

Avaliação tecnológica e mercadológica de robôs de limpeza de painéis solares



<https://doi.org/10.56238/sevened2023.006-125>

Victor Seabra Dornas

Especialização em Gestão Estratégica da Inovação pela Universidade Federal de Tocantins

Grace Ferreira Ghesti

Pós-doutorado em Química pelo Instituto Superior Técnico da Universidade de Lisboa

André Rogério Silva Gomes

Especialização de Risco e Cibersegurança pela Faculdade Locust

Carlos Eduardo Parucker Portella

Especialização em direito empresarial ambas na pontificia universidade católica do Paraná

Daniel Mendes Guedes

Mestrando Profissional em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação, Profnit (UNB)

RESUMO

Este artigo tem como objetivo analisar o grau de inovação e viabilidade de tecnologias que utilizam robôs autônomos para limpeza de painéis fotovoltaicos, também conhecidos como painéis solares. Como funcionam e qual seria a relevância dessas características em países tropicais como o

Brasil? O cenário atual é de protagonismo para as chamadas transições energéticas, ou seja, novas formas de uso da energia visando a independência do uso de fontes não renováveis, como os combustíveis fósseis (petróleo, carvão e gás natural). Como resultado, há um aumento gradual dos investimentos em setores de desenvolvimento tecnológico que viabilizam fontes renováveis (solar, eólica, hidrelétrica, geotérmica e biomassa), mesmo em países como o Brasil que ainda estão atrasados na transição. O presente estudo analisa uma tecnologia específica para melhorar o funcionamento de painéis fotovoltaicos com o uso de robôs de limpeza autônomos que não utilizam muita força ou pressão que prejudique a superfície antirreflexo dos painéis. Esse é um tipo de inovação que vem sendo cada vez mais discutido no cenário brasileiro, pois aprimora linhas de produtos que ainda estão em fase de absorção de mercado. Por isso, o estudo analisa uma patente de robôs autônomos que realizam funções de limpeza sem o uso de água. O estudo investiga se esses produtos são tecnologia viável no mercado brasileiro. Busca-se também analisar a transferência tecnológica de bens protegidos ou desprotegidos como estratégia de internacionalização.

Palavras-chave: Transição energética, Robôs autônomos e painéis solares.

1 INTRODUÇÃO

Embora o uso da energia fotovoltaica seja um ramo tecnológico conhecido desde meados da década de 1950, houve um avanço radical nas últimas duas décadas, inclusive em decorrência de políticas governamentais de incentivos motivados pela geração de impacto científico positivo sobre o meio ambiente. O aumento excessivo da emissão de substâncias nocivas tem impulsionado o investimento em pesquisa, desenvolvimento e inovação (PD&I) nesses setores estratégicos, para o que vem sendo chamado de transição energética há alguns anos. No entanto, um cenário receptivo ao uso de energias renováveis não é suficiente sem que haja uma política que forneça subsídios para a entrada de novos atores capazes de acelerar a mudança. (MONTEIRO; SILVEIRA, 2018).



Em 2022, segundo o relatório anual da Empresa de Pesquisa Energética, o uso de energia renovável no Brasil cresceu mais de 7% no comércio e na indústria. Com isso, fica claro que o Brasil, que também está atrasado para o desafio da transição, mostra sinais claros de mudanças de paradigmas culturais. (EPE, 2023).

Em termos de efetividade das políticas públicas, a gestão pública, que atua muitas vezes motivada por contingências impostas, deve se acostumar com a importância de diagnósticos que atestem evolução ou maturidade diante desses desafios. É chamado de um tipo de "incerteza fundamental" que constitui a base da inovação em um ambiente organizacional público. (MAZZUCATO, 2018).

A transição energética é, portanto, um processo de readequação dos métodos produtivos, tecnológicos e econômicos que envolvem a matriz energética de uma sociedade para o uso de fontes baseadas em combustíveis fósseis e poluentes para formas de obtenção de energia limpa, ou seja, modos sustentáveis e renováveis. O objetivo da transição é reduzir a dependência produtiva dos chamados combustíveis fósseis, mitigando anomalias climáticas e poluição do ar e da água, promovendo o uso responsável dos recursos energéticos.

No contexto brasileiro, considerando que as taxas de insolação são superiores às observadas em países com histórico mais avançado em termos de transição energética e comercialização de tecnologias fotovoltaicas, como EUA e China, infere-se que o mercado atual é de intensa escalabilidade e potencial de mercado. (INPE, 2023).

Considerando esse potencial latente do mercado brasileiro de recebimento de conhecimento e tecnologias de energias renováveis, com políticas de redução dos custos de importação para a fabricação de commodities, sabe-se que, no entanto, o uso estimado desse tipo de fonte já está há mais de uma década restrito a taxas de 0,5%. Infere-se que grande parte disso se deve ao alto custo dos produtos que, embora prometam economia a curto e médio prazo, ainda ostentam valores muito elevados em relação às chamadas linhas de produtos tradicionais. (TIMILSINA et al, 2012).

Uma das formas mais comuns de utilizar a energia sustentável é por meio de painéis solares ou módulos fotovoltaicos, ou seja, dispositivos eletrônicos formados por células que convertem energia solar em eletricidade. Além dos efeitos positivos em termos de impactos ambientais, o uso de painéis solares representa economia financeira a curto ou médio prazo, dependendo da estrutura equipada.

Essa forma de geração de energia por meio de painéis solares está sujeita às condições climáticas e de umidade do ambiente em que estão instalados. Paralelamente ao avanço tecnológico da matriz desse tipo de produto, observa-se também que há a promoção de inovações em áreas consideradas acessórias, como soluções de limpeza que podem ser aplicadas em painéis com o objetivo de reduzir as perdas de produtividade causadas pela sujeira. (GAIO e CAMPOS. 2017).



Os métodos de limpeza emergentes representam uma abordagem inovadora para manter a eficiência dos painéis fotovoltaicos, reduzindo os custos associados ao uso de água e mão de obra. O alto custo desses recursos na limpeza automatizada pode ser um obstáculo significativo, tornando imperativa a busca por alternativas de limpeza (Idem, 2017).

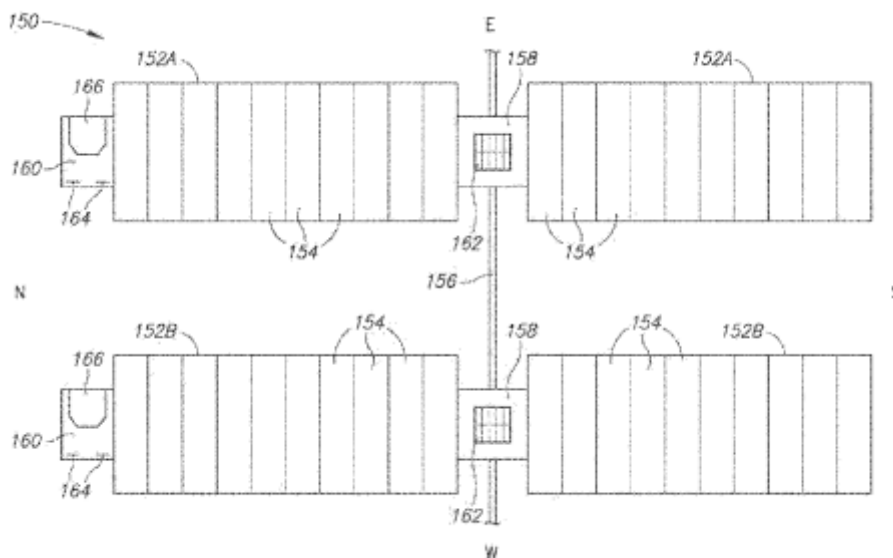
Portanto, este artigo científico se propõe a analisar uma tecnologia protegida por patente denominada "waterless cleaning system and method for solar trackers using a autonomous robot", registro US 10.985.691 B1. (MELLER; MELLER, 2021).

É um sistema de limpeza sem água que limpa painéis solares e pode ser posicionado em um ângulo pré-determinado, incluindo uma docking station e um limpador robótico autônomo (ARC). De acordo com a descrição da patente, a docking station é acoplada a um rastreador solar e o ARC tem uma fonte de energia recarregável, com pelo menos um cilindro de limpeza e um controlador.

O cilindro de limpeza tem um conjunto de aletas que giram para gerar um fluxo de ar direcional, empurrando a sujeira da superfície do rastreador solar sem usar água. O controlador inclui um sensor de movimento para determinar o ângulo do rastreador solar e a direção do ARC. A docking station inclui pelo menos um conector elétrico para recarregar a fonte de energia recarregável. (IDEM, 2021).

O controlador controla o processo de limpeza ARC e transmite e recebe sinais de e para o ARC, como mostrado na figura a seguir:

Figura 1 – Ilustração da autonomia do robô.



Autoria: MELLER; MELLER, 2021.

O objetivo deste estudo é estabelecer uma comparação entre os dados obtidos pela patente e a realidade do mercado brasileiro e internacional, analisando a TT como ferramenta para a internacionalização de tecnologias energéticas acessórias.



Também foi elaborada uma matriz SWOT com vistas a possíveis negociações de ativos nesse setor específico de energias renováveis.

Pretende-se, também, abordar noções de eficiência administrativa e políticas públicas consistentes que permitam a formação de parcerias institucionais de cooperação e colaboração com conhecimentos adquiridos em um mercado dominado por entidades estrangeiras em relação ao Brasil, em alusão à teoria institucionalista que sustenta as ações dos entes governamentais. (NORTE, 1990).

2 METODOLOGIA

Este artigo é uma pesquisa exploratória e descritiva que pretende analisar a patente intitulada WATERLESS CLEANING SYSTEM AND METHOD FOR SOLAR TRACKERS USING A AUTONOMOUS ROBOT, registro número US 10.985.691 B1. O artigo também realizou prospecção tecnológica, adotando como base de pesquisa as plataformas OMPI Patent Scope, National Institute of Industrial Property (escritório brasileiro de patentes) e Google Patents. Um estudo bibliográfico e a elaboração de uma matriz SWOT também foram adotados para diagnosticar o cenário atual do mercado.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 PROSPECÇÃO EM BASE DA WIPO

Como estratégia de pesquisa, o trabalho parte da prospecção de mercado que infere a relevância dos painéis solares na proteção de patentes brasileiras. Assim, tomando-se inicialmente como referência os dados obtidos junto ao INPI, foram encontrados os seguintes resultados utilizando a estratégia de busca "título":

Tabela 1 – Pesquisa com operadores booleanos na plataforma Patentscope.

TERMOS E OPERADORES	RESULTADOS
Painéis AND solares	53
Painel E solar	125
Energia E solar	590
Energia E solar E robô	0
Energia E solar E limpeza	0
(Painel OR Painéis) E (solar OU solares)	501
Paine* E solar*	534

Fonte: autoria própria.

Percebe-se, de acordo com a pesquisa supracitada, que existe uma hipótese viável de ausência ou pouca demanda por robôs e painéis solares nas proteções de patentes brasileiras. Esse fato, por si só, não permite a adoção de conclusões, mas serve como diretriz inicial para considerar se há desinteresse ou viabilidade no país, devido às suas condições climáticas ou quaisquer outras



contingências de mercado, ou se não há interesse de um modo geral, isto é, por demanda de mercado ou impulso científico.

Para tanto, optou-se por extrapolar o espectro amostral para os dados da plataforma da OMPI, apresentando os seguintes resultados:

Tabela 2 – Pesquisa com operadores booleanos na plataforma Patentscope.

TERMOS E OPERADORES	RESULTADOS
<i>Energia E solar</i>	207.249
<i>Energia E solar E robô</i>	826
<i>Energia E solar E limpeza</i>	7.541

Fonte: autoria própria.

Diante dos resultados da OMPI, pode-se inferir que pode haver demanda ainda a ser explorada no cenário brasileiro, uma vez que o uso de robôs pode ser algo menos comum para painéis fotovoltaicos como tecnologia acessória ou com pouca relevância na recepção cultural, quando comparado com outras formas de tecnologias que abordam outras estruturas ou funções de painéis.

3.2 ANÁLISE DE MARKETING

Com o aumento gradativo dos recursos utilizados em PD&I na área de transição energética no Brasil, percebe-se maior maturidade nas negociações envolvendo transferência de tecnologia, ou seja, os destinatários estão cada vez mais exigentes. Nesse sentido, considerando a ainda incipiente absorção de linhas de produtos dessa natureza pela população brasileira, pode-se dizer que o uso de robôs autônomos em nossa realidade é uma solução que pode ter dificuldade em termos de MVP (minimum viable product).

O desenvolvimento de materiais semicondutores mais eficientes e duradouros, como células solares de silício monocristalino e policristalino, que convertem uma maior proporção de luz solar em eletricidade. Painéis solares de filme fino, como telureto de cádmio (CdTe) e CIGS (cobre, índio, gálio e selênio), foram aprimorados e se tornaram mais eficientes. Esses revestimentos são mais leves e flexíveis em comparação com as células de silício tradicionais, e seus sistemas de concentração solar usam lentes ou espelhos para concentrar a luz solar com alta eficiência, especialmente em aplicações de grande escala. (MELLER; MELLER, 2021)

Técnicas aprimoradas de projeto e engenharia levaram à redução das perdas térmicas, aumento da resistência aos elementos e melhor absorção da luz solar. Alguns painéis solares incorporam tecnologias de resfriamento para manter as temperaturas das células em níveis ideais, o que melhora a eficiência. A PD&I também focou em tecnologias disruptivas, como células solares orgânicas, células solares de perovskita e outras inovações que têm o potencial de superar os limites de eficiência das tecnologias convencionais. (IDEM, 2021).



Esses avanços resultaram em painéis solares que produzem mais eletricidade a partir da mesma quantidade de luz solar. A maioria dos painéis solares modernos geralmente tem eficiências que variam de 15% a 22% ou até mais, dependendo do tipo e da qualidade dos painéis. Isso significa que eles podem gerar mais energia com menos espaço e, portanto, oferecer um melhor retorno sobre o investimento.

Além disso, essas melhorias tornam a energia solar mais acessível e atraente como fonte de energia sustentável. (ASSUNÇÃO, SCHUTZE, 2017). No Brasil, verifica-se que há uma abundância de matérias-primas necessárias para a produção de silício para a fabricação de células fotovoltaicas.

Em relação à manutenção dos painéis, nota-se que o processo descrito na patente analisada é relativamente simples. Periodicamente, eles devem ser limpos para remover sujeira e poeira que possam afetar o desempenho. Além disso, os componentes elétricos do sistema solar devem ser verificados regularmente para garantir que estão funcionando corretamente.

A formação de pílulas afeta como a dor funciona. Não tenha dúvidas disso. Nota-se que, em média, 10% do desempenho da dor é comprometido pelo acúmulo de nutrição. A forma do manguito deve variar muito de acordo com a estrutura da dor, bem como as condições climáticas locais e outros fatores. A autonomia dos robôs deve ser ajustada a esses fatores. (BLASQUES, PINHO, 2007).

Por exemplo, o impacto da radiação direta ou difusa na superfície (Albedo) deve ser considerado. (VILALVA, 2014). Para isso, apenas para limpeza, porém, dada a autonomia do produto não é necessário considerar tantas variações em termos de eficiência do aparelho, ainda é altamente recomendado, do ponto de vista mercadológico, que o produto possa assumir novas funções que facilitem danos simples de remoção, para que seja possível diagnosticar as placas e também sugerir a solução adequada para as irregularidades encontradas.

Para isso, existe uma vasta pluralidade de tipos de robôs de limpeza no mercado. Acontece que muitos desses robôs, principalmente os mais antigos, podem operar de forma a prejudicar o funcionamento do painel. Alguns exercem pressão de forma inadequada ou comprometem o funcionamento de superfícies antirreflexas. Há também robôs que não são suficientemente autônomos, pois exigem operação constante do usuário.

Deve-se considerar que a limpeza de painéis solares, em um ambiente residencial ou industrial, envolve uma certa complexidade devido ao difícil acesso, portanto, o uso de robôs, especialmente em um ambiente industrial, dependendo do seu grau de autonomia, pode realmente ser atrativo. Ou seja, aparentemente há uma demanda.

Alguns robôs precisam de uma fonte de água para realizar sua função de limpeza, por isso robôs com autonomia foram desenvolvidos, inclusive em relação ao uso da água. A questão é se, de fato, como apresentado na patente, em um ambiente de grande escala como uma indústria, a operação de robôs responderá satisfatoriamente em relação aos métodos tradicionais de limpeza.



Embora tais robôs possam não ter apelo imediato no cenário brasileiro, que ainda é considerado de baixa maturidade e absorção de tecnologias fotovoltaicas, sugere-se a possibilidade de transferência tecnológica para países com mercados mais aquecidos, por meio de depósitos internacionais de patentes (patent cooperation treaty). Nesse sentido, sugere-se o seguinte modelo SWOT para os gestores desses ativos:

		SWOT	
		STRENGTH & OPPORTUNITIE	WEAKNESS AND TREATH
INTERNAL	<p>Energy transition politics Natural resources Tax breaks Intellectual Property</p>	<p>Lack of maturity High prices Excess resources</p>	
EXTERNAL	<p>Internationalization Technological Transfer RD&I advantages</p>	<p>Competition Autonomy of robots in products with integrated systems</p>	

4 CONCLUSÃO

De acordo com essa pesquisa, entende-se que a eficiência da tecnologia como produto minimamente viável depende da garantia da autonomia dos robôs em relação à manutenção humana considerada recorrente. Ou seja, verifica-se que não apenas para limpeza, mas há uma demanda evidente por autonomia em geral.

Há uma gama infinita de possibilidades que envolvem o uso de outros tipos de robôs e até mesmo inteligência artificial, criando assim um sistema completamente independente para geração de energia fotovoltaica.

A limpeza seria, nesse contexto, um teste ou etapa básica em termos de geração de autonomia. E, nesse ponto, o artigo analisa se há viabilidade no mercado brasileiro e, na ausência de demanda, sugere-se a internacionalização de know-how ou de ativos protegidos por patentes. Essas possíveis invenções devem tomar como referência a anulação máxima da ação humana.

Não só como possibilidade, mas também como estratégia rentável em termos de MVP. Estima-se que o preço da limpeza de painéis por seres humanos contratados através de terceirização seja bastante elevado, chegando a uma média de R\$ 50,00 (cinquenta reais) por painel em muitos casos. Em um país como o Brasil, considerando o índice pluviométrico e o fato de que a transição energética



ainda está em estágios iniciais, tecnologias acessórias, normalmente oriundas de organizações estrangeiras que esgotaram seus produtos em seus respectivos países de origem, é possível que ainda haja resistência cultural na recepção desse conhecimento.

Sabe-se, no entanto, que é apenas uma questão de tempo, especialmente na realidade industrial, para uma gestão eficiente da oferta e da demanda priorizar formas de economia de recursos nesses setores de energia renovável, como o uso de robôs autônomos para limpá-los.

Ainda que o gestor de ativos dessa linha específica não possua patente para os mecanismos, a mera internalização de conhecimentos ou práticas de países em fase mais avançada pode ser considerada inovação com alta geração de valor e também com impacto econômico e socioambiental positivo.

5 PERSPECTIVAS DO FUTURO

O trabalho mostra que há, como esperado, uma demanda crescente no setor de energias renováveis, e é certo que o uso de robôs autônomos, como outras técnicas que aprimoram o uso desse tipo de tecnologia, é igualmente útil.

Ocorre que, dada a situação incipiente do atual mercado brasileiro, que ainda é resistente à adoção de métodos considerados tradicionais, sugere-se, portanto, para gestores desse tipo de ativo consultivo, em termos de VPM, a possibilidade de transferência tecnológica para países estratégicos.

Discute-se também sobre esse tipo específico de tecnologia, sobre o grau de autonomia dos robôs, o quanto isso impacta no preço do produto final e também o grau de recepção em um país tropical que, exceto em anos atípicos como o atual, apresenta níveis satisfatórios de chuva. As mudanças climáticas certamente influenciarão na relevância desse tipo de produto acessório, de fato, na medida em que, por meio de políticas públicas assertivas, as empresas consigam implementar ativos sustentáveis em suas linhas de produtos com maior apelo de mercado.

Ainda há um alto grau de incerteza, tanto interna quanto externamente, mas um ponto é certo: a transição energética é uma realidade inevitável. Em termos de gestão de ativos de propriedade intelectual e transferência tecnológica, tanto no ativo discutido neste estudo quanto em situações semelhantes, tudo dependerá da forma como os produtos serão apresentados, ou seja, da prospecção.

Cada vez mais, veremos a oferta de linhas de acessórios, por exemplo, no presente caso de robôs autônomos de limpeza de painéis, como outros ativos complementares, e a base da transição energética ainda não foi devidamente implementada no Brasil, embora seja fácil perceber uma tendência crescente imposta por instituições estrangeiras que têm alcançado altos níveis de PD&I e comercialização em países que já são massificados nesse sentido. O cenário futuro é propício ao investimento em propriedade intelectual e tecnologia (TT e IP), desde que cuidadosamente planejado.



REFERÊNCIAS

- ASSUNÇÃO J; SCHUTZE A. Developing Brazil's Market for Distributed Solar Generation. Rio de Janeiro: PUC-Rio, 2017.
- BLASQUES, L. C. M., VALE, S. B., PINHO, J. T., Sistema Solar Fotovoltaico para Geração de Eletricidade na Estação Científica Ferreira Penna do Museu Paraense Emílio Goeldi, Caxiuana –Pará, Congresso Brasileiro de Energia Solar, Fortaleza, 2007.
- EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. (org.). Balanço Energético Nacional 2023: relatório síntese 2023. Relatório Síntese 2023. 2023. Disponível em: <https://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2023>. Acesso em: 18 dez. 2023.
- GAIO, João Nicolau; CAMPOS, Kleverson Moisés Apolinário. Determinação do tempo ótimo para limpeza de painéis fotovoltaicos para obtenção da melhor produtividade: estudo de caso dos SFVCR's implantados na UTFPR. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
- GELLER H.et al. Policies for advancing energy efficiency and renewable energy use in Brazil, Energy Policy, v. 32, n. 12, p. 1437-1450, 2004.
- MAZZUCATO, M. Mission-oriented innovation policies: challenges and opportunities. Industrial and Corporate Change, Oxford University Press, v. 27, n. 5, p. 803–815, 2018.
- MELLER, Moshe; MELLER, Eran. WATERLESS CLEANING SYSTEM AND METHOD FOR SOLAR TRACKERS USING AN AUTONOMOUS ROBOT. US n. 10985691B1. Depósito: 02 out. 2020. Publicação: 20 abr. 2021.
- MONTEIRO L. S; SILVEIRA D. Energia solar fotovoltaica no Brasil: uma análise das políticas públicas e das formas de financiamento. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 15., Rio de Janeiro, 2018.
- NORTH, D. Institutions, institutional change and economic performance. Cambridge: Cambridge University Press, 1990.
- TIMILSINA G. R.; KURDGELASHVILI L; NARBEL P. A. Solar energy: Markets, economics and policies, Renewable and Sustainable Energy Reviews, Washington, 2012.
- VILLALVA, Marcelo Gradella. Energia solar fotovoltaica: conceitos e aplicações. 2. ed. rev. e atual. São Paulo: Éric, 2015.