

# PANORAMA SOBRE TECNOLOGIAS DE CONVERSÃO DE ENERGIA SOLAR UTILIZANDO BASES PATENTÁRIAS

**Alexandre Luís Cardoso Bissoli**<sup>1,3</sup> – alexandre.bissoli@inpi.gov.br

**Cesar Vianna Moreira Junior**<sup>1,2</sup> – cesar.moreira@inpi.gov.br

**Maria Ângela de Souza Fernandes**<sup>2</sup> – mariaangela.souzafernandes@gmail.com

**Ricardo Carvalho Rodrigues**<sup>2</sup> – ricardo.rodrigues@inpi.gov.br

**Adelaide Maria de Souza Antunes**<sup>2</sup> – aantunes@inpi.gov.br

**Lucas Frizera Encarnação**<sup>3</sup> – lucas@ele.ufes.br

<sup>1</sup>Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) – Diretoria de Patentes

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) – Academia de Propriedade Intelectual

<sup>3</sup>Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

**Resumo.** *O presente trabalho apresenta um panorama de tecnologias para conversão de energia solar sob a ótica da Propriedade Industrial, evidenciando as principais tecnologias relacionadas à conversão de energia solar, especificamente térmica e fotovoltaica, no âmbito internacional e nacional. Para tal, emprega a metodologia de prospecção tecnológica utilizando a base de dados patentária Derwent Innovation. Os resultados obtidos apontam forte liderança dos Estados Unidos, tanto no Brasil quanto em nível internacional, tanto em relação ao número de depósitos de pedidos de patentes, como em número de empresas atuantes. Tal fato evidencia o país como principal mercado de interesse global e líder no desenvolvimento e proteção de tecnologias de conversão de energia solar. Em segundo lugar, no ranking internacional, aparece a Coreia do Sul, seguida de Europa, China, Japão e Alemanha. No Brasil, notou-se que o número de depósitos é bastante reduzido, mostrando que, embora apresente condições bem favoráveis para a aplicação de tecnologias relacionadas à conversão de energia solar, o país ainda não é visto como um mercado de interesse em termos de proteção patentária. Os dados internacionais e nacionais foram estratificados em diferentes áreas de desenvolvimento tecnológico, com destaque para a área de semicondutores para conversão fotovoltaica.*

**Palavras-chave:** *Propriedade Industrial, Energia Solar Fotovoltaica, Energia Solar Térmica.*

## 1. INTRODUÇÃO

O conceito de desenvolvimento sustentável é proveniente de um processo de avaliação e reavaliação das relações entre a sociedade e o meio ambiente e, por se tratar de um processo contínuo, várias abordagens foram elaboradas e sofreram alterações gradativas ao longo do tempo, buscando um equilíbrio entre as dimensões social, econômica e ambiental.

Entre os conceitos adotados pela sociedade, o desenvolvimento sustentável pode ser entendido como sendo “aquele que atende às necessidades do presente, sem comprometer a capacidade de as gerações futuras satisfazerem as suas próprias necessidades” (Pereira *et al.*, 2017). Assim, a ordem econômica passa a ser reconstruída pela sustentabilidade ecológica que surge como um critério normativo e que busca a reconciliação dos contrários da dialética do desenvolvimento: meio ambiente e o crescimento econômico.

Uma das questões fundamentais para o desenvolvimento sustentável está na inovação e desenvolvimento de tecnologias de conversão e aproveitamento de recursos energéticos naturais. A necessidade de energia para o desenvolvimento de um país é inquestionável, porém a aplicação de tecnologias que buscam o incremento da eficiência energética e a sustentabilidade da produção asseguram e possibilitam um desenvolvimento com impactos ambientais reduzidos (Sharaf e Orthan, 2015).

A energia solar é uma das alternativas energéticas mais promissoras para os desafios deste milênio. A rigor, a energia proveniente do Sol não é renovável, mas uma fonte inesgotável levando em consideração a escala de tempo da vida no planeta Terra (Tiepolo, 2015).

A energia irradiada pelo Sol cobre uma ampla faixa do espectro eletromagnético. Essa energia alimenta todos os processos térmicos, dinâmicos e químicos, sejam eles naturais ou artificialmente desenvolvidos, com aplicação do conhecimento científico e tecnológico produzido pela sociedade (Pereira *et al.*, 2017).

O aquecimento solar e a geração de eletricidade exemplificam os processos e tecnologias produzidos pelo desenvolvimento científico e tecnológico. Um avanço significativo foi conseguido nas últimas décadas tanto no aproveitamento térmico para atendimento de demandas residenciais ou processos industriais, quanto para conversão em eletricidade. O aproveitamento fotovoltaico, conhecido como geração fotovoltaica de eletricidade, também apresentou um intenso desenvolvimento que está resultando em um crescimento significativo da participação da energia solar na matriz energética mundial (Villalva e Gazoli, 2012).

Torna-se evidente, portanto, o importante papel que a energia solar pode desempenhar na expansão da matriz elétrica brasileira, aumentando sua resiliência com a diversificação das fontes e exploração de possíveis complementaridades. O aproveitamento do recurso energético solar consiste na conversão da energia emitida pelo Sol em energia térmica ou diretamente em energia elétrica (processo fotovoltaico). O uso de tecnologias de conversão de energia solar vem crescendo mundialmente a taxas elevadas, tanto para aplicações térmicas, quanto fotovoltaicas. Entre 2010 e 2016, a capacidade instalada global por sistemas fotovoltaicos cresceu em média 40% contra 16% da eólica e aproximadamente 3% da hídrica (REN21, 2017). O uso de sistemas fotovoltaicos possibilita a geração distribuída de eletricidade com plantas de pequena e média escala instaladas em edifícios residenciais e comerciais que produzem energia para consumo próprio e despacham o excedente para distribuição na rede do sistema elétrico. A geração distribuída pode contribuir para a redução de perdas no Sistema Interligado Nacional (SIN) em razão da distância entre as plantas de geração e os centros consumidores.

Além da tecnologia fotovoltaica, a geração de eletricidade por meio de aproveitamento térmico da energia solar também é uma tecnologia em crescimento, liderada pela Espanha e Estados Unidos, que juntos representam 80% da capacidade instalada global. Índices elevados de irradiação solar direta na superfície ocorrem em grande parte do Nordeste Brasileiro e são o principal requisito para a viabilidade desta tecnologia de geração (Pereira *et al.*, 2017).

Diante do disposto, o objetivo deste trabalho é traçar um panorama de tecnologias para conversão de energia solar sob a ótica da Propriedade Industrial, através da realização de uma prospecção tecnológica com utilização de bases patentárias, buscando evidenciar as principais tecnologias relacionadas à conversão de energia solar, especificamente térmica e fotovoltaica.

O restante do trabalho está dividido da seguinte forma: a seção 2 trata de instrumentos de Propriedade Industrial, principalmente as patentes; a seção 3 apresenta o sistema de classificação de patentes e a metodologia de prospecção tecnológica utilizada; a seção 4 apresenta panoramas tecnológicos com abrangência internacional e nacional e discute os resultados; e, por fim, a seção 5 tece considerações finais e sugere trabalhos futuros.

## 2. INSTRUMENTOS DE PROPRIEDADE INDUSTRIAL - PATENTES

Conforme definição da Convenção de Paris (CUP) de 1883 (art. 1º § 2), Propriedade Industrial é o conjunto de direitos que compreende as patentes de invenção, os modelos de utilidade, os desenhos ou modelos industriais, as marcas de fábrica ou de comércio, as marcas de serviço, o nome comercial e as indicações de proveniência ou denominações de origem, bem como a repressão da concorrência desleal (Barbosa, 2009).

Criado em 1970, o Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Indústria, Comércio Exterior e Serviços, sendo responsável pelo aperfeiçoamento, disseminação e gestão do sistema brasileiro de concessão e garantia de direitos de propriedade intelectual para a indústria.

Entre os serviços do INPI está incluída a concessão de patentes. A patente é um direito, conferido pelo Estado, que dá ao seu titular a exclusividade da exploração de uma tecnologia. Como contrapartida pelo acesso do público ao conhecimento dos pontos essenciais do invento, a lei confere ao titular da patente um direito limitado no tempo, no pressuposto de que é socialmente mais produtiva a troca da exclusividade de fato (a do segredo da tecnologia) pela exclusividade temporária de direito (Barbosa, 2009). Sua duração varia de acordo com a modalidade da patente depositada, podendo ser de invenção ou de modelo de utilidade. Cabe destacar que, no âmbito nacional, a Lei nº 9.279 (Lei de Propriedade Industrial – LPI), de 14 de maio de 1996 define, respectivamente, que:

Art. 8º É patenteável a invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial.

[...]

Art. 11. A invenção e o modelo de utilidade são considerados novos quando não compreendidos no estado da técnica.

Art. 12. Não será considerada como estado da técnica a divulgação de invenção ou modelo de utilidade, quando ocorrida durante os 12 (doze) meses que precederem a data de depósito ou a da prioridade do pedido de patente, se promovida:

I - pelo inventor;

II - pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI, através de publicação oficial do pedido de patente depositado sem o consentimento do inventor, baseado em informações deste obtidas ou em decorrência de atos por ele realizados; ou

III - por terceiros, com base em informações obtidas direta ou indiretamente do inventor ou em decorrência de atos por este realizados.

Art. 13. A invenção é dotada de atividade inventiva sempre que, para um técnico no assunto, não decorra de maneira evidente ou óbvia do estado da técnica.

[...]

Art. 15. A invenção e o modelo de utilidade são considerados suscetíveis de aplicação industrial quando possam ser utilizados ou produzidos em qualquer tipo de indústria.

[...]

Art. 30. O pedido de patente será mantido em sigilo durante 18 (dezoito) meses contados da data de depósito ou da prioridade mais antiga, quando houver, após o que será publicado.

[...]

Art. 40. A patente de invenção vigorará pelo prazo de 20 (vinte) anos e a de modelo de utilidade pelo prazo 15 (quinze) anos contados da data de depósito.

Cabe ressaltar que, aos países signatários da CUP, é conferido o direito à Prioridade. Ou seja, após o primeiro depósito de uma patente em determinado país signatário, o depositante tem até 12 meses para realizar o depósito em outro país signatário. Assim sendo, toda a busca e análise dos requisitos de patenteabilidade deve ser executada tendo como base temporal a data de prioridade do pedido e, caso não haja prioridade, a data de depósito do pedido.

### 3. CLASSIFICAÇÃO DE PATENTES E PROSPECÇÃO TECNOLÓGICA

Nesta seção é apresentada a Classificação Internacional de Patentes. Em seguida, através de uma comparação entre algumas bases de patentes disponíveis, é escolhida a base patentária utilizada no trabalho. Finalmente, são apresentadas as estratégias de buscas utilizadas para o desenvolvimento do estudo.

#### 3.1 Classificação Internacional de Patentes

A Classificação Internacional de Patentes (IPC, do inglês *International Patent Classification*) é uma ferramenta muito importante na realização de busca de patentes. Esta classificação foi o meio encontrado de uniformizar os documentos de diversos países com linguagem e expressões técnicas diferentes. A Classificação, de acordo com a Organização Mundial de Propriedade Intelectual (WIPO, do inglês *World Intellectual Property Organization*), tem papel importante no sentido de ser: i) uma ferramenta para arranjar de forma ordenada os documentos de patentes, de modo a auxiliar o acesso às informações técnicas e legais nele apresentadas; ii) uma base de divulgação seletiva de informações a todos que utilizam patentes como forma de referência e/ou conhecimento; iii) um suporte para fazer um levantamento do estado da arte referente a alguns campos da tecnologia; e iv) um apoio para desenvolvimento de estatísticas a respeito da propriedade industrial, permitindo analisar o avanço tecnológico em diversas áreas (Delvizio, 2010). A Fig. 1 apresenta o formato da Classificação na língua portuguesa (INPI) e inglesa (WIPO), respectivamente. Nota-se que a IPC é formada por oito seções principais, da letra A até H. Estas se dividem em inúmeras subcategorias referentes às diferentes tecnologias, de acordo com os enfoques: “Necessidades Humanas; Operações de Processamento; Transporte, Química; Metalurgia, Têxteis; Papel, Construções fixas, Engenharia mecânica; iluminação; Aquecimento; Armas; Explosão, Física e Eletricidade”.



Figura 1 – Folha de rosto da IPC (2017).

A Classificação de uma tecnologia é construída, inicialmente, por uma seção, representada por uma letra (por exemplo H), seguida de dois algarismos, indicando a classe (por exemplo H02). Cada classe pode envolver uma ou mais subclasses, representada por uma letra (por exemplo H02S), tendo cada subclasse suas subdivisões chamadas de grupos, podendo ser grupos principais ou subgrupos. Cada representação do grupo principal é constituída pelo símbolo da subclasse, seguido de um número com um a três dígitos, da barra oblíqua e o número 00 (por exemplo H02S 50/00). Os subgrupos formam subdivisões sob os grupos principais onde os números após a barra oblíqua contem pelo menos dois dígitos que não sejam 00 (por exemplo H02S 50/10). Dessa forma, cada seção é subdividida por subcategorias, até que o resultado final de uma IPC esteja apresentado da seguinte forma:

Exemplo: **H02S 50/10**, onde:

- Seção – representada por uma letra entre A e H;
- Classe – representada por dois dígitos numéricos;
- Subclasse – representada por uma letra variando de A até Z;
- Grupo – representado por um ou mais dígitos numéricos;
- Subgrupo – representado por pelo menos dois dígitos numéricos.

A Tab. 1 exibe o número total de classes, subclasses, grupos principais e subgrupos existentes no *site* da IPC, obtido no endereço eletrônico da WIPO em outubro de 2017. Pode-se observar que ao todo são quase 73 mil classificações distintas.

Tabela 1 – Número de classificações da IPC em outubro de 2017

| Seção        | Número de classes | Número de subclasses | Número de grupos principais | Número de subgrupos | Número total de grupos |
|--------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| A            | 16                | 84                   | 1.132                       | 7.915               | 9.047                  |
| B            | 38                | 169                  | 1.978                       | 14.982              | 16.960                 |
| C            | 21                | 87                   | 1.321                       | 13.246              | 14.567                 |
| D            | 9                 | 39                   | 350                         | 2.726               | 3.076                  |
| E            | 8                 | 31                   | 323                         | 3.122               | 3.445                  |
| F            | 18                | 97                   | 1.072                       | 7.705               | 8.777                  |
| G            | 14                | 81                   | 696                         | 7.488               | 8.184                  |
| H            | 6                 | 51                   | 548                         | 8.377               | 8.925                  |
| <b>Total</b> | <b>130</b>        | <b>639</b>           | <b>7.420</b>                | <b>65.561</b>       | <b>72.981</b>          |

### 3.2 Estudos de Prospecção Tecnológica

Estudos de Prospecção constituem a ferramenta básica para a fundamentação nos processos de tomada de decisão em diversos níveis na sociedade moderna. O propósito dos estudos de prospecção não é desvendar o futuro, mas sim delinear e testar visões possíveis e desejáveis para que sejam feitas, hoje, escolhas que contribuirão, da forma mais positiva possível, na construção do futuro. Tais visões podem ajudar a gerar políticas de médio e longo prazo, estratégias e planos que dispõem circunstâncias futuras prováveis e desejadas em um determinado segmento.

Existem diversas definições para os Estudos de Prospecção, sendo que estas procuram distinguir as diferentes abordagens e metodologias que podem ser empregadas na sua elaboração. Especificamente, a Prospecção Tecnológica pode ser definida como “um meio sistemático de mapear desenvolvimentos científicos e tecnológicos futuros capazes de influenciar de forma significativa uma indústria, a economia ou a sociedade como um todo” (Mayerhoff, 2008).

Há três tipos de abordagens possíveis de serem empregadas na tarefa de prospectar o futuro: i) através de inferências, que projetam o futuro por meio da reprodução do passado, dentro de certos limites, desconsiderando descontinuidades ou rupturas; ii) através da geração sistemática de trajetórias alternativas, com a construção de cenários possíveis; ou iii) por consenso, através da visão subjetiva de especialistas.

As informações históricas empregadas nos métodos de prospecção devem ser obtidas através de séries contínuas e confiáveis. Os estudos de Prospecção Tecnológica que necessitam destas informações encontram, no sistema de Propriedade Intelectual, especificamente no sistema de Patentes, um recurso valioso, uma vez que este sistema alimenta uma base de dados que vem crescendo significativamente nas últimas décadas, em função da crescente importância das patentes na economia (Fisher, 2001).

O fenômeno do depósito de patentes apresenta facetas tanto micro, quanto macroeconômicas, o que torna interessante o seu emprego em pesquisas para a previsão de desenvolvimento tecnológico em diversos setores. Há uma série de vantagens na utilização desta fonte de informação, além da quantidade crescente de documentos e da relevância dos mesmos em relação ao mercado tecnológico. Dentre elas destaca-se a facilidade de acesso às bases de dados disponibilizadas gratuitamente na Internet.

Atualmente, os escritórios de patentes de cada país disponibilizam a informação que publicam através de sua página na Internet. Os documentos publicados no Brasil podem ser acessados através da base de dados do INPI.

Algumas bases de dados gratuitas são consideradas importantes, seja em função da amplitude de cobertura temporal e territorial das publicações, como é o caso da base do Escritório Europeu de Patentes (*Espacenet*), seja em função da relevância do país no sistema de Propriedade Intelectual, como a base do Escritório Americano de Marcas e Patentes (USPTO) e a base do Escritório Japonês de Patentes (JPO). Entretanto, tais bases de dados apresentam limitações, e é importante que, ao utilizá-las, tais limitações sejam consideradas e a coleta e o tratamento das informações sejam planejados de forma a evitar os problemas que as mesmas possam ocasionar.

Há outras formas de acesso à informação disponibilizada através do sistema de Propriedade Intelectual que, na maioria das vezes, apresentam vantagens em relação às bases gratuitas, principalmente quando a informação será utilizada como uma ferramenta de prospecção. Tais recursos constituem-se de bases de dados comerciais e softwares específicos para a recuperação e o tratamento de dados obtidos através do sistema de patentes, como *Google Patents*, *Derwent Innovation* (DWPI) e EPOQUE. Na maioria das vezes, esses recursos possibilitam a automatização de muitas das etapas que, quando utilizada uma base de dados gratuita, devem ser realizadas manualmente.

A Tab. 2 permite comparar recursos de interesse disponíveis em algumas das principais bases patentárias.

Nota-se que as bases USPTO, JPO e INPI são bastante semelhantes. A base *Espacenet* é uma exceção, dentre as bases oficiais, pois indexa, além de suas próprias publicações, os documentos publicados em mais de 70 países, além de disponibilizar a versão integral, em formato pdf, de grande parte desta documentação.

Tabela 2 – Comparação dos recursos disponíveis nas bases patentárias.

| Recursos de interesse das bases patentárias | Bases comerciais |                    |        | Bases oficiais |       |     |      |
|---|------------------|--------------------|--------|----------------|-------|-----|------|
|   | Google Patents   | Derwent Innovation | EPOQUE | Espacenet      | USPTO | JPO | INPI |
| Dados de vários países                      |                  | x                  | x      | x              |       |     |      |
| Dados atualizados                           | x                | x                  | x      | x              | x     | x   | x    |
| Classificação própria                       |                  | x                  |        |                |       |     |      |
| Edição e revisão de pedidos de patentes     |                  | x                  |        |                |       |     |      |
| Sistema de fácil utilização                 | x                | x                  | x      | x              |       |     |      |
| Utilizadas em escritórios de patentes       | x                | x                  | x      | x              | x     | x   | x    |
| Suporte aos usuários                        |                  | x                  | x      |                |       |     |      |
| Múltiplas opções de busca                   | x                | x                  | x      | x              | x     | x   | x    |
| Compilação dos resultados em gráficos       |                  | x                  |        |                |       |     |      |
| Acesso gratuito                             | x                |                    |        | x              | x     | x   | x    |

A base do *Google* tem a vantagem de ser gratuita e facilitar a busca. Porém, o *Google Patents* não possui dados de muitos países, não possibilita a compilação dos resultados de interesse em gráficos e não tem suporte ao usuário.

As bases comerciais têm a desvantagem de serem pagas. Este é o principal impedimento de se utilizar a base EPOQUE, em que cada comando enviado é cobrado. Além disso, a base EPOQUE não edita e nem revisa os pedidos de patentes. Em contrapartida, essa é a principal vantagem observada na base *Derwent Innovation*. A DWPI possui dados atualizados e de vários países. Ela possui mais de 900 profissionais que editam e revisam os pedidos de patentes e possui uma classificação própria dos pedidos, o que melhora o resultado das buscas. O sistema possui múltiplas opções de busca, permite compilar os resultados obtidos em gráficos e é bem simples de usar. Assim, optou-se por utilizar a *Derwent Innovation* (DWPI) neste trabalho.

### 3.3 Metodologia de Busca

Em um primeiro momento, foi realizada uma busca preliminar na IPC a fim de obter as classificações referentes às tecnologias de energia solar, de modo a auxiliar na delimitação do escopo das buscas posteriores. Nesse sentido, para se obter as tendências internacionais, a primeira estratégia de busca adotada considerou as seguintes categorias: delimitação do escopo do pedido; utilização das palavras-chave; classificação (IPC) e limite temporal. Em seguida, para se obter os dados específicos de cada país, a segunda estratégia de busca considerou, além das categorias supracitadas, o país ou região de depósito. A Tab. 3 ilustra as categorias adotadas e variáveis utilizadas nas estratégias de busca.

Tabela 3 – Estratégia de busca.

| Categorias adotadas   | Variáveis utilizadas  |
|-----------------------|---|
| Delimitação de Escopo | Título e Resumo   |
| Palavras-chave        | ("cell" OR "module" OR "panel") AND ("solar" OR "photovoltaic") |
| Classificação         | H02S  |
| Limite temporal       | 2000 a 2017 / 2010 a 2017                                       |
| País de depósito      | Brasil, Estados Unidos, etc.                                    |

Com o limite temporal configurado para 2000 a 2017, executou-se a primeira busca em âmbito internacional e a segunda em âmbito nacional. Assim, foi identificado o número de ocorrências de depósitos e publicações a cada ano, observando seu comportamento neste recorte temporal.

Após essa etapa, alterou-se o limite temporal para 2010 a 2017 e executou-se novamente as buscas internacional e nacional, respectivamente. Assim, foi possível obter as principais classificações utilizadas nestas tecnologias, os países com mais pedidos de depósito de patentes, as principais empresas do setor em número de patentes e, finalmente, identificar quais áreas tecnológicas destacam-se no âmbito da conversão da energia solar térmica e fotovoltaica, no Brasil e no mundo.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Fig. 2 mostra o comportamento internacional das reivindicações de prioridade, depósitos e publicações de pedidos de patentes relacionados à conversão de energia solar de 2007 a 2015. Observa-se uma tendência crescente no período considerado. Devido ao chamado efeito de borda, os anos de 2016 e 2017 foram suprimidos. Este efeito pode

ser ocasionado pelos seguintes motivos: i) atraso da publicação dos pedidos por parte dos escritórios de patente; ii) período de sigilo de até 18 meses da data de depósito até a publicação do referido pedido de patente; e iii) atraso da base comercial na atualização dos dados provenientes das bases oficiais dos escritórios de patente. Os anos anteriores a 2007 não foram apresentados de modo a evidenciar as tecnologias mais recentes, isto é, dos últimos 10 anos.

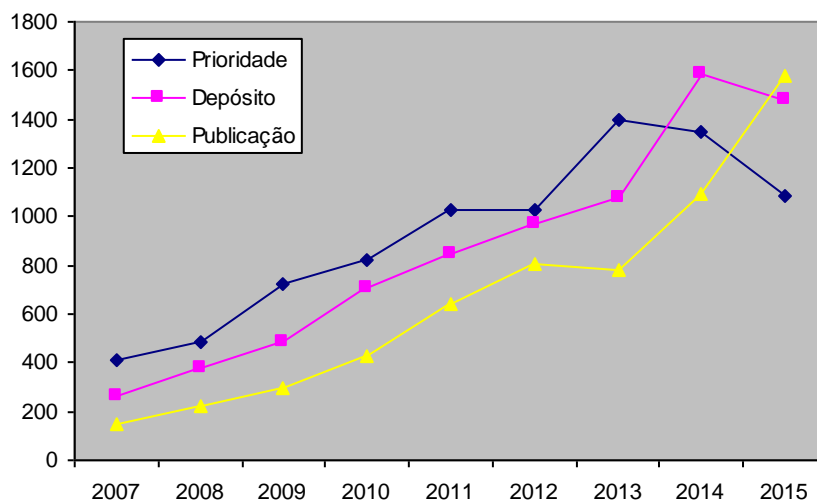


Figura 2 – Comparação dos dados internacionais de reivindicações de prioridade, depósitos e publicações de pedidos de patentes relacionados à conversão de energia solar por ano.

Conforme o esperado, o perfil das três curvas é similar. Observa-se que o número de prioridades tende a ser maior ao longo do tempo, dado que um mesmo pedido de patente, pode apresentar mais de uma prioridade. Verifica-se ainda que a curva de publicação está deslocada em cerca de um ano em relação à curva de depósito, devido ao período de sigilo do pedido de patente.

A seguir são apresentados resultados mais específicos, considerando separadamente os dados internacionais e nacionais.

#### 4.1 Panorama Internacional

A Fig. 3 ilustra o comportamento dos depósitos de pedidos de patentes, relacionados à conversão da energia solar, nos principais países em número de depósitos. Observa-se claramente a liderança dos Estados Unidos na proteção dessas tecnologias, seguido por Coréia do Sul, Europa, China, Japão e Alemanha, evidenciando-se como os principais mercados de interesse.

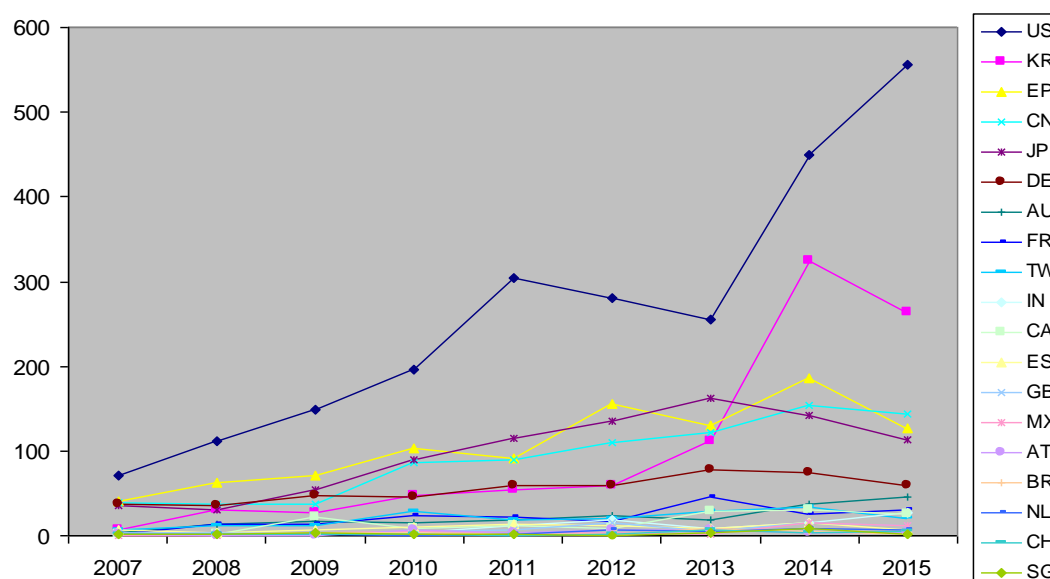


Figura 3 – Depósitos de patentes referentes a módulos fotovoltaicos por ano no âmbito internacional.

A Fig. 4 mostra o ranking das empresas com maior número de depósitos de patentes agrupadas por país de origem. Novamente, verifica-se a liderança dos Estados Unidos tanto em número de empresas quanto de depósitos. Destaca-se que a norte-americana *Sunpower corp*, que desenvolve e produz células solares de alta eficiência a partir de silício cristalino para telhados e painéis fotovoltaicos, foi a primeira do ranking com 204 depósitos de patentes no total. Vale ressaltar que, embora a China esteja representada por apenas uma empresa, o país possui diversas outras com menos de 40 depósitos cada e que ficaram de fora do ranking geral. Observa-se que, embora a França ocupe o oitavo lugar em depósitos (Fig. 3), a estatal francesa *Commissariat Energie Atomique*, que realiza pesquisa tecnológica para a indústria nas áreas de energia nuclear e renovável, apresenta 110 depósitos estando em segundo lugar no ranking geral.

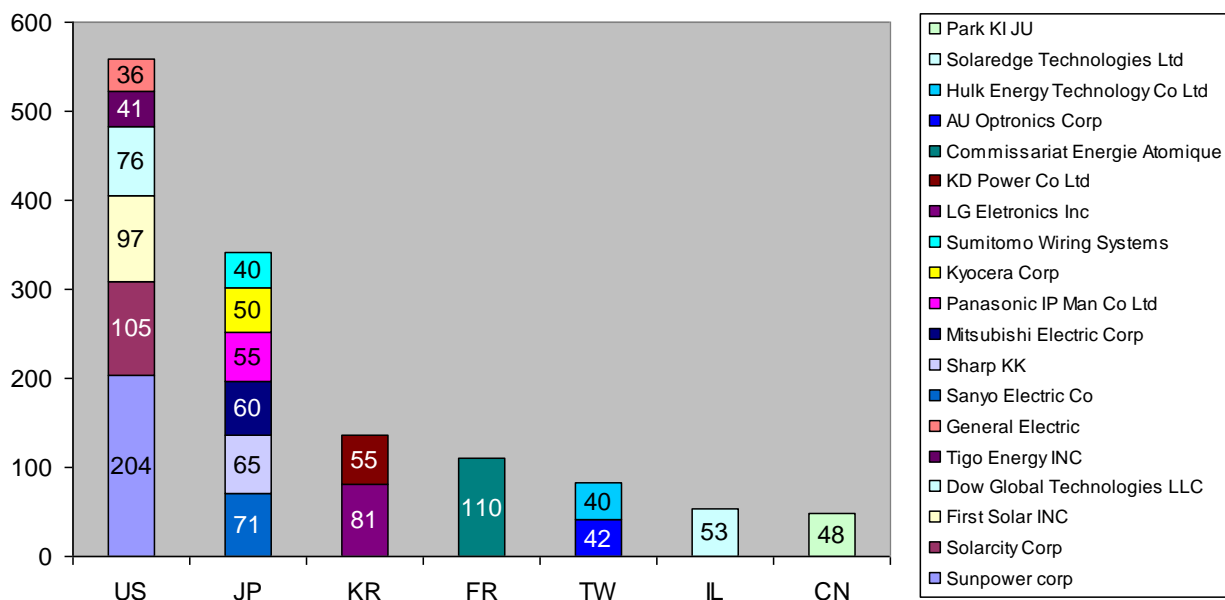


Figura 4 – Ranking das empresas em depósitos de patentes referentes à conversão de energia solar, agrupadas por país de origem, entre 2010 e 2017.

Diferentemente da Fig. 3 que evidencia os mercados de interesse em proteção, a Fig. 4, através da atuação direta das empresas, mostra os países líderes na proteção dos seus desenvolvimentos e pesquisas de tecnologia em conversão de energia solar.

Adicionalmente, procurou-se identificar as principais áreas tecnológicas envolvidas. Nesse sentido, a Fig. 5 apresenta as principais subclasses da IPC encontradas em ordem decrescente de ocorrência.

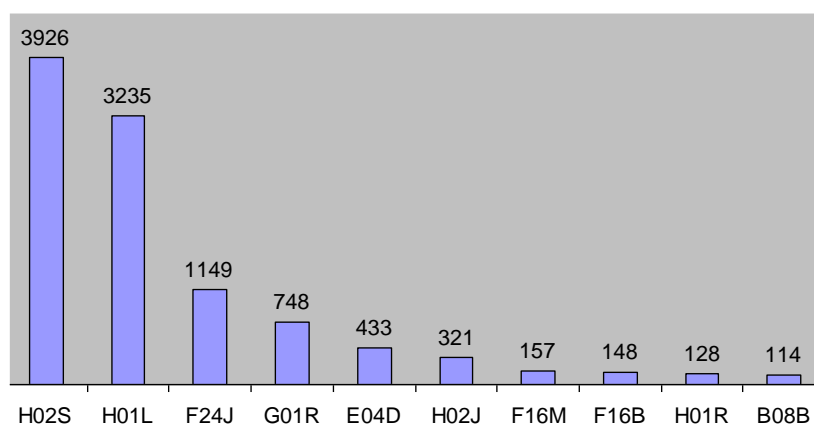


Figura 5 - Principais subclasses da IPC em ordem decrescente de ocorrência.

Pela análise da Fig. 5, observa-se que a subclasse H02S, referente à geração de energia elétrica pela conversão da radiação infravermelha, luz visível ou luz ultravioleta (por exemplo, utilizando módulos fotovoltaicos), aparece com o maior número de ocorrências, conforme esperado. Em segundo lugar está a subclasse H01L, referente a dispositivos semicondutores sensíveis à luz, que está diretamente relacionada à conversão da luz em energia elétrica. Em seguida, tem-se a subclasse F24J, referente à produção e utilização de calor solar (por exemplo, coletores de calor solar), que está relacionada à energia solar térmica. A próxima subclasse encontrada é a G01R, que trata da medição de variáveis elétricas e magnéticas, estando relacionada com monitoramento e testes de sistemas fotovoltaicos. Por fim, na quinta

posição, encontra-se a subclasse E04D, que inclui estruturas de suporte para equipamentos específicos de coleta de energia, podendo ser fixas, móveis ou ajustáveis (por exemplo, rastreadores solares).

De posse das classificações obtidas, foi possível separar as tecnologias protegidas em cinco grupos distintos, em ordem decrescente de ocorrência de depósitos de pedidos de patentes, conforme mostrado na Fig. 6.

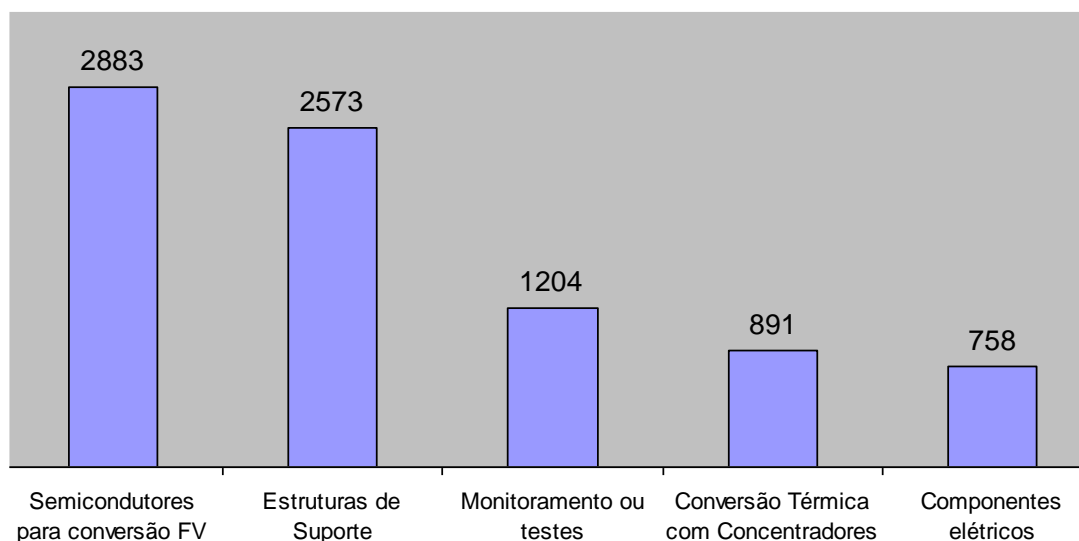


Figura 6 – Principais áreas tecnológicas identificadas no âmbito da conversão de energia solar.

Pela análise da Fig. 6, observa-se que a área referente a semicondutores para conversão fotovoltaica aparece com o maior número de ocorrências, conforme o esperado. Tal fato evidencia a relevância dos semicondutores como elementos fundamentais na fabricação dos módulos utilizados em sistemas de geração fotovoltaica. Em segundo lugar, de forma surpreendente, está a área referente às estruturas de suporte. Isto mostra o interesse em proteger os diversos tipos de estruturas de suporte, sejam elas fixas, móveis ou ajustáveis. Em seguida, surge a área de monitoramento/testes em sistemas fotovoltaicos, que inclui balanceamento de carga, identificação de falhas, tecnologias relacionadas a software, medição e sensoriamento, o que é interessante de se observar, pois são tecnologias atualmente em franco desenvolvimento. Em quarto lugar, aparece a área de conversão térmica com concentradores. Por incluir tecnologias já maduras no mercado, espera-se que o número de depósitos reduza com o passar do tempo, embora atualmente ainda apresente um número relevante. Por fim, na quinta posição, encontra-se a área de componentes elétricos, que constituem materiais acessórios aos sistemas de conversão de energia solar.

#### 4.2 Panorama Nacional

A Tab. 4 ilustra o comportamento dos depósitos de pedidos de patentes no Brasil, relacionados à conversão da energia solar. Observa-se que embora a partir de 2013 tenha ocorrido um aumento do número de depósitos, estes ainda são poucos.

Tabela 4 – Número de depósitos de pedidos de patentes por ano no Brasil referente a módulos fotovoltaicos.

| Ano       | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Depósitos | 1    | 2    | 3    | 3    | 2    | 2    | 8    | 5    | 2    | 1    | 0    |

A Fig. 7 mostra o ranking das empresas com maior número de depósitos de patentes no Brasil, agrupadas por país de origem. Verifica-se a liderança de empresas oriundas dos Estados Unidos tanto em número de empresas quanto de depósitos. Destaca-se que a multinacional norte-americana *Dow Global Technologies LLC*, com forte atuação no desenvolvimento de métodos e processos químicos para fabricação de materiais e componentes fotovoltaicos, foi a primeira do ranking nacional (6 depósitos no total), tendo sido a sexta colocada no ranking global (Fig. 4). Em segundo lugar aparecem empresas da Alemanha, seguidas de empresas de Espanha e França. Observa-se que a estatal francesa *Commissariat Energie Atomique*, segunda colocada no ranking global, possui um depósito no Brasil, sendo este referente a monitoramento.



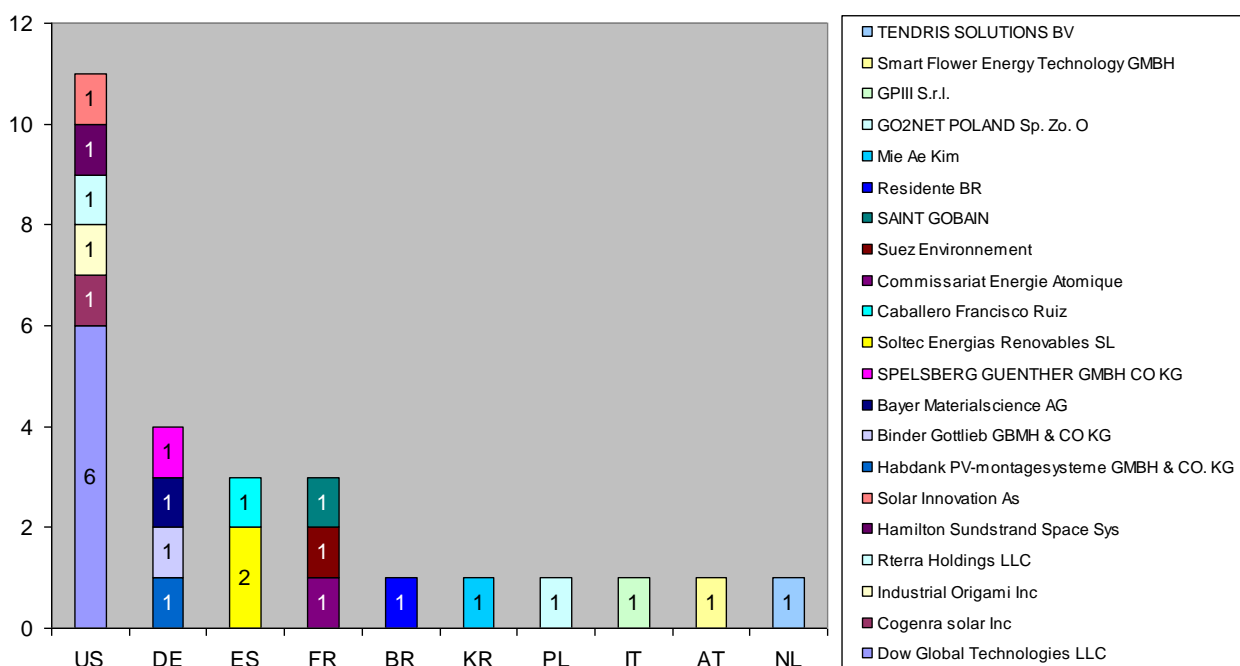


Figura 7 - Ranking das empresas em depósitos de patentes referentes à conversão de energia solar no Brasil, agrupadas por país de origem, entre 2010 e 2017.

De maneira análoga ao panorama internacional, as tecnologias protegidas foram separadas em quatro grupos distintos, em ordem decrescente de ocorrência de depósitos de pedidos de patentes, conforme mostrado na Fig. 8.

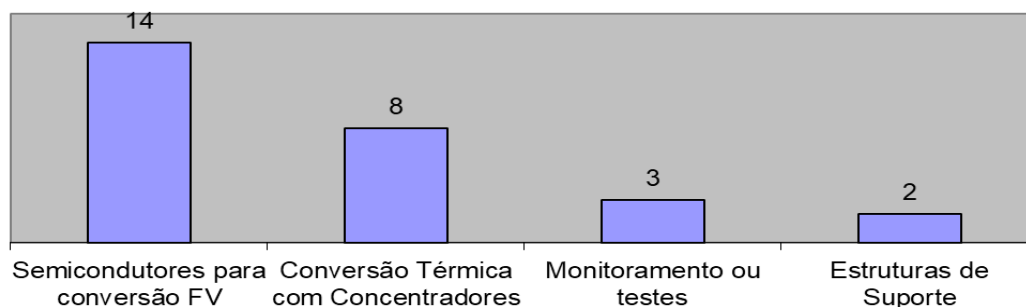


Figura 8 – Principais áreas tecnológicas identificadas no âmbito da conversão de energia solar no Brasil.

Pela análise da Fig. 8, observa-se que a área referente a semicondutores para conversão fotovoltaica aparece com o maior número de ocorrências, assim como no panorama internacional. Em segundo lugar, aparece a conversão térmica com concentradores que é uma área tecnológica bastante difundida no país. Em seguida, aparecem as áreas de monitoramento/testes e estruturas de suporte, que apresentam poucos depósitos no país.

## 5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um panorama de tecnologias para conversão de energia solar sob a ótica da Propriedade Industrial, através da realização de uma prospecção tecnológica com utilização de bases patentárias, e evidenciou as principais tecnologias relacionadas à conversão de energia solar, especificamente térmica e fotovoltaica, no âmbito internacional e nacional.

A base patentária utilizada foi a *Derwent Innovation (DWPI)* visto que é simples de usar, possui dados atualizados de vários países e ainda apresenta características peculiares, tais como: profissionais que editam e revisam os pedidos de patentes e desenvolvimento de uma classificação própria dos pedidos, o que melhora o resultado das buscas.

Os resultados obtidos apontam para uma tendência crescente quanto ao número de depósitos e publicações de pedidos de patentes referentes à conversão de energia solar de 2007 a 2015. No Brasil, notou-se que o número de depósitos é bastante reduzido, embora venha crescendo a partir de 2012. Isto mostra que, embora tenha condições bem favoráveis para a aplicação de tecnologias relacionadas à conversão de energia solar, o país ainda não é visto como um mercado de interesse em termos de proteção patentária. Cabe destacar que nos próximos anos espera-se um bom incremento nos dados obtidos de 2015 em diante, devido ao grande atraso das publicações dos pedidos no país.

Tanto no Brasil, quanto em nível internacional, verificou-se uma forte liderança dos Estados Unidos, seja com relação ao número de depósitos de pedidos de patentes, seja em número de empresas atuantes. Tal fato evidencia o país como principal mercado de interesse global e líder no desenvolvimento e proteção de tecnologias de conversão de energia solar. Em segundo lugar, no ranking internacional, aparece a Coreia do Sul, seguida de Europa, China, Japão e Alemanha. No Brasil, a Alemanha aparece em segundo lugar, seguida de Espanha e França. Observa-se ainda que, embora a *Sunpower corp* seja a líder mundial em número de depósitos de patentes relacionadas à conversão de energia solar, seguida pela *Commissariat Energie Atomique*, apenas esta última e a *Dow Global Technologies LLC* aparecem em ambos os rankings, internacional e nacional.

Os dados internacionais e nacionais foram estratificados em diferentes áreas de desenvolvimento tecnológico, com destaque para a área de semicondutores para conversão fotovoltaica a qual obteve o primeiro lugar em ambos os casos e para a área de monitoramento/testes que apareceu em terceiro lugar também em ambos os casos, evidenciando serem áreas importantes e promissoras.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem ao Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) pela disponibilidade dos recursos necessários à realização deste trabalho.

### **REFERÊNCIAS**

- Barbosa, C. R., 2009. Propriedade Intelectual: Introdução à Propriedade Intelectual como Informação, Elsevier.
- Brasil. Lei nº 9.279, de 14 de maio de 1996 (Lei de Propriedade Industrial – LPI). Regula os direitos e obrigações relativos à propriedade industrial.
- Delvizio, E., 2010. Avaliação das estratégias da indústria para-petrolífera pelos respectivos depósitos de patentes. In: Rio Oil & Gas Expo and Conference 2010, Rio de Janeiro, 2010.
- Fisher, W., 2001. Intellectual property and innovation: theoretical, empirical, and historical perspectives, *Industrial Property, Innovation, and the Knowledge-based Economy*, *Beleidsstudies Technologie Economie*, v. 37.
- INPI, 2017. Instituto Nacional de Propriedade Industrial. Disponível em: <<http://www.inpi.gov.br>>. Acessado em 21 de outubro de 2017.
- IPC, 2017. International Patent Classification. Disponível em: <<http://www.ipc.inpi.gov.br>>. Acessado em 21 de outubro de 2017.
- Mayerhoff, Z. D. V. L., 2008. Uma Análise sobre os Estudos de Prospecção Tecnológica, *Cadernos de Prospecção*, v. 1, n. 1, p. 7-9.
- Pereira, E, Martins, F, Gonçalves, A., *et al.*, 2017. Atlas Brasileiro de Energia Solar. São José dos Campos – SP, 2ª ed.
- REN21, 2016. Renewable Energy Policy Network for the 21<sup>st</sup> Century (Ren21) – Global Status Report.
- Sharaf, O. Z., Orhan, M. F. 2015. Concentrated photovoltaic thermal (CPVT) solar collector systems: Part I: Fundamentals, design considerations and current technologies. *Renew Sust Energy Rev*.
- Villalva, M. G. e Gazoli, J. R. 2012. Energia Solar Fotovoltaica: Conceitos e Aplicações – Sistemas Isolados e Conectados à Rede. 1ª ed. São Paulo.
- Tiepolo, G., 2015. Estudo do potencial de geração de energia elétrica através de sistemas fotovoltaicos conectados à rede no estado do Paraná, Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção e Sistemas, PUC-PR, Curitiba.

### **PANORAMA ON SOLAR ENERGY CONVERSION TECHNOLOGIES USING PATENT BASES**

**Abstract.** *This paper presents a panorama of technologies for the conversion of solar energy from the viewpoint of Industrial Property, highlighting the main technologies related to the conversion of solar energy, specifically thermal and photovoltaic, in the international and national scope. Therefore, it employs the methodology of technological prospection using the Derwent Innovation patent database. The results show strong leadership of the United States, both in Brazil and internationally, both in relation to the number of patent applications and in the number of operating companies. This fact shows the country as the main market of global interest and leader in the development and protection of solar energy conversion technologies. In second place, in the international ranking, appears South Korea, followed by Europe, China, Japan and Germany. In Brazil, it has been observed that the number of patent applications is very small. It could be explained by the fact that, although it presents favorable conditions for the application of technologies related to the conversion of solar energy, the country is still not seen as a market of interest in terms of protection by patents. International and national data were stratified in different areas of technological development, with emphasis on semiconductors for photovoltaic conversion.*

**Key words:** *Industrial Property, Photovoltaic Solar Energy, Thermal Solar Energy.*