

PROPOSTA DE MODELAGEM PARA MENSURAÇÃO DA COMPETITIVIDADE INDUSTRIAL NA GERAÇÃO DE ENERGIA FOTOVOLTAICA

Carmen Brum Rosa – carmenbrosa@gmail.com

Julio Cezar Mairesse Siluk – jsiluk@ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção

Leandro Michels – michels@gepoc.ufsm.br

José Renes Pinheiro – jrenes@gepoc.ufsm.br

Universidade Federal de Santa Maria - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

Resumo. Nos últimos anos a geração de energia fotovoltaica vem se consolidando no mundo como uma das principais formas de geração de energia renovável. Por sua vasta área territorial e localização tropical, o Brasil se posiciona como um dos países com maior potencial para implantação de sistemas fotovoltaicos. Apesar do ambiente favorável em que se encontra a geração de energia elétrica a partir da fonte fotovoltaica, ainda existem lacunas que prejudicam a sua gestão e a avaliação da competitividade de organizações que fazem o uso dessa energia renovável. Dessa forma, o presente artigo apresenta uma proposta de modelagem capaz de mensurar o nível de competitividade de empresas que utilizam a energia fotovoltaica em seus processos industriais como fonte alternativa de geração de eletricidade. A modelagem proposta está fundamentada em uma pesquisa sobre as características do setor, utilizando-se para tanto os pressupostos referentes aos conceitos da abordagem multicritério de apoio à decisão. Ao término da modelagem, verificou-se que a estrutura apresentada e a descrição dos cálculos são válidos para aplicação em empresas reais e geram um diagnóstico atual da situação da energia fotovoltaica na indústria avaliada. Além disso, estes resultados podem servir de apoio às decisões dos gestores responsáveis pelo desenvolvimento do sistema de geração de energia solar da empresa.

Palavras-chave: Competitividade Organizacional, Análise Multicritério, Energia Fotovoltaica.

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por energia elétrica apresenta um cenário mundial de busca por novas fontes de energia que possam atender ao acelerado aumento no consumo, de forma não poluente, sustentável e economicamente viável. Nos últimos anos, uma nova fonte geradora vem sendo estudada, a energia fotovoltaica, essa alternativa tem sido vista internacionalmente como uma tecnologia bastante promissora (EPE, 2012).

Do ponto de vista estratégico, o Brasil possui uma série de características naturais favoráveis, tais como, localização em baixas latitudes que resulta em elevados níveis de insolação e grandes reservas de quartzo de qualidade, que podem gerar importante vantagem competitiva para a produção de silício com alto grau de pureza, células e módulos solares, produtos estes de alto valor agregado. Tais fatores potencializam a atração de investidores, a expansão da utilização da energia fotovoltaica em indústrias e o desenvolvimento de um mercado interno, permitindo que se vislumbre um papel importante na matriz elétrica para este tipo de tecnologia (EPE, 2012).

Diante deste cenário, para obter uma vantagem competitiva e defender posições estratégicas no mercado é necessário que os gestores de empresas que utilizam a tecnologia fotovoltaica para a geração de energia elétrica em seus processos industriais conheçam e compreendam a dinâmica dos atores, nos âmbitos empresarial e estrutural, permeados pelos indicadores capazes de mensurar, de fato, sua atual situação (DI SERIO; VASCONCELOS, 2009; SIMONS, 2009; NEUENFELDT JÚNIOR, 2014). Além disso, torna-se determinante para o avanço deste mercado o monitoramento da competitividade sistêmica, a qual se evidencia como sendo a barreira mais crítica para o desenvolvimento e aplicação desta fonte geradora de eletricidade.

Dessa maneira, percebe-se que a utilização da energia elétrica proveniente da fonte fotovoltaica está inserida em um ambiente competitivo, principalmente por apresentar-se em um setor com características específicas, o que obriga esta energia a desempenhar seus processos com máxima eficiência. A partir dessa necessidade, verifica-se a inexistência de ferramentas gerenciais estruturadas capazes de auxiliar na identificação, mensuração e análise desses fatores em empresas que utilizam a fonte fotovoltaica gerada na Usina Solar instalada em sua área industrial. Para tanto, o presente artigo tem como objetivo uma proposta de modelagem capaz de mensurar o nível de competitividade industrial na geração de energia fotovoltaica, nos âmbitos estrutural e empresarial, de modo que a construção dessa modelagem seja capaz de auxiliar os gestores nas tomadas de decisão apresentando-lhes o nível de competitividade de suas empresas ao fazer uso dessa fonte renovável em seus processos.

2. ENERGIA FOTOVOLTAICA

O sol é a principal fonte de energia para os oceanos, a atmosfera, a Terra e a biosfera. Em média, no curso de um ano, uma potência radiante de 44 quatrilhões de Watt é irradiada sobre a Terra (NASA, 2012). A energia solar utilizada para produção de energia elétrica é diretamente convertida por meio dos fótons presentes na radiação solar incidentes sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores. Este sistema não emite dióxido de carbono, além de ser uma geração distribuída, ou seja, não necessita de investimentos governamentais em linhas de transmissão, em contra partida a energia fotovoltaica ainda é considerada uma tecnologia cara (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - BRASIL, 2013; RONCAGLIO; JANKE, 2012).

As tecnologias fotovoltaicas podem ser classificadas como de primeira geração, segunda geração e terceira geração. Entre os diversos materiais utilizados para a fabricação das células, destacam-se as células que empregam a tecnologia de silício cristalino (c-Si), considerados de primeira geração, os quais podem ser de dois tipos: silício monocristalino (mc-Si) e o silício policristalino (pc-Si). Dentre os outros tipos de tecnologia fotovoltaica pode-se citar os chamados filmes finos, como o silício amorfo (a-Si), segunda geração e o arseneto de gálio (GaAs) e os compostos policristalinos, como o telureto de cádmio (CdTe) e o disseleneto de cobre e índio (CuInSe₂), terceira geração (GHENSEV, 2006). Os sistemas fotovoltaicos podem ser classificados entre três categorias: isolados, conectados à rede elétrica e sistema híbrido. Esta classificação refere-se a como o sistema se relaciona com rede elétrica (JUCÁ; CARVALHO, 2013).

Quanto aos custos de implantação de uma Usina Fotovoltaica, houve uma redução, em torno de 40%, nos custos de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à rede elétrica (SFCR) entre 1996 e 2006 (BENEFITO, ZILLES, 2010). Estudos mais recentes apontam para uma redução de custos ainda maior, em torno de 60%, no custo médio dos módulos fotovoltaicos nos últimos 3 anos (KOOT, 2011). No último leilão da ANEEL, realizado no dia 13 de Novembro de 2015, o preço inicial do produto por quantidade foi de R\$ 381,00 por MWh (ANEEL, 2015), sendo que o custo dos módulos estava próximo a 0,62 US\$ em 2014, dependendo da tecnologia utilizada e do custo total de implantação de um SFCR aproximadamente 60% corresponde aos painéis solares e os 40% restantes com os outros componentes necessários (HEARPS, MCCONNELL, 2011). Neste contexto, o investimento na implantação de Usinas Fotovoltaicas para geração de energia elétrica em indústrias é uma tendência crescente e uma grande aliada para o desenvolvimento regional, social e ambiental no Brasil, assim com já vem acontecendo em outros países.

2.1 Sistemas de Mensuração do Desempenho Organizacional e Competitividade

Nas últimas décadas, a competitividade ganhou visibilidade no contexto científico e empresarial, pois tanto os países quanto as empresas passaram a focar seus esforços na busca pelo melhor desempenho possível. Para garantir a sobrevivência das empresas tornou-se cada vez mais necessário que as atividades desempenhadas criem valor não apenas dentro das fronteiras da organização, mas também visando o ambiente estrutural e sistêmico a qual se está inserida, uma vez que a competitividade ultrapassa os processos internos e manifesta-se também no ambiente externo (COUTINHO; FERRAZ, 1994; CERTO; PETER, 2005; DI SERIO; VASCONCELLOS, 2009).

Para Siluk (2007), diagnosticar a competitividade consiste em identificar a situação da empresa no espaço de tempo a ser avaliado e no que se refere ao desempenho recente quanto à postura estratégica, à gestão corporativa, à cultura da organização, ao marketing, às finanças, à pesquisa e desenvolvimento, às operações e logística, recursos humanos, sistemas de informação, fatores internos gerais, oportunidades e ameaças, avaliação e controle.

A partir das abordagens dos autores citados, percebe-se que a competitividade envolve a busca por estratégias que proporcionem algum tipo de vantagem sobre a concorrência. Desta forma, a competitividade é um conceito dinâmico, o que implica na necessidade latente das empresas renovarem-se constantemente por meio de inovações e atualizações que, por um lado, adicionem valor aos processos ou produtos, e por outro instalem barreiras que limitem o acesso da concorrência às novas tecnologias. (PORTER, 2009; TIDD et al., 2008).

A avaliação de desempenho é um processo inerente à natureza humana, que envolve a interação entre os diversos membros de uma organização, no qual estão predispostos a analisar o contexto de acordo com as suas percepções a cerca dos objetivos a serem mensurados (KAPLAN, NORTON, 2008; PARMENTER, 2010). Além disso, é considerada como um dos principais elementos da gestão estratégica, sendo capaz de identificar a distância existente entre a situação atual de uma organização e o nível considerado como de excelência, através da proposição de metas alinhadas com o planejamento estratégico e o uso de indicadores (KAPLAN; NORTON, 2008; HILL; JONES, 2012).

A proposta do uso de indicadores baseia-se no fato de que fatores tangíveis e intangíveis sempre podem ser mensurados, contanto que se utilizem métricas bem definidas, rotinas que operacionalizem a coleta de dados e escalas de medição padronizadas, traduzindo-se assim dados dispersos em informações úteis para o gerenciamento de unidades produtivas (OLSON; SLATER, 2002; HUBBARD, 2009).

A disposição dos indicadores em ferramentas contribui para a competitividade empresarial, ao promover mecanismos que retornem aos gestores informações sobre seus processos. Entretanto, o uso deliberado de indicadores com a intenção de mensurar todas as variáveis possíveis no ambiente empresarial não é tido como uma situação favorável, pois primeiramente devem-se analisar quais são os fatores que realmente podem ser considerados como mais relevantes para o sucesso da estratégia adotada, e só então, proceder-se com a escolha do conjunto de indicadores que irá compor o sistema de mensuração (SAMSONOWA, 2012; PARMENTER, 2012).

2.2 Abordagem Multicritério de Apoio à Decisão

O processo de decisão está associado à necessidade de se atender a objetivos conflitantes na escolha pela opção considerada como a melhor entre um rol de alternativas viáveis, sendo geralmente uma atividade complexa devido à incerteza sobre os aspectos envolvidos (WALLENUS et al., 2008; SAATY; VARGAS, 2012). Qualquer problema de decisão que compreenda no mínimo duas ações possíveis pode ser enquadrado sob a abordagem multicritério de apoio à decisão, a qual engloba métodos com o objetivo de representar a complexa realidade através de modelagens qualitativas ou quantitativas, permitindo um melhor entendimento por parte dos atores envolvidos e servindo como subsídio para a escolha final entre as opções disponíveis (GOMES 2012; DOUMPOS; GRIGORODIS, 2013; STORCH, NARA, KIPPER, 2013).

Gomes et al. (2009) afirmam que o sucesso de um sistema de apoio à decisão depende, em grande parte, do modo em que a estrutura de critérios é montada, levando em consideração vários pontos de vista que “representam os diferentes eixos ao longo dos quais os diversos atores do processo decisório justificam, transformam e questionam suas preferências”. Esses critérios devem ser digeridos por todos os *stakeholders* ao longo de todo o processo de decisão.

As Metodologias Multicritério de Apoio a Decisão (*Multi Criteria Decision Aid – MCDA*) contribuem justamente por auxiliar a tornar este processo menos complexo, ao dispor de ferramentas que permitem elucidar as relações de causa e efeito sobre as preferências dos decisores, aumentando o nível de conhecimento sobre o problema, o que difere substancialmente do conceito de busca da solução ótima dos métodos de otimização da Pesquisa Operacional tradicional (BELTON; STEWART, 2001). Ainda, a MCDA não tem por objetivo remover a subjetividade do problema, mas visa torná-lo claro aos tomadores de decisão, guiando-os por caminhos lógicos para satisfazer os objetivos de todos os envolvidos (ENSSLIN et al., 2001).

3. METODOLOGIA

Para compreender os principais aspectos abordados e alcançar o objetivo proposto, o procedimento metodológico foi conduzido em quatro etapas, conforme a Figura 1.

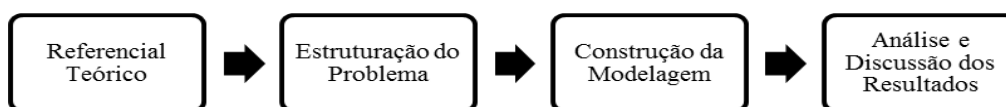


Figura 1 - Representação esquemática da metodologia.

Para o cumprimento da primeira etapa, intitulada por Referencial Teórico, foram utilizados os portais de conteúdo científico *Emerald*, *Scientific Direct*, *Scopus*, e o portal de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

A estruturação do problema e construção da modelagem, que compreende a segunda fase da pesquisa, foi realizada através da construção da árvore de decisão e escalas de avaliação. A construção da árvore de decisão apoia-se nas recorrências identificadas por meio das informações obtidas no referencial teórico, nos quais os Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), que fazem parte da principal estrutura da árvore, são indicadores relevantes para o bom funcionamento de uma Usina Solar em operação para geração de energia em indústrias. Cada um destes fatores possui um peso relativo à sua importância, e, cada PVFs divide-se em Fatores Críticos de Sucesso (FCSs), os quais são considerados variáveis que definem os Pontos de Vista Fundamentais. Estes PVFs e FCSs são especificados pelo pesquisador em conjunto com os gestores responsáveis pela empresa. A partir do peso de cada fator e cada ponto de vista avalia-se o nível de competitividade em que se encontra a empresa analisada.

A fase final desta pesquisa compreende a redação das conclusões. Nessa, o objetivo é retomado, e verifica-se se os resultados obtidos satisfazem o problema de pesquisa definido na seção introdutória, além de se apresentar as limitações e a sugestões de trabalhos futuros.

4. RESULTADOS

A estruturação do problema e construção da modelagem foi realizada através de três etapas: construção da árvore de decisão; construção dos indicadores hierárquicos e escalas de avaliação. Na primeira etapa, a árvore de decisão foi elaborada a partir do desdobramento do objetivo central em Pontos de Vista Fundamentais (PVFs), os quais representam o primeiro nível da hierarquia e agruparam os fatores considerados como críticos de sucesso (FCS) para a avaliação do desempenho da geração de energia fotovoltaica, os quais serão determinados em trabalhos futuros em função da necessidade da participação dos gestores das empresas respondentes selecionadas. A determinação dos PVFs foi realizada a partir das recorrências identificadas por meio do referencial teórico, atendo-se assim a um dos objetivos da pesquisa, de identificar os fatores mais relevantes para a competitividade da utilização da tecnologia fotovoltaica para geração da energia elétrica em indústrias.

Uma representação esquemática da modelagem desenvolvida é apresentada na Fig. 2, a qual destaca o objetivo central e seus desdobramentos em Pontos de Vista Fundamentais (PVFs) e Fatores Críticos de Sucesso (FCS).

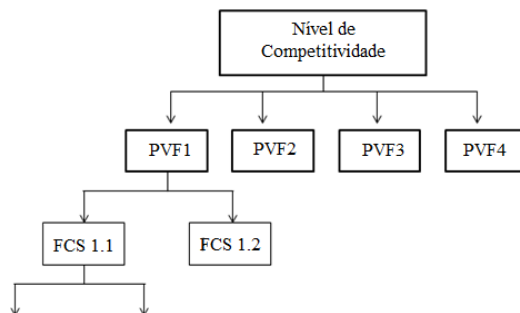


Figura 2 - Representação esquemática da modelagem.

Através do referencial teórico sobre o contexto atual da utilização de um sistema de energia fotovoltaica em indústrias construiu-se a árvore de decisão sob a ótica de quatro pontos de vista fundamentais, conforme a Tab. 1.

Tabela 1- Pontos de Vista Fundamentais (PVFs).

PVF1	PVF2	PVF3	PVF4
Potencial de aplicação industrial.	Capacidade Técnica	Riscos de adoção a tecnologia	Alianças Estratégicas

O PVF1 avalia o Potencial de Aplicação Industrial que possui a empresa e se a mesma apresenta um planejamento para utilizar de forma eficiente a energia solar nos seus processos industriais. O PVF2 analisa se a empresa possui Capacidade Técnica suficiente para manutenção da Usina Solar implantada. O PVF3 representa os Riscos de Adoção a Tecnologia e mensura a suficiência da empresa em garantir uma operacionalidade segura à Usina Solar. O PVF4 avalia as Alianças Estratégicas da empresa através de sua capacidade de juntar recursos, competências e meios para desenvolver a energia solar no meio industrial.

A construção da modelagem envolve a utilização de mecanismos que permitem avaliar quantitativamente cada critério. Para isso, uma das necessidades neste ponto foi definir as taxas de substituição entre os elementos do modelo, a fim de demonstrar as diferenças de importância entre cada um deles. Isso pode ser realizado por meio de métodos como comparação par-a-par, todos baseados no conceito de compensação, onde o ganho de *performance* em um critério implicará na perda de outro.

O instrumento questionará os respondentes quanto ao nível de importância que os mesmos atribuem a cada um dos indicadores levantados, julgados paritariamente, o que originará a construção da estrutura hierárquica do problema. E o resultado deste julgamento determinará a importância relativa de cada critério, isto é, o peso que possui um critério quando posto em comparação com os demais. Assim, aproxima-se com maior acurácia ao contexto por não tratar todos os indicadores com a mesma importância, mas permitindo uma estratificação destes em mais relevantes e menos relevantes. Para essa avaliação foi construída a escala apresentada na Fig. 3.

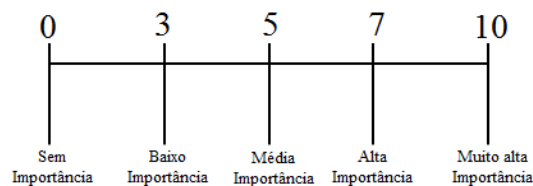


Figura 3 - Escala de Avaliação dos indicadores.

A partir deste julgamento, os cálculos das taxas de substituição são realizados em planilha eletrônica do aplicativo Microsoft Excel®, e tornam-se capazes de apresentar as ponderações locais e globais de cada item em forma matricial composta por n indicadores e o peso relativo de cada indicador é encontrado segundo o método de média ponderada, conforme a Eq. (1), a qual apresenta um exemplo para o peso do indicador 1.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$\frac{\sum_1^n a_{1n}}{\sum a_{ij}} \quad (1)$$

A quantificação do peso dos critérios resulta na ordenação de importância relativa entre os n critérios estabelecidos dentro dos Pontos de Vista Fundamentais (PVF). O mesmo julgamento é feito para avaliar a importância relativa de cada PVF, onde cada nível da estrutura hierárquica terá sua soma normalizada em 100%, iniciando pela base e seguindo até o último nível que antecede o objetivo principal.

A avaliação global do nível de competitividade da geração da energia fotovoltaica nas empresas analisadas envolve a obtenção de resultados quantitativos obtidos por meio da aplicação da modelagem, e sua transcrição para resultados qualitativos, que representam a situação da empresa no momento da coleta de dados. Para tanto, os resultados quantitativos são obtidos por meio de uma função de agregação aditiva, a qual permite calcular o escore global de desempenho das empresas, levando-se em conta o desempenho obtido em cada indicador e sua respectiva taxa de substituição. Esta função é demonstrada pela Eq. (2).

$$V(\beta) = \sum W_i V_i(\beta) \quad (2)$$

$V(\beta)$ é a avaliação global de desempenho da empresa β e é apresentada a partir de uma porcentagem de 0 a 100%, onde 0 representa uma empresa Não Competitiva, 25% - 50% uma empresa Pouco Competitiva, 50% - 75% Potencialmente Competitiva e 100% Plenamente Competitiva.

A fase de análise dos resultados e recomendações compreende, num primeiro momento, o cálculo do desempenho global das alternativas a partir da construção realizada na fase anterior. Posteriormente, a etapa de recomendações visa apontar qual é o melhor curso de ação para o problema modelado, além de propor qual o incremento necessário para que as alternativas avaliadas negativamente possam vir a ser consideradas como atrativas, realizando-se simulações e verificando-se os resultados.

4.1 Exemplo de aplicação da Modelagem

A modelagem proposta permite gerar um diagnóstico da situação atual a partir da coleta de dados na empresa, além de criar subsídios para a elaboração de planos de melhoria que podem alavancar a atual *performance* para patamares mais elevados de desempenho. Como a modelagem considera que existam taxas de substituição entre os indicadores utilizados, a elaboração deste plano de melhoria em função do resultado deverá levar em conta estes pesos. O foco, neste caso, é permitir que a modelagem informe quais são os indicadores que necessitam atenção, contribuindo assim de maneira mais significativa para alavancar a avaliação global da competitividade das empresas.

Para demonstrar a aplicabilidade da ferramenta e favorecer a compreensão da mesma, segue um exemplo didático que apresenta indicadores e pesos, para que seja possível demonstrar a avaliação de uma empresa fictícia (Empresa A). Entende-se por FCS como sendo indicadores pré-estabelecidos por gestores das empresas respondentes e os pesos obtidos através da percepção de cada gestor ao elencar o grau de importância de cada alternativa.

Tabela 2- Sequência de avaliação e peso dos Pontos de Vista Fundamentais e Fatores Críticos de Sucesso.

PVF1: Potencial de Aplicação Industrial (22,5%)	PESOS (%)
FCS 1.1 – A empresa possui um plano de eficiência energética?	58,5
FCS 1.2 – A empresa diminuiu os custos com energia elétrica?	41,5
PVF2: Capacidade Técnica (42%)	PESOS (%)
FCS 2.1 – A empresa conta com corpo técnico para operar a Usina Solar?	38,0
FCS 2.2 – A empresa fornece cursos para operação em Usinas Solares?	26,0
FCS 2.3 – A empresa utiliza a energia Solar com o máximo de eficiência possível?	36,0
PVF3: Riscos de adoção a tecnologia (25%)	PESOS (%)
FCS 3.1 - A Usina Solar possui um plano de seguro?	32,7
FCS 3.2 – A empresa possui plano seguro para	34,5

instalação e manutenção das placas solares?	
FCS 3.3 - Há um técnico em segurança responsável pelas atividades da Usina?	32,8

PVF4: Alianças Estratégicas (10,5%)	PESOS (%)
FCS 4.1 - A empresa possui um contrato de concessão de energia solar?	40,7
FCS 4.2 - A instalação de uma Usina Solar resultou em uma isenção de impostos?	31,8
FCS 4.3 – A empresa possui contrato com empresa fornecedora do sistema instalado?	27,5

Para avaliar o nível de competitividade da Empresa A, verifica-se se ela contempla 100% de cada indicador levantado na métrica, por exemplo: A Empresa A não apresenta os indicadores FCS 1.1, FCS 3.3 e FCS 4.3. Dessa forma, conforme a descrição da modelagem segue a avaliação global:

Nível de Competitividade (EMPRESA A): $(22,5 \times 41,5) + (42 \times (38,0 + 26,0 + 36,0)) + (25 \times (32,7 + 34,5)) + (10,5 \times (40,7 + 31,8)) = 75,75\%$

O nível de competitividade industrial na geração de energia fotovoltaica da Empresa A é de 75,75%, isso caracteriza a empresa como potencialmente competitiva, e direciona os gestores aos fatores críticos de sucesso que não apresentam um rendimento positivo. Através da análise do rendimento da empresa em cada indicar, torna-se possível o gestor avaliar qual o melhor curso de ação para o problema modelado, além de propor qual uma estratégia necessária para que as alternativas avaliadas negativamente possam vir a ser consideradas como atrativas, realizando-se simulações que visam o aumento do índice para torná-la ainda mais competitiva.

5. CONCLUSÃO

O estudo apresentado teve como ponto de partida a análise das referências teóricas coletadas sobre energia fotovoltaica. Este cenário demonstrou que existem entraves no que diz respeito à avaliação da competitividade da geração de energia fotovoltaica em instalações industriais, o que sugere a utilização de ferramentas gerenciais capazes de identificar a situação competitiva destas empresas com relação ao uso da tecnologia fotovoltaica. Para encontrar uma resposta que satisfaça o questionamento, o objetivo desta pesquisa foi propor uma modelagem capaz de mensurar o nível de competitividade da tecnologia fotovoltaica em processos industriais, nos âmbitos estrutural e empresarial. A modelagem foi construída a partir da identificação de quatro pontos de vista fundamentais e fatores críticos de sucesso. Através da estrutura apresentada e da descrição dos cálculos, obteve-se a modelagem proposta para aplicação em empresas reais. Dessa forma, considera-se que o objetivo foi cumprido, uma vez que a modelagem construída satisfaz a condição de mensurar o nível de competitividade da geração de energia fotovoltaica instalada em indústrias. A principal limitação deste artigo consta na falta de apresentação dos dados coletados em empresas reais, o que impediu de apresentar os reais fatores críticos de sucesso elencados pelos gestores e a avaliação dos mesmos sob os pontos de vista. Sendo assim, a pesquisa possui pontos que serão avançados em trabalhos futuros.

58

REFERÊNCIAS

- Bartz, T., Siluk, J. C. M. and Barth, L. E. 2011. Importance of industrial performance measurement in industry: a case study. *Rebrae. Revista Brasileira de Estratégia*, 4, 91-104.
- Benedito, R.; Zilles, R. 2011. O Problema da Inserção da Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos em Unidades Consumidoras de Baixa Tensão no Brasil. *Avances en Energia Renovables y Medio Ambiente*, v. 11, p. 5.
- Blasques, L. C. M., Vale, S. B., Pinho, J. T., 2007. Sistema Solar Fotovoltaico para Geração de Eletricidade na Estação Científica Ferreira Penna do Museu Paraense Emílio Goeldi, Caxiuanã – Pará, I CBENS - I Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza.
- Certo, S.C.; Peter, J.P. 2005. Administração estratégica: planejamento e implementação da estratégia. São Paulo: Makron Book, 320 p.
- Coutinho, L.; Ferraz, J. C. 2002. Estudo da competitividade da indústria brasileira. Campinas: Papiros e Editora da Unicamp.
- Di Serio, L.C.; Vasconcellos, M.A. 2009. Estratégia e competitividade empresarial: inovação e criação de valor. São Paulo: Saraiva, 364 p.
- EPE, Empresa de Pesquisas Energéticas, Análise da Inserção da geração solar na matriz elétrica brasileira. Rio de Janeiro, 2012. 58 p. Disponível em: http://www.epe.gov.br/geracao/Documents/Estudos_23/NT_EnergiaSolar_2012.pdf - Acessado em 14 de Julho de 2015.

- Ghensev, Almir. 2006. Materiais e Processos de Fabricação de Células Fotovoltaicas. Monografia de Especialização em Fontes Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras, MG.
- Gomes, L.F.A.M.; Araya, M.C.G.; Carignano, C. 2011. Tomada de decisões em cenários complexos. São Paulo: Cengage Learning, 168 p.
- Hearps, P.; Mcconnell, D. 2011. “Renewable Energy Technology Cost Review” Melbourne Energy Institute - Technical Paper Series, May
- Hill, C.W.; Jones, G.R. 2012. Strategic management theory: an integrated approach. Independence: Cengage Learning, 560 p.
- Hubbard, D.W. 2009. Como mensurar qualquer coisa: encontrando o valor do que é intangível nos negócios. Rio de Janeiro: Qualimark, 376 p.
- Jucá, Sandro C. S.; Carvalho, Paulo C. M. de. 2013. Métodos de dimensionamento de sistemas fotovoltaicos: Aplicações em dessalinização. 1 ed. Duque de Caxias.
- Kaplan, R.S.; Norton, D.P. 2008. A execução premium. Rio de Janeiro: Campus, 344 p.
- Marchand, M. and Raymond, L. 2008. Researching performance measurement systems. International Journal of Operations & Production Management, 28, 663-686.
- MME/EPE, Ministério de Minas e Energia e Empresa de Pesquisa Energética. 2012. Plano Decenal de Expansão de Energia 2021. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/PDEE/Sumario%20PDE%202021.pdf> Acessado em 10 de Julho de 2015.
- NASA, National Aeronautics and Space Administration. 2012. The Balance of Power in the Earth – Sun System. Disponível em: http://www.nasa.gov/pdf/135642main_balance_trifold21.pdf Acessado em: 22 de Julho de 2015.
- Neuenfeldt Júnior, A.L. Modelagem para a mensuração de desempenho dos sistemas BRT no Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.
- Olson, E.M.; Slater, S.F. 2002. The balanced scorecard, competitive strategy and performance. Business Horizons, v. 45, p. 11-17.
- Parmenter, D. 2012. Key performance indicators for government and non profit agencies. New Jersey: Wiley, 309 p.
- Porter, M. 2002. Competição. Rio de Janeiro. Elsevier, 584p.
- Roncaglio, Cyntia; Janke; Nadja. 2012. Desenvolvimento Sustentável. 1ed. Curitiba: IESDE Brasil, 2012.
- Saaty T. L. and Vargas, L. G. Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process. New York: Springer.
- Saaty, T.L. 1980. The analytic hierarchy process. New York: McGraw-Hill, 287 p.
- Siluk, J. C. M; 2007. Modelo de Gestão Organizacional com Base em um Sistema de Avaliação de Desempenho. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Tidd, J.; Bessant, J.; Pavitt, K. 2008. Gestão da inovação. Porto Alegre: Bookman, 600 p.
- Wallenius, J., et al. 2008. Multiple criteria decision making, multiattribute utility theory: recent accomplishments and what lies ahead. Management Science. 7, 2008, Vol. 54, pp. 1336-1349.

PROPOSED MODEL FOR MEASUREMENT OF INDUSTRIAL COMPETITIVENESS IN POWER GENERATION PHOTOVOLTAIC

Abstract. *In recent years, the photovoltaic power generation has been consolidated in the world as one of the main forms of power generation. For its vast land area and tropical location, Brazil is positioned with one of the countries with great potential for the implementation of this form of generation. Despite the favorable environment in which it is the generation of electricity from photovoltaic source, there are still gaps that hinder its management and assessment of the competitiveness of organizations that make use of this renewable energy. Thus, this paper presents a modeling able to measure the level of industrial competitiveness in photovoltaic power generation, the structural and business areas, given the objective of assisting managers in their decisions. The proposed model is based on a bibliographical and documentary research on industry characteristics, using for both the assumptions relating to the concepts of multi-criteria approach to decision support. At the end of modeling, it was found that the proposed structure and description of the calculations are valid for use in real business and generate a current diagnosis of the photovoltaic power generation evaluated in industry.*

Key words: *Photovoltaic energy, Organizational competitiveness, Multi-criteria decision aid.*

