídica), autoconsumo remoto (unidades de mesma titularidade, pessoa física ou jurídica) e condomínios (cada unidade é um consumidor independente, bem como as áreas comuns constituem outra unidade).

Em 2014, o BNDES apresentou novas regras para o credenciamento e apuração de conteúdo local de módulos e sistemas fotovoltaicos. De acordo com o Banco de Desenvolvimento, as regras visam oferecer alternativas flexíveis de nacionalização, com uma relação mínima de componentes e processos produtivos exigidos para o credenciamento e manutenção no Credenciamento Informatizado de Fabricantes (CFI) do BNDES. As medidas também regulam, de certa forma, que os investimentos do BNDES em empreendimentos fotovoltaicos cresçam na mesma medida em que aumentar o número de componentes e processos industriais incorporados no país, estimulando, assim, o estabelecimento de uma cadeia produtiva brasileira, atualmente inexistente, segundo o próprio Banco. Nesse sentido, o Anexo I ao Termo de Adesão e Responsabilidade que dispõe da Metodologia para Credenciamento e Apuração de Conteúdo Local de Equipamentos Fotovoltaicos de Fabricantes Informatizado – CFI do BNDES define que é obrigatório que o processo de montagem de todos os componentes que compõem o sistema ocorra no país bem como que o material utilizado para emolduramento dos módulos seja de origem nacional. Falando-se apenas a questão dos materiais, percebe-se então que essa disposição representa uma oportunidade para a indústria do alumínio, visto que os perfis que dão origem à moldura dos sistemas é o único material cuja origem nacional é obrigatória a partir de 2014, quando da implementação das novas regras do BNDES supracitadas. Os itens obrigatórios são identificados como “Itens Básicos” no documento do Banco.

Quadro 2 – Anexo I ao Termo de Adesão e Responsabilidade - Metodologia para Credenciamento e Apuração de Conteúdo Local de Equipamentos Fotovoltaicos de Fabricantes Informatizado – CFI do BNDES (2014)

TECNOLOGIA: SILÍCIO CRISTALINO								
TABELA 1: MÓDULO FOTOVOLTAICO								
PERÍODO			2014 - Dez/2017		Jan/2018 - Dez/2019		Jan/2020 -	
Componentes		Nível de Exigência	Classif. Item	% de ajuste	Classif. Item	% de ajuste	Classif. Item	% de ajuste
MÓDULO FOTOVOLTAICO	MATERIAIS	Vidro, Policarbonato ou Acrílico		10%		10%		10%
		Backsheet		5%		5%		5%
		Encapsulante (EVA)		5%		5%		5%
		Junction box		5%				
		Frame (Moldura)						
	PROCESSOS	Módulo (conexão das células + sobreposição de materiais + laminação + emolduramento + conexão dos módulos + testes)		60%		40%		60%
		Célula (Tratamento químico + dopagem + tratamento antirreflexo + impressão dos contatos + testes)		30%		30%		
		Wafer (Fatiamento do lingote)		5%		5%		5%
		Lingote (Fundição + cristalização do silício)		5%		5%		5%
		Silício Grau Solar (Processo de Fabricação Siemens (grau eletrônico) ou Metalúrgico (grau solar))		30%		30%		30%
		FATOR DE NACIONALIZAÇÃO mínimo do MÓDULO - "Fator N" (%) (APENAS itens básicos)		60%		40%		60%

	Itens Básicos	Itens Opcionais	Itens Prêmio
--	---------------	-----------------	--------------

Fonte: Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) (2014)

3.1.4 O mercado livre de energia

O entendimento do que é o mercado livre de energia ou ACL (Ambiente de Contratação Livre) pode ser facilitado por uma analogia proposta pela publicação periódica “O Setor Elétrico”, edição 119, de Dezembro de 2015, que enuncia “ter a liberdade de poder escolher de qual empresa obter eletricidade para iluminar sua casa e acionar seus aparelhos eletroeletrônicos, assim como se possui, atualmente, o direito de escolher a operadora de telefonia, de internet e de TV a cabo”.

De acordo com o projeto de lei PL 1917/2015, dos deputados Marcelo Squassoni (PRB/SP), Antonio Carlos Mendes Thame (PSDB/SP), Rodrigo de Castro (PSDB/MG), Augusto Carvalho (SD/DF) e outros, “a liberdade de escolha do fornecedor de energia elétrica foi introduzida no Brasil em 1995, mas restrita aos grandes consumidores, com carga igual ou superior a 3.000 kW (...). Passados vinte anos, o cenário normativo pouco se alterou. Ainda na década de 90, previu-se que os consumidores com carga superior a 500 kW também poderiam

escolher seu fornecedor de energia elétrica, desde que a energia comercializada fosse de fontes alternativas. Depois disso, a legislação estagnou, deixando grande parte dos consumidores sem a opção de buscarem o fornecedor de energia elétrica que melhor lhes satisfizesse.” O projeto de lei PL 1917/2015 também enuncia como motivação a Lei n. 12.783, de 11 de janeiro de 2013, que propõe “viabilizar a redução do custo da energia elétrica para o consumidor brasileiro” além de “tornar o setor produtivo ainda mais competitivo, contribuindo para o aumento do nível de emprego e renda no Brasil”.

Dada a contextualização do ACL no Brasil, o PL 1917/2015 propõe, em termos mais práticos, a redução escalonada das exigências para a migração dos consumidores cativos para o ACL até 2022. Tal projeto foi aprovado na Comissão de Defesa do Consumidor da Câmara dos Deputados e no aguarda parecer da Comissão de Minas e Energia (CME). Os consumidores cativos que poderiam ser incorporados ao ACL no longo prazo são os residenciais e rurais (Setor Elétrico, 2015).

De acordo com (XAVIER et al., 2016), preço é a principal demanda de valor por compradores de eletricidade no mercado livre. Serviços como gerenciamento de contas, projeções de consumo futuro, consultoria para contratação de demanda entre outros foram identificados pelos autores como elementos de agregação de valor, pois não são decisivos para que uma negociação no ACL seja fechada, é o preço quem define a consolidação do contrato.

Ainda segundo (XAVIER et al., 2016), a variação de preço entre o mercado livre e o mercado cativo de energia é atualmente em torno de 35%. Dessa amplitude de 35%, 20% são os casos de preços mais baixos no mercado livre, enquanto 15% dos casos registrou preço mais elevado.

Em posse dessas informações, algumas análises podem ser feitas para interpretar, sob a ótica da análise SWOT, os efeitos da evolução do mercado livre de energia no Brasil sobre o mercado nacional de sistemas fotovoltaicos. De acordo com a legislação vigente, é condição necessária para a migração de consumidores com carga a partir de 500 kW para o ACL que a energia comercializada seja oriunda de fontes alternativas. Nesse sentido, o estímulo ao crescimento do mercado livre de energia pode representar uma oportunidade para a indústria fotovoltaica nacional, que deverá ser demandada pelos novos agentes do ACL. Por outro lado, como foi pontuado exhaustivamente por (XAVIER et al., 2016), soluções individualizadas para problemas complexos não constituem fator de decisão para o consumidor de energia elétrica, mas sim o menor preço. Interpretando-se essa informação, pode-se identificar na evolução do

mercado livre de energia uma ameaça à disseminação de sistemas fotovoltaicos na geração distribuída. Caso a legislação avance e os pequenos e médios consumidores possam fazer parte do ACL, conforme propõe o PL 1917/2015, um ambiente com preços mais competitivos pode ser mais atrativo aos consumidores de menor porte do que a compra e instalação de sistemas fotovoltaicos. Assim, o monitoramento da evolução do mercado livre é interessante, para que, uma vez regulamentada a participação de pequenos e médios consumidores, a adesão desse público a esse mercado possa ser quantificada e, dessa forma, será possível medir os impactos positivos e negativos na comercialização de sistemas FV.

3.2 OPORTUNIDADE PARA O ALUMÍNIO EM TERMOS DE DEMANDA

Esta seção apresentará alguns dados quantitativos no sentido de traduzir a oportunidade da indústria fotovoltaica no Brasil em termos de volume de alumínio que pode ser empregado nos próximos anos. Como mencionado em seção anterior, a aplicação de modelos estatísticos para prever a evolução da demanda por alumínio em FV é dificultada por duas grandes razões: como a expansão da tecnologia no país é um movimento muito recente, não existe ainda uma série histórica com dados suficientes para que um modelo matemático padrão seja aplicado de maneira satisfatória; a literatura que trata especificamente do alumínio nos módulos FV é ainda muito escassa. Dessa forma, os dados aqui apresentados contribuem para uma estimativa da escala de grandeza e não se trata de uma evolução com rigor quantitativo.

(BÖDEKER; BAUER; PEHNT, 2010) reuniram estudos de diferentes órgãos de pesquisa e autores e sintetizaram uma estimativa do consumo específico de alumínio em sistemas fotovoltaicos, na unidade de kg por kW instalado. A partir desse estudo, não foi identificado pelos autores uma variação considerável do consumo específico de alumínio entre as diferentes variações de instalação FV, de forma que pode-se falar em um valor médio global para todos os subtipos de instalação FV. Uma variação grande se deu, no entanto, entre os três cenários estipulados pelos autores, Al mínimo, Al moderado e Al máximo. Esses cenários consideram o grau de presença do alumínio em um sistema FV, partindo da mínima aplicação necessária até a maior participação possível. Para o cálculo no presente estudo, será considerado o valor do cenário moderado. O estudo pontua também que não há evidência clara da substituição do alumínio por outros materiais, de forma que a maneira como o metal é usado nessa tecnologia deve ser estável. A Tabela 3 apresenta o resultado final encontrado pelos autores, para os seus três cenários:

Tabela 3 – Consumo de alumínio em sistemas fotovoltaicos

	kg/kW
Al minimum	23
Al moderate⁸⁸	32
Al maximum	59

Fonte: Bödeker, Bauer, Pehnt (2010)

Com a informação de consumo específico de alumínio em termos de volume, a outra variável para estimar a demanda de metal nos próximos anos deve vir de projeções referentes ao crescimento da potência instalada dessa modalidade energética no Brasil. Nesse sentido, dados publicados pela Empresa de Pesquisa Energética (EPE) devem ser consultados novamente, pois constituem a mais extensa e confiável fonte oficial.

As projeções de evolução da potência instalada de energia fotovoltaica no Brasil elaboradas pelo PNE 2050 da EPE constituem a variável faltante para o cálculo da estimativa do volume de alumínio demandado pelo mercado de FV nos próximos anos. A Tabela 4 reúne os resultados do PNE 2050 em termos de potência instalada para determinados períodos futuros, na geração distribuída:

Tabela 4 – Projeções da geração distribuída fotovoltaica

	Referência				Novas Políticas			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Potência Instalada (GWp)	0,5	10	50	78	1	20	82	118
Energia Gerada (MWméd)	78	1.523	7.466	11.797	153	3.001	12.511	18.029
% da Carga Total (SIN)	0,1%	1,3%	4,7%	5,7%	0,2%	2,6%	7,9%	8,7%

Fonte: empresa de pesquisa energética (EPE) (2013)

Para reunir os dados de consumo específico de alumínio e os dados de potência instalada deve-se fazer uma consideração sobre as unidades utilizadas em cada fonte, a fim de uniformizá-las para que seja possível o cálculo desejado. As projeções da EPE utilizam a unidade GWp, onde o índice p indica que trata-se da potência nominal instalada. O índice de consumo específico de alumínio de (BÖDEKER; BAUER; PEHNT, 2010) fala em kg/kW. Como não é feita nenhuma ressalva pelos autores no sentido de estimar uma eficiência média para os sistemas analisados, convém-se adotar a potência também como nominal, como

ocorre no caso dos dados da EPE. Dessa forma, o único ajuste será relacionado à padronização da escala das unidades, transformando os valores de GW para kW, para fins de cálculos. Devido à escala dos valores encontrados para volume de alumínio, os resultados serão apresentados na unidade de kt, ou quilotoneladas, a fim de facilitar a leitura dos números. A Tabela 5 reúne as projeções de potência instalada em sistemas fotovoltaicos no Brasil nos anos de 2020, 2030, 2040 e 2050 e os correspondentes volumes de alumínio que serão demandados para a montagem e operação desses sistemas.

Tabela 5 – Projeção de potência instalada e volume correspondente de alumínio

Ano	Potência instalada (GWp)	Volume de Al (kt)
2020	1	32
2030	20	640
2040	82	2.624
2050	118	3.776

Fonte: próprio autor

Na seção 2.1, foi apresentado o dado de potência instalada em sistemas fotovoltaicos no Brasil ao final de 2015, também na modalidade de geração distribuída. O valor é de 13,3 MW (EPE, 2016). Partindo desse dado referente a 2015 em direção à projeção de 2020, também da EPE, e considerando-se que o acréscimo de potência será igualmente repartido entre os cinco anos que compreendem esse período, pode-se estimar a demanda anual de alumínio no curto prazo, que seria igual a um acréscimo anual de aproximadamente 6.315 toneladas. A Tabela 6 reúne os resultados dessa interpretação ano a ano.

Tabela 6 - Projeção da demanda de alumínio por ano

Ano	Potência instalada (MW)	Volume de Al (t)
2015	13,3	425
2016	210,3	6.740
2017	407,7	13.055
2018	605,0	19.370
2019	802,4	25.685
2020	1.000,0	32.000

Fonte: próprio autor

Para contextualizar a dimensão do volume anual encontrado, pode ser interessante compará-lo com alguns dados de mercado do alumínio. As Tabelas 7 e 8 foram extraídas do Anuário Estatístico de 2015 da Associação Brasileira de Alumínio (ABAL).

Tabela 7 – Consumo doméstico de alumínio por produto e segmento em 2014

Em mil toneladas/'000 tons

2014	Produto Product	Segmento/End use markets						
		Embalagens Packaging	Transportes Transports	Construção civil Building & construction	Elettricidade Electrical	Bens de consumo Consumer durables	Máquinas e equipamentos Machinery & equipments	Total Total
	Chapas/Sheets ⁽¹⁾	401,3	49,4	37,6	7,8	66,1	17,7	597,8
	Folhas/Foils	74,2	6,2	1,3	1,0	8,8	1,8	94,9
	Extrudados/Extruded	0,6	39,1	188,9	9,5	51,0	29,4	334,5
	Fios e cabos condutores Wires and cables	-	-	-	129,3	-	-	129,3
	Fundidos e forjados/Castings ⁽¹⁾	-	155,0	0,1	1,6	4,0	11,5	172,7
	Pó/Powder ⁽²⁾	-	-	-	-	-	-	28,6
	Usos destrutivos/Destructive uses ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-	40,4
	Outros/Other	0,1	-	-	-	-	-	31,4
	Total/Total	476,2	249,7	227,9	149,2	129,9	60,4	1 429,7
	Participação /Share	33,3%	17,5%	15,9%	10,5%	9,1%	4,2%	100,0%

Fonte: Associação Brasileiro do Alumínio (ABAL) (2016)

Tabela 8 – Consumo doméstico de alumínio por produto e segmento em 2015

Em mil toneladas/'000 tons

2015	Produto Product	Segmento/End use markets						
		Embalagens Packaging	Transportes Transports	Construção civil Building & construction	Elettricidade Electrical	Bens de consumo Consumer durables	Máquinas e equipamentos Machinery & equipments	Total Total
	Chapas/Sheets ⁽¹⁾	407,8	38,3	33,0	6,6	65,0	14,9	575,7
	Folhas/Foils	70,2	5,0	1,1	1,2	6,9	1,3	87,0
	Extrudados/Extruded	0,3	32,3	163,7	6,7	42,6	24,3	286,0
	Fios e cabos condutores Wires and cables	-	-	-	120,3	-	-	120,3
	Fundidos e forjados/Castings	-	134,8	0,1	1,7	4,3	8,5	149,6
	Pó/Powder ⁽²⁾	-	-	-	-	-	-	22,2
	Usos destrutivos/Destructive uses ⁽³⁾	-	-	-	-	-	-	39,6
	Outros/Other	0,0	-	-	-	-	-	28,1
	Total/Total	478,3	210,4	197,9	136,5	118,8	49,0	1 308,5
	Participação /Share	36,6%	16,1%	15,1%	10,4%	9,1%	3,7%	100,0%

Fonte: Associação Brasileiro do Alumínio (ABAL) (2016)

O volume de extrudados de alumínio consumidos pela indústria automotiva em 2015 foi de 32,3 kt. No segmento de Elettricidade, foram consumidos 6,7 kt. Assim, o volume médio anual de extrudados de alumínio que seria demandado por sistemas fotovoltaicos no país nos próximos cinco anos (a partir de 2016) representa em torno de 19,5% do que o tradicional segmento de Transportes consumiu em 2015 e praticamente duplica o que é consumido pelo segmento de Energia.

Outra análise que pode ser feito a partir dessas comparações diz respeito à contração de mercados tradicionais atendidos pela indústria do alumínio, como, por exemplo, a Construção Civil. De acordo com a ABAL (2015), o segmento de Construção Civil consumiu em torno de 25,2 kt de extrudados a menos em 2015 em comparação com 2014. Nesse caso, o volume anual médio de extrudados para fotovoltaicos representa em torno de 25% das quedas destacadas para o segmento de Construção.

3.3 SÍNTESE – ANÁLISE SWOT

O Quadro 3 pontua todas as questões abordadas ao longo deste capítulo. As questões bem como sua interpretação sob a ótica da matriz SWOT já foram explicadas com detalhes nas seções anteriores, ao longo do texto. Assim, a proposta desta seção é sintetizar no formato gráfico da matriz SWOT todas essas questões já abordadas, facilitando a sua observação e, com isso, as conclusões sob a temática do presente trabalho. Como foi pontuado anteriormente, alguns fatores podem ser enquadrados em diferentes quadrantes, dependendo do ponto de vista.

A análise é aplicada ao contexto atual do mercado de energia solar fotovoltaica no Brasil, com alguns pontos específicos aplicados à indústria do alumínio. A motivação para montar o quadro dessa forma é o fato de que, se aplicado somente aos desdobramentos para a indústria do alumínio, o quadro seria de menor validade para outros segmentos industriais que podem vir a fazer parte da cadeia produtiva dos sistemas FV e podem se beneficiar da análise. Assim, o quadro reunia e classifica fatores para o mercado solar fotovoltaico brasileiro, incluindo questões do mercado em si, que tem aplicabilidade irrestrita para demais segmentos da cadeia, como também questões aplicadas à indústria do alumínio, que podem ser replicadas ou não para outros segmentos da cadeia, considerando-se o produto/componente ou serviço e feitas as devidas adequações.

Quadro 3 – Análise SWOT

FORÇAS - Recente revisão e melhoria de políticas públicas a fim de incentivar a GD; - Políticas de conteúdo nacional para financiamento de sistemas FV favoráveis aos componentes de alumínio; - Soluções em alumínio para a indústria FV são simples (não são necessários investimentos/adequações tecnológicas);	FRAQUEZAS - Cadeia produtiva nacional escassa; - Modelos de negócio ainda restritivos em comparação com mercados mais desenvolvidos;
OPORTUNIDADES - Potencial natural do país para a energia solar; - Potencial de consumo de volumes relevantes de extrudados de alumínio, mitigando resultados negativos em outros setores; - Expansão acentuada da atuação no segmento de Energia, com potencial para deixar o status de nicho e consolidar um mercado prioritário; - Flutuação dos preços da energia elétrica no mercado tradicional (distribuidoras); - Expansão do mercado livre de energia* - Maior conscientização governamental e da sociedade sobre a importância do papel das energias renováveis;	AMEAÇAS - Competição de produtos importados; - Competição de outras modalidades de energia renovável; - Não adesão do mercado consumidor de GD na proporção estimada; - Expansão do mercado livre de energia*; - Potencial conflito com distribuidoras de energia elétrica

Fonte: próprio autor.

*As duas interpretações para este fator foram detalhadas na seção 3.1.4

4 CONCLUSÃO

4.1 VERIFICAÇÃO DOS OBJETIVOS

O presente trabalho tinha como objetivo analisar a conjuntura atual do mercado de energia solar fotovoltaica no Brasil bem como identificar suas potencialidades e tendências. No que diz respeito à identificação dos agentes que atuam nesse mercado, este estudo enunciou os seus principais órgãos reguladores, sobretudo governamentais, bem como suas medidas e propostas mais atuais e de maior impacto para a expansão comercial dos sistemas fotovoltaicos. Órgãos de pesquisa energética nacional e de fomento à indústria fotovoltaica foram identificados também e a sua literatura foi apresentada, a fim de prover os dados necessários para que as análises propostas fossem possíveis, dentro do contexto apresentado. A estrutura das seções deste trabalho permitiu que se identificassem os fatores críticos de diferentes âmbitos que devem ser monitorados, uma vez que causam desdobramentos sob o ponto de vista de expansão de um mercado, como foi devidamente interpretado em cada seção. A reunião desses fatores foi apresentada na forma de uma matriz SWOT, agrupando-os em forças, fraquezas, oportunidades e ameaças. A SWOT apresentada vai ao encontro dos objetivos propostos, pois analisa o mercado fotovoltaico brasileiro por meio de abordagem ampla o bastante que permite que diferentes segmentos industriais da sua cadeia produtiva façam uso dessa ferramenta como um guia inicial para a sua tomada de decisão no sentido de investir ou não nesse mercado.

Este estudo também permitiu que o objetivo específico de análise quantitativa fosse alcançado. Dado o contexto da situação da indústria de metais apresentado inicialmente, este estudo apresentou também o potencial do mercado analisado para um dos fornecedores da sua cadeia produtiva, no caso, a indústria do alumínio. Partindo da apresentação da tecnologia fotovoltaica, este trabalho destacou a presença dos perfis de alumínio nos sistemas FV. Estudos e estatísticas nacionais e internacionais fomentaram os cálculos que responderam à questão sobre o tamanho do mercado fotovoltaico nacional para os fabricantes de extrudados de alumínio, com o horizonte de cinco anos.

Percebe-se em diferentes momentos que o crescimento do mercado de sistemas fotovoltaicos está condicionado a fatores com relativa incerteza de ocorrência. Em primeiro lugar, a própria tecnologia de tais sistemas apresenta diferentes possibilidades, com variações significativas no consumo de alumínio (BÖDEKER; BAUER; PEHNT, 2010). Por exemplo,

ainda segundo (BÖDEKER; BAUER; PEHNT, 2010), a variação no consumo de alumínio pode chegar a 56% entre diferentes modalidades de sistema FV. Os autores apresentam três cenários, para normalizar essa diferença expressiva, e não apontam uma tendência mais forte. Nesse sentido, pode-se entender que o dinamismo relacionado ao desenvolvimento de tecnologias representa um fator que pode impactar os resultados apresentados neste trabalho nos próximos anos.

No quesito de políticas públicas do setor elétrico também pode ser percebido alto grau de dinamismo, com potencial de impactar as conclusões quantitativas apresentadas neste trabalho. O próprio relatório PNE 2050 (EPE, 2013) apresenta suas projeções de geração distribuída no Brasil em dois cenários bastante distintos, cuja diferença baseia-se na implementação ou não de novas políticas. Para ilustrar o grau de incerteza, a participação da energia distribuída pode dobrar: de 0,1% para 0,2%, em 2020, e de 1,3% para 2,6%, em 2030, caso novas políticas sejam vigoradas (EPE, 2013). Nesse sentido, fica evidente novamente que a expansão da tecnologia e, por consequência, o aumento do consumo de alumínio, são condicionados a fatores cuja previsibilidade mostrou-se pequena em termos numéricos.

4.2 DIFICULDADE, LIMITAÇÕES E SUGESTÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Sob o ponto de vista da Inteligência de Mercado, uma dificuldade encontrada é a multiplicidade de fatores que devem ser reunidos para que um panorama de mercado consumidor seja construído, abrangendo dados de ordem técnica relacionados aos produtos/sistemas, dados macroeconômicos, legislação do setor em questão, dentre outros. Falando-se especificamente do tema deste estudo, o mercado fotovoltaico brasileiro, uma dificuldade reside no fato de que se trata de uma modalidade energética cuja expansão no país é um movimento muito recente. Isso significa, em primeiro lugar, que não existem dados históricos suficientes para que projeções quantitativas sejam factíveis. Além disso, a sua cadeia produtiva nacional ainda não está sedimentada, de forma que a literatura acerca desse tema é restrita. Falando-se do alumínio, especificamente, a literatura que trata da sua aplicação em automóveis, por exemplo, é muito mais ampla do que a que trata da sua aplicação em energias renováveis.

Algumas dificuldades também estiveram presentes sob o ponto de vista de desenvolvimento de um trabalho acadêmico. O tema deste trabalho está relacionado a questões e ambientes nos quais conhecimentos de Engenharia são largamente empregados,

como é o caso de tecnologias de geração de energia elétrica e a indústria metalúrgica. Por outro lado, a visão sob a qual este trabalho propôs-se a discutir o tema exige que ferramentas de áreas distintas sejam empregadas. No caso, destacou-se o uso de ferramentas de Marketing.

Além disso, a abordagem deste trabalho configura a presença de dados que são, na verdade, projeções. Assim sendo, este trabalho discute perspectivas futuras, o que representa uma dificuldade na medida em que os resultados não podem ser testados e comprovados, mas são apontamentos, cuja validação se dará nos próximos anos.

Por fim, este trabalho comprovou que a tecnologia de sistemas fotovoltaicos está em rápida expansão no Brasil e que isso é uma movimentação muito recente. Dessa maneira, entende-se uma dificuldade no que diz respeito à obtenção de informações e referências consistentes.

Como recomendação para pesquisas futuras, seria interessante que uma ponderação quantitativa dos fatores críticos enunciados na análise SWOT fosse desenvolvida, a fim de refinar essa ferramenta como um guia mais assertivo para a tomada de decisão. Sobre os fatores em si, é esperado que alguns deles ganhem destaque nos próximos anos e devam ser monitorados com maior rigor. Dentre eles, a questão do mercado livre de energia, que tem o potencial de provocar mudanças drásticas no setor elétrico nacional. Outra questão refere-se ao posicionamento das distribuidoras de energia elétrica em relação ao avanço da autogeração, onde potenciais conflitos podem vir a surgir, pois as distribuidoras comercializam, hoje em dia, a energia elétrica em si, e não apenas o serviço de distribuição pela rede.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA – ANEEL. **Cadernos temáticos ANEEL: micro e minigeração distribuída – sistema compensação de energia elétrica**. 2.ed. Brasília, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA ELÉTRICA E ELETRÔNICA – ABINEE. **Evolução da importação de módulos fotovoltaicos**. São Paulo, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA – ABSOLAR. **PV in Brazil: market status, opportunities and challenges**. São Paulo, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – ABAL. **Anuário estatístico 2015**. São Paulo: Ponto & Letra, 2016.
- BANCO NACIONAL DE DESENVOLVIMENTO ECONÔMICO E SOCIAL (BNDES). **Anexo I ao termo de adesão e responsabilidade: metodologia para credenciamento e apuração de conteúdo local de equipamentos fotovoltaicos de fabricantes informatizado** – CFI. Brasília, 2014.
- BARROS, L. V. **Avaliação de modelos de negócio para energia solar fotovoltaica no mercado de distribuição brasileiro**. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica/Faculdade de Economia e Administração/Instituto de Energia e Ambiente Instituto de Física, Universidade de São Paulo, 2014.
- BÖDEKER, J.; BAUER, M.; PEHNT, M. **Aluminium and renewable energy systems: prospects for the sustainable generation of electricity and heat**. Institute for Energy and Environmental Research (IFEU). Heidelberg, 2010.
- BRASIL. Câmara dos Deputados. **Projeto de Lei n. 1.917**, de 2015: dispõe sobre a portabilidade da conta de luz, as concessões de geração de energia elétrica e a comercialização de energia elétrica, altera as Leis n. 12.783, de 11 de janeiro de 2013, 10.848, de 15 de março de 2004, 10.847, de 15 de março de 2004, 9.648, de 27 de maio de 1998, 9.478, de 6 de agosto de 1997, 9.427, de 26 de dezembro de 1996, a Medida Provisória n. 2.227, de 4 de setembro de 2001, e dá outras providências. Disponível em: <https://www.camara.leg.br/proposicoesWeb/fichadetramitacao?idProposicao=1307190>. Acesso em: 15 dez. 2016.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE. **Plano nacional de energia 2050**. Brasília, 2016.
- ESCOLA NACIONAL DE ADMINISTRAÇÃO PÚBLICA – ENAP. **Classificação de metodologia de pesquisa**. Brasília, 2016.
- GHAZINOORY, S.; ABDI, M.; AZADEGAN-MEHR, M. Swot methodology: a state-of-the-art review for the past, a framework for the future. **Journal of Business Economics and Management**, v. 12, n. 1, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Produto interno bruto**. 2016. Disponível em: https://downloads.ibge.gov.br/downloads_estatisticas.htm. Acesso em: 14 nov. 2016.

KONZEN, G. **Difusão de sistemas fotovoltaicos residenciais à rede no Brasil**: uma simulação via modelo de Bass. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

NAKABAYASHI, R. N. **Microgeração fotovoltaica no Brasil**: condições atuais e perspectivas futuras. 2014. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Energia e Ambiente, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

XAVIER, E. et al. Requirements to Leverage the Electricity Distributors' Sales and Revenues in the Brazilian Free Market. **IEEE Latin America Transactions**, v. 14, n. 10, out. 2016.