

APRESENTAÇÃO DE UMA PLATAFORMA DE CONTEÚDO TÉCNICO-COMERCIAL DA ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO BRASIL: *SOLARMAP*

Matheus Gonçalves Marinho
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Santa Maria, Brasil
matheusmarinho1406@gmail.com

Carmen Brum Rosa
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Santa Maria, Brasil
carmen.b.rosa@ufsm.br

Paula Donaduzzi Rigo
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Santa Maria, Brasil
pauladonaduzzi@gmail.com

Julio Cesar Mairesse Siluk
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Santa Maria, Brasil
jsiluk@ufsm.br

Graciele Rediske
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Santa Maria, Brasil
grarediske@gmail.com

Leandro Michels
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Santa Maria, Brasil
michels@gepoc.ufsm.br

Abstract— O setor de energia solar fotovoltaica no Brasil está em uma trajetória de busca por informações técnicas e comerciais para fornecer dados aos envolvidos, a fim de orientar uma tomada de decisão mais assertiva. Diante disso, este artigo tem como objetivo fomentar o cenário da energia solar fotovoltaica no Brasil através da metodologia de uma plataforma de conteúdo técnico-comercial. O SolarMap é uma plataforma

analítica do setor de energia solar fotovoltaica composta por um banco de dados atualizado diariamente com informações sobre a geração de energia fotovoltaica no Brasil e da dos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística que possibilita a consulta lacônica e infográfica de informações específicas ao tema investigado pelo usuário do sistema. O SolarMap contempla a ferramenta *online* e a divulgação trimestral

de relatórios sobre o setor com base em publicações científicas. A disponibilização destas informações promove ao setor a garantia de informações técnico-comerciais que eleva o nível de desempenho dos agentes e contribui para o avanço em direção ao aumento da competitividade.

Keywords— solar fotovoltaica; plataforma analítica; tomada de decisão; informação; roteiro tecnológico.

I. INTRODUÇÃO

A tecnologia de geração de energia fotovoltaica é considerada em muitos países como uma alternativa para reduzir os impactos ambientais associados às mudanças climáticas e à dependência de combustíveis fósseis [1]. No Brasil, esse setor está em constante trajetória de busca por informações técnicas e comerciais para fornecer dados a empresas integradoras, concessionárias de energia elétrica, consumidores e demais agentes envolvidos neste ecossistema de inovação a fim de orientar e facilitar a tomada de decisão [2]. Identificar as tendências de mercado e definir os requisitos para as melhorias necessárias é essencial para ter sucesso no ambiente competitivo [3]. Porém, atualmente, existe a carência de informações baseadas em dados que refletem a realidade do setor e que sejam divulgadas através de relatórios técnicos e comerciais periódicos que possam orientar os interessados em perspectivas futuras.

Em vista disso, propôs-se com este projeto a criação de dois produtos integrados: (1) um roteiro tecnológico que apresenta informações necessárias para melhorar a transparência dos mercados fotovoltaicos através da coleta e análise de dados de energia solar a fim de disseminar o conhecimento adquirido no âmbito acadêmico e científico; (2) uma ferramenta computacional com dados da Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e dados solarimétricos para geração de infográficos a partir da seleção de filtros específicos de interesse do usuário.

Ademais, o projeto possui alguns objetivos específicos para fomentar o setor como (1) identificar os assuntos relevantes para serem abordados no relatório tecnológico trimestral; (2) acompanhar as notícias, regulamentações, tendências, registro de sistemas fotovoltaicos instalados, inversores e módulos homologados; (3) gerar relatórios com base nas publicações científicas do setor que por vezes restringem-se a grupos específicos; (4) alimentar a plataforma de comunicação periodicamente; (5) otimizar e propor melhorias para plataforma de comunicação após testes de funcionamento; (6) divulgar os resultados à sociedade. Estas informações promovem o setor, levando informação

técnica, que eleva o nível de eficiência da geração da energia e contribui para a competitividade da energia solar fotovoltaica, tornando-a mais consolidada, tendo em vista que a informação orienta tomadas de decisões mais assertivas.

Quando acompanhado de análise preditiva, o conteúdo desenvolvido na plataforma de comunicação permite, além de caracterizar o setor, apresentar ao usuário previsões. Essas previsões podem evidenciar as lacunas de investimento em tecnologia e pesquisa, e também, evidenciar a tendência da tecnologia de energia fotovoltaica no Brasil.

II. METODOLOGIA DE CONSTRUÇÃO DO SOLARMAP

Para compreender a concepção da ferramenta e o alcance do objetivo proposto, o procedimento metodológico que configura o modelo do SolarMap é apresentado conforme a sequência de três etapas, dada Fig. 1.

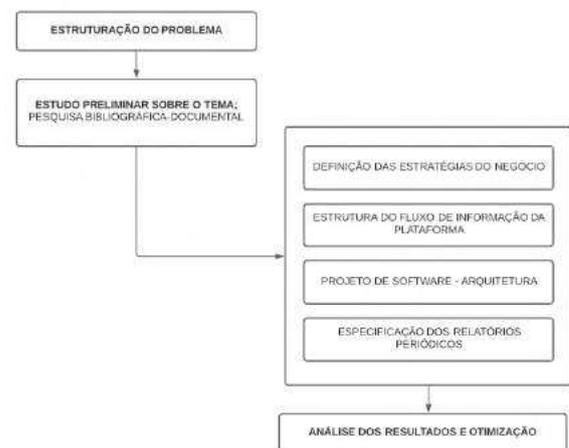


Fig. 1 – Esquema metodológico da criação da plataforma.

Para o cumprimento da primeira fase, que originou a construção da introdução e justificativa do projeto, foi utilizado o Portal de Periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes/MEC) e a consulta em livros, artigos publicados em anais de eventos e Notas Técnicas direcionadas à construção de *roadmaps* e ao setor solar fotovoltaico nacional, com a finalidade de buscar embasamento teórico para a identificação do contexto dos sistemas solares instalados no Brasil através do conceito de *roadmapping*. Posto isso, na fase de prospecção fez-se a definição da estratégia para o fluxo de geração do conhecimento na plataforma de comunicação, conforme o esquema apresentado na Fig. 2.

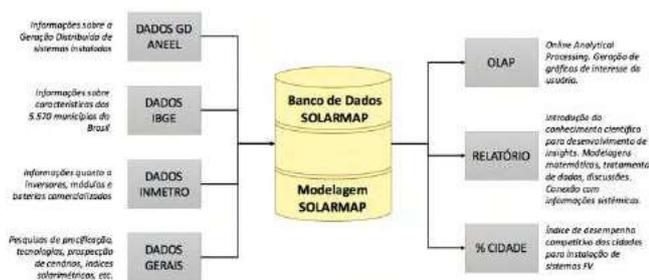


Fig. 2 – Estratégia para o fluxo de geração de conhecimento da plataforma.

Com a definição do fluxo de conhecimento fez-se a identificação dos blocos de variáveis de entrada e de saída. Os resultados desta fase foram apresentados à equipe de desenvolvimento, promovendo, assim, a construção da arquitetura da plataforma em rede e delimitando as especificações dos relatórios e funcionalidades.

O projeto SolarMap configura-se como um Data Warehouse (DW), isto é uma organização de banco de dados para análises e *business intelligence* (BI). Há três metodologias associadas à funcionalidade da plataforma: (1) OLAP (*Online Analytical Processing*) é a capacidade para manipular e analisar um grande volume de dados sob múltiplas perspectivas. Com isso, o usuário com registro e autorização de uso da plataforma pode gerar gráficos que contenham as informações de interesse. A exemplo disso, o usuário pode selecionar uma cidade específica e solicitar a informação gráfica sobre potência instalada nos últimos dez anos. (2) A metodologia associada aos relatórios SolarMap configura-se como um editorial de revista técnico-científica, autores são convidados para traduzir suas publicações científicas à uma linguagem de mercado. Os relatórios são divulgados na periodicidade de três meses e os dados do setor são atualizados conforme a temática da edição. A exemplo disso, tem-se as últimas edições disponíveis no endereço eletrônico: <https://nic-ufsm.org/solarmap/>. (3) A % Cidades, resultado 3 da plataforma ao usuário, é metodologicamente construída na ótica da pesquisa realizada por ROSA et al. (2020) [3]. A plataforma permite que o usuário escolha a cidade e/ou região de interesse e a modelagem matemática indica o índice de competitividade previsto para a instalação de sistemas FV na perspectiva dos fatores indicados no estudo.

Na próxima seção são expostos os principais resultados da plataforma e uma síntese das edições do SolarMap desenvolvidas pelos autores.

III. RESULTADOS

A. Plataforma de comunicação: SolarMap.app e Relatórios

A plataforma analítica de comunicação foi construída com base em um *Data-Warehouse* atualizado constantemente com informações sobre a geração de energia fotovoltaica distribuída no Brasil que possibilita a geração de

informações específicas ao tema investigado pelo usuário do sistema. A Fig. 3 apresenta a interface de entrada do aplicativo.



Fig. 3 – Página inicial da plataforma de comunicação.

Ao efetuar o login o usuário tem acesso aos conteúdos técnicos, comerciais e científicos para identificar tendências e definir requisitos para as melhorias necessárias e essenciais no desenvolvimento da energia solar fotovoltaica no Brasil. A exemplo da Fig. 4, a plataforma permite, com a funcionalidade “detalhar”, a geração de gráficos conforme o interesse do usuário.



Fig. 4 –Recorte da aba dashboards da plataforma de comunicação.

Com o SolarMap, os dados são apresentados de modo analítico, possibilitando gerar e exportar gráficos personalizados com dados confiáveis, uma vez que dados são atualizados diariamente e os diversos interesses dos agentes podem ser atendidos com essa personalização.

Conectado a plataforma SolarMap estão os relatórios desenvolvidos por pesquisadores do grupo de Gestão de Energia do Laboratório Multiusuário de Gestão em Negócios de Energia localizado no Instituto de Redes Inteligentes (INRI) e pertencente ao Núcleo de Inovação e Competitividade (NIC) e ao Instituto de Ciência e Tecnologia em Geração Distribuída (INCT-GD). Há duas maneiras de acessar aos relatórios trimestrais, são elas: (1) acesso pelo SolarMap – aba Relatórios; (2) acesso pelo e-mail, enviado na semana da publicação.

A Fig. 5 apresenta um recorte da página que dá acesso às últimas edições dos relatórios.



Fig. 5 – Relatórios SolarMap – ano 2020.

A primeira edição do relatório SolarMap trouxe fatores críticos de sucesso para os investidores de Micro e Minigeração do Brasil (MMGD). A investigação permeou por 34 fatores que englobam aspectos Econômicos, Ambientais, Mercadológicos, Políticos, Sociais e Técnicos. Os entrevistados responderam questões referentes aos seus projetos fotovoltaicos já implementados. Ademais, ainda nesta edição, foram identificados fatores críticos de sucesso para garantir o desempenho competitivo de usinas de grande porte e fazendas solares no país. Este roteiro descreveu, também, o perfil sociopsicológico dos investidores em energia fotovoltaica, aplicando quatro questionários, que buscam captar os valores psicológicos (*Portrait Value Questionnaire – PVQ*); o relacionamento humano-natureza (*Human-Nature Relationships – HNR*); a motivação para ter realizado o investimento; e as características do investidor.

Sabendo que o mercado de módulos fotovoltaicos aumentou significativamente a partir de 2017, enquanto, paralelamente, a redução de preços dos módulos foi verificada, a implementação da tecnologia fotovoltaico no Brasil resultou em aumento de potência média. As empresas instaladoras de sistemas fotovoltaicos aumentaram suas capacidades de venda e acompanharam a difusão da GD nas diferentes regiões do país. A energia solar fotovoltaica apresenta-se com potencial crescente nos próximos anos, ainda que de forma desigual em diferentes cidades. Os resultados de estudos científicos realizados pelo Laboratório de Gestão em Negócios de Energia permitem compreender a difusão da geração distribuída de energia fotovoltaica em países de economias emergentes ou em regiões onde a implementação de sistemas fotovoltaicos ainda é incipiente.

A segunda edição de 2020 trouxe fatores críticos de sucesso para os investidores do setor solar fotovoltaico no âmbito da geração centralizada. A investigação permeou por 30 fatores que englobam aspectos Econômicos, Ambientais, Políticos, Sociais e Climáticos. O estudo apresenta que no momento da escolha do local é importante para o decisor conferir todos os fatores elencados, mesmo que alguns, dependendo da região de escolha, não influenciem na viabilidade

ambiental e econômica do projeto. O local em que é executada a obra e instalada a usina solar é um dos aspectos fundamentais para a viabilização e atratividade do empreendimento, tornando-se uma das preocupações indispensáveis para os investidores. Diante disso, essa edição apresentou sequencialmente a aplicação da modelagem matemática, construída a partir da combinação de ferramentas MCDM-GIS, ou seja, uma análise de decisão de multicritério para auxiliar o processo decisório na identificação de áreas geográficas adequadas para instalações fotovoltaicas com múltiplos critérios envolvidos. A fim de garantir a discussão de tópicos ao longo da cadeia de valor da energia solar fotovoltaica – entre investidores de larga escala, desenvolvedores de projetos, empresas integradoras, concessionárias de energia elétrica e clientes finais – a edição em comento estabelece novos desafios administrativos e operacionais para a sustentabilidade das concessionárias de energia elétrica. Os planos preveem que este estudo influencie as operadoras de sistemas de distribuição na previsão da adoção de sistemas fotovoltaicos por seus clientes. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática da literatura para medir a relevância de cada fator por meio de um estudo qualitativo com especialistas do setor elétrico brasileiro. Ao todo foram entrevistados 20 especialistas: pesquisadores da área de energia elétrica, analistas de planejamento energético da Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e do Ministério de Minas e Energia; profissionais de concessionárias de energia; consultor sênior do setor elétrico; analistas de preço de mercado da Câmara de Comercialização de Energia Elétrica (CCEE) e agente de comercialização; membro parlamentar do governo; e profissionais de empresas integradoras do setor fotovoltaico. Os indicadores e tópicos para prever a adoção da tecnologia fotovoltaica são agrupados nas dimensões de viabilidade econômica e viabilidade comportamental. Foram identificados 23 fatores que poderiam ser utilizados pelas distribuidoras de energia elétrica para prever a adoção de sistemas fotovoltaicos a partir de informações obtidas diretamente de seus bancos de dados.

Com propósito de garantir a amplitude nos tópicos abordados pelos relatórios, a terceira edição do relatório SolarMap trouxe uma explicação detalhada sobre as relações comerciais no mercado brasileiro de energia elétrica. O processo de comercialização de energia não é considerado trivial à sociedade, pois abrange diversos agentes e responsabilidades, ligando-os em um processo complexo para prestar o serviço de eletricidade em todo o país. Não foi considerado ao entendimento técnico e estrutural do sistema elétrico brasileiro, como, por exemplo, a geração, transmissão e distribuição de energia elétrica, mas sim, busca-se elucidar o leitor acerca dos processos gerenciais necessários para a comercialização deste serviço. A leitura desta edição esclarece o leitor acerca dos dois ambientes de

comercialização de energia, o Ambiental de Contratação Regulado (ACR) e o Ambiental de Contratação Livre (ACL), bem como, o papel dos agentes em cada um dos ambientes. Ademais, é ilustrado o cenário com dados que envolvem o terceiro trimestre de 2020.

A primeira edição de 2021 refere-se ao último trimestre de 2020 e está prevista para ser divulgada no primeiro dia útil de fevereiro. Esta edição trará dados atualizados sobre a Micro e Minigeração distribuída no Brasil, informações sobre fatores críticos de sucesso para alto índice de competitividade de cidades do Rio Grande do Sul na decisão por investir em Micro e Minigeração do Brasil (MMGD) e discussões sobre gestão e negócios de empresas integradoras.

IV. CONCLUSÃO

O projeto SolarMap surgiu para tornar-se uma plataforma analítica do setor de Energia Solar Fotovoltaica do Brasil. É composto por um banco de dados atualizado constantemente com informações sobre a Geração de Energia Fotovoltaica Distribuída no Brasil. A utilização da plataforma possibilita a consulta lacônica e infográfica de informações específicas ao tema investigado pelo usuário do sistema. Há relatos de usuários da plataforma, em específico, empresas integradoras, que com a autorização de uso possuem informações de mercado relevantes para o planejamento de ampliação dos negócios.

Os resultados de estudos científicos apresentados nos relatórios descrevem abordagens específicas para contribuir com o desenvolvimento do setor elétrico nacional. O roteiro procura ser integrante de um processo que evolui com a transferência de conhecimento científico, e esforços de colaboração para garantir o caminho a seguir para alcançar os objetivos de diversificação e da matriz e desenvolvimento do setor elétrico nacional com garantia de sustentabilidade ambiental, econômica e social para todos os.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INCTGD, CAPES, CNPq, FAPERGS e Associação Brasileira de Geração Distribuída (ABGD) pelo apoio financeiro recebido para o desenvolvimento desse trabalho. J. Siluk e L. Michels são bolsistas do CNPq – Brasil. O presente trabalho foi realizado com apoio do INCT e suas agências financiadoras (CNPq processo 465640/2014-1, CAPES processo número 23038.000776/2017-54 e FAPERGS 17/2551-0000517-1) e FIEEX.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Ferreira *et al.*, “Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil”, *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 81, p. 181–191, jan. 2018.

- [2] P. D. Rigo, J. C. M. Siluk, D. P. Lacerda, C. B. Rosa, e G. Rediske, “Is the success of small-scale photovoltaic solar energy generation achievable in Brazil?”, *J. Clean. Prod.*, vol. 240, p. 118243, dez. 2019.
- [3] C. B. Rosa, J. F. M. Wendt, D. M. S. Chaves, V. Thomasi, L. Michels, e J. C. M. Siluk, “Mathematical modeling for the measurement of the competitiveness index of Brazil south urban sectors for installation of photovoltaic systems”, *Energy Policy*, vol. 136, p. 111048, jan. 2020.

SolarMap.app - <https://solarmap.app>