

INOVAÇÕES PATENTEADAS EM SECAGEM SOLAR: SINERGIA ENTRE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA

Paulo Fernando Figueiredo Maciel⁽¹⁾ (paulo.figueiredo@ifam.edu.br), Benjamin Batista de Oliveira Neto⁽¹⁾ (benjamin.batista@ifam.edu.br), Michaella Socorro Bruce Fialho⁽¹⁾ (michaella.fialho@ifam.edu.br), Brenda Sulamita Figueiredo Maciel⁽²⁾ (sulamitafigueiredo8@gmail.com), Edson Alves Sousa⁽³⁾ (edsonengenheiriomecanico@gmail.com)

⁽¹⁾⁽²⁾ Instituto Federal do Amazonas (IFAM); Departamento Acadêmico de Processos Industriais

⁽²⁾ Instituto Federal do Norte de Minas Gerais (IFNMG); Departamento ou Setor

⁽²⁾ EAS Projetos e Inspeções (EAS),

RESUMO: A secagem solar é uma técnica tradicional que tem sido modernizada e protegida por patentes, especialmente dentro do contexto de tecnologias sustentáveis. Essas patentes buscam aprimorar a eficiência térmica e energética do processo, além de integrar elementos de automação e controle, aumentando sua viabilidade comercial e impacto ambiental positivo. A WIPO (World Intellectual Property Organization) desempenha um papel essencial no registro e proteção dessas inovações em nível internacional, enquanto o INPI (Instituto Nacional da Propriedade Industrial) faz o mesmo no Brasil. Para realizar uma busca eficiente de patentes na área de secagem solar, é crucial definir conceitos-chave como "secagem solar", "eficiência energética" e "sustentabilidade". A combinação estratégica de palavras-chave e operadores booleanos, junto com o uso da Classificação Internacional de Patentes (IPC), facilita a identificação de registros relevantes tanto na WIPO quanto no INPI. Essas patentes são vitais para o desenvolvimento de tecnologias verdes, especialmente na Amazônia, onde a energia solar é abundante. A proteção dessas inovações não só promove avanços tecnológicos sustentáveis, mas também contribui para a preservação ambiental e o desenvolvimento econômico da região, alinhando eficiência energética com sustentabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Prospecção, Energia solar, patentes, secador, inovação

PATENTED INNOVATIONS IN SOLAR DRYING: SYNERGY BETWEEN ENERGY EFFICIENCY AND SUSTAINABILITY IN THE AMAZON

ABSTRACT: Solar drying, an ancient technique, is being modernized and patented within the framework of sustainable technologies. These patents aim to enhance thermal and energy efficiency, incorporating automation and control elements to boost commercial viability and reduce environmental impact. The World Intellectual Property Organization (WIPO) plays a key role in the international registration and protection of these innovations, while Brazil's National Institute of Industrial Property (INPI) oversees them locally. Efficient patent searching in solar drying requires the definition of key concepts such as "solar drying," "energy efficiency," and "sustainability." Strategic combinations of keywords and Boolean operators, along with the use of the International Patent Classification (IPC), aid in identifying relevant records at both WIPO and INPI. These patents are crucial for developing green technologies in the Amazon, where solar energy is abundant. Protecting these innovations promotes sustainable technological advancements and contributes to environmental preservation and economic growth in the region.

KEYWORDS: Prospection, Solar Energy, Patents, Dryer, Innovation

1. INTRODUÇÃO

A secagem através da exposição ao sol é o meio mais antigo de uso da energia solar para preservação de vegetais, frutas, carnes, peixes, entre outros produtos. A origem da desidratação vem da antiguidade. Nos tempos pré-históricos, a humanidade fazia uso da radiação solar como o único tipo de energia térmica disponível para secar alimentos e assim usá-los nos períodos frios, onde o cultivo era comprometido, para secar os tijolos usados na construção de suas moradias, além de secar as peles de animais usadas para protegê-los do frio. O primeiro relato de um “secador solar” é datado de 8.000 A.C. e foi encontrado no sul da França. Tratava-se de uma rocha pavimentada usada para secar os cultivos locais através da combinação de radiação solar e da brisa ou ventos moderados para acelerar o processo de secagem. A indústria de secagem nos moldes conhecidos hoje se iniciou por volta do século XVIII (BELESSIOTIS e DELYANNIS, 2011; PIRASTEH et al., 2014).

A preocupação com o meio ambiente tem atraído a atenção de muitos consumidores. Com isso indústrias do mundo inteiro têm tentado cada vez mais associar suas marcas com fontes de energia mais eficientes, limpas e renováveis (KUMAR et al., 2014). Governos e indústrias ao redor do mundo estão à procura de maneiras de prevenir o aumento da emissão de gases estufa. Muitas investigações estão sendo conduzidas com o objetivo de utilizar a energia solar como fonte primária de energia e há um movimento global para substituir sempre que possível combustíveis fósseis por energias renováveis (PIRASTEH et al., 2014).

A crise energética global e a procura de alimentos secos de qualidade continuam a incentivar o investimento em técnicas inovadoras na secagem de alimentos com a finalidade de aumentar a eficiência dos processos, diminuir as perdas pós colheita e melhorar a qualidade dos produtos (KUMAR et al., 2014). A secagem tem como objetivo a diminuição do teor de umidade do produto a um nível que satisfaça as condições para a continuidade do beneficiamento e/ou a comercialização das mesmas. Além disso, a secagem aumenta a vida útil dos alimentos (por reduzir atividade de água) além de facilitar o transporte e armazenamento dos produtos, por reduzir massa e volume (FERREIRA et al., 2013).

A utilização de terreiros, plataformas ou barcaças para a secagem de grãos e desidratação de produtos perecíveis vem de longa data e ainda são amplamente utilizados, principalmente, em culturas como café e cacau. Dificuldade de acesso à rede elétrica, desconhecimento e baixo investimento são os principais motivos para que a utilização da secagem natural seja tão corriqueira. Além disso, o baixo investimento necessário para a operação da secagem natural faz com que os secadores solares despertem pouco interesse no meio comercial. Substituir a secagem solar natural, onde o produto é disposto em um local sem nenhuma proteção por um secador solar ou um secador artificial, contribui significativamente para a melhoria do processo de secagem. Porém, os secadores

artificiais consomem uma quantidade considerável de energia (fóssil, elétrica, gás, lenha, entre outros) para o aquecimento do ar de secagem tornando o custo da secagem muito elevado. A disponibilidade de energia elétrica também é um empecilho para propriedades isoladas sem acesso a rede. Tendo isso em vista o uso do dispositivo conhecido como secador solar é uma boa alternativa para a secagem.

O uso da secagem em vários tipos de culturas agrícolas é largamente difundido e tradicional (SREEKUMAR et al., 2008). Em alguns processos a secagem é parte obrigatória do beneficiamento da matéria prima. Um exemplo difundido é a produção de chocolate onde a secagem das amêndoas de cacau é responsável diretamente pela coloração, aroma e sabor do chocolate. Em outros casos a secagem desempenha papel crucial na determinação da vida útil do material. Como por exemplo, pode-se citar a durabilidade de um material de construção que está intimamente ligada com a forma com que o mesmo foi seco. A umidade é um dos principais fatores de deterioração nos materiais de construção (KARAGIANNIS et al., 2017).

Boa parte dos processos de secagem na indústria se baseia na troca de calor por convecção. Secadores convectivos são os dispositivos mais utilizados na secagem de produtos agrícolas. Kumar et al., (2014) afirmam que a eficiência energética do processo e a qualidade do produto seco são fatores chave na secagem de alimentos. Há o relato de mais de 400 tipos de diferentes secadores na literatura apenas para plantas e alimentos. A secagem utiliza energia elevada, em comparação com outros processos, devido à eficiência energética baixa dos secadores. Essa baixa eficiência deve-se ao fato de o calor latente de vaporização da água ser relativamente elevado e os produtos consumirem uma pequena quantidade de energia proporcionada pelo meio de secagem para diminuição da umidade (AGHBASHLO, 2016).

A secagem natural, apesar do baixo custo, possui muitas desvantagens como; processo lento, demanda por grande área, índice elevado de perdas, secagem inadequada, contaminação do produto (insetos, fungos, pássaros e roedores), condições climáticas adversas como chuvas inesperadas ou geadas. Já a secagem artificial oferece um maior controle perante o processo levando a um menor índice de perdas, porém trata-se de um processo caro e de alto consumo energético. Assim secadores solares são uma interessante alternativa frente à secagem natural e à secagem artificial, pois os mesmos economizam energia, o tempo de secagem é menor em relação à secagem natural, ocupam uma área menor além de um produto final de alta qualidade (VIJAYAVENKATARAMAN et al., 2012; KUMAR e PRAKASH, 2014).

A secagem solar tem várias vantagens como, rápido retorno do investimento, atraente no ponto de vista financeiro além de promoverem a redução da emissão de gases estufa . Além disso, trata-se de uma ótima opção para que os alimentos possam ser estocados e o excesso de produção

não seja perdido, aumentando a oferta de alimentos (PIRASTEH et al., 2014). Secadores mais simples podem ser usados tanto em escala doméstica quanto em escala comercial por pequenos e médios produtores. A secagem solar na agricultura em alguns casos não é uma opção e sim uma necessidade, especialmente em comunidades rurais de países em desenvolvimento onde muitos pequenos agricultores não possuem ligação elétrica. Com isso a secagem solar é tida como um método prático e barato para a conservação dos alimentos (BELESSIOTIS e DELYANNIS, 2011). Apesar de ser mais comumente aplicada na secagem de grãos, frutas e cereais a secagem solar também pode ser aplicada em vários setores industriais como; setor têxtil, tijolos e telhas de barro, tratamento de água e esgoto, indústria alimentícia, indústria madeireira, etc.

Prakash e Kumar (2014) realizaram um estudo do uso de estufas para secagem solar minimizando as desvantagens da secagem natural. As estufas são secadores de baixo custo e fáceis de projetar e fabricar. As aplicações mais recorrentes estão no cultivo de algumas hortaliças ou vegetais por criarem um ambiente ideal para tal. Porém já existem relatos onde pesquisadores estudam a utilização de estufas como secadores para aplicações de baixas temperaturas. Em alguns locais as estufas são usadas em certos períodos do ano como secadores e em outros para o cultivo de alimentos, reduzindo ainda mais seu custo operacional.

Há casos de sucesso no uso de secadores solares no tratamento de águas residuais reduzindo as despesas e a duração do processo de secagem convencional. Outro emprego interessante é o uso do secador solar na secagem de madeira onde o ar aquecido atravessa a câmara de secagem removendo a umidade da madeira. É importante ressaltar que a utilização dos secadores solares depende muito do material a ser seco. O consumo de energia é uma das mais importantes considerações em um processo de secagem e muitas vezes essa quantidade de energia não pode ser obtida através da radiação solar. Por isso muitas vezes a secagem de alguns através de energia solar não é possível. Em alguns casos os secadores híbridos podem, onde a energia solar é combinada com outras fontes de energia, podem ser utilizados com a finalidade de aproveitar o recurso solar (PIRASTEH et al., 2014).

Mujumdar e Jangam (2011) citam as seguintes considerações para defender a pesquisa e o desenvolvimento de novas tecnologias de secagem: secagem de novos produtos investindo em um mercado promissor, uma maior eficiência térmica em comparação com a atual tecnologia, um melhor controle de qualidade, reduções de impactos ambientais através do uso de energia renovável, operação mais segura, um menor custo (operação, manutenção e capital) e redução do tempo de secagem sem redução da qualidade do produto.

Alonso e Park (2005) afirmam que na necessidade de se realizar a secagem o responsável pelo processo deve escolher o secador adequado ao processo como um todo. É importante comparar

vantagens e desvantagens dos secadores disponíveis levando em conta o ponto de vista técnico e o financeiro. O tempo de secagem é o parâmetro mais relevante na avaliação de um secador (FERREIRA, 2004). É fundamental fazer um levantamento das informações do processo em que está inserida a etapa de secagem bem como do produto final desejado e da matéria-prima utilizada. A literatura apresenta métodos de seleção baseados em conceitos fenomenológicos e aqueles baseados nos custos. Gava (1998) fala que o sistema a ser utilizado depende de vários fatores destacando o clima, a natureza da matéria prima, as exigências do mercado quanto ao produto seco além de custos. As informações fundamentais para escolha do secador são quantidade, propriedades físico-químicas da matéria, especificações do produto seco, dados de secagem disponíveis, local, limites de temperatura, além de limitações comportamentais e construtivas do produto (ALONSO e PARK, 2005).

1.1 OBJETIVO GERAL

Esta pesquisa tem como Objetivo Geral estudar o desenvolvimento de um secador solar ativo para a secagem de frutos amazônicos, como por exemplo, banana pacovã, bacuri, cupuaçu e cacau.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conhecer o Estado da Arte: Identificar as tecnologias mais recentes e inovadoras no campo da secagem solar, possibilitando o desenvolvimento de um secador que esteja alinhado com as tendências e avanços tecnológicos mais atuais.
- Evitar Infrações de Patentes: Garantir que o desenvolvimento do secador solar não infrinja patentes existentes, evitando possíveis litígios legais e custos associados.
- Inspirar Novas Ideias: Analisar patentes pode fornecer *insights* valiosos e inspirar novas abordagens ou melhorias no design e funcionamento do secador solar.
- Avaliar a Viabilidade Comercial: Compreender o cenário de patentes pode ajudar a avaliar a viabilidade comercial do secador solar, identificando oportunidades de mercado e possíveis parcerias com detentores de patentes complementares.

1.3 JUSTIFICATIVA

A justificativa desta pesquisa consiste na crescente importância da sustentabilidade e da eficiência energética, particularmente no contexto da Amazônia. A região, rica em recursos naturais e com alta incidência solar, oferece um cenário ideal para o desenvolvimento e aplicação de tecnologias de secagem solar. A análise de patentes no campo de secadores solares no âmbito do WIPO permite identificar tendências de inovação, lacunas tecnológicas e oportunidades de

desenvolvimento. Além disso, ao entender o panorama da propriedade intelectual, pesquisadores e empresas podem orientar seus esforços para soluções tecnológicas que não apenas sejam eficientes, mas também estejam alinhadas com as exigências ambientais e de mercado, promovendo assim um avanço sustentável na região.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A busca de patentes é uma etapa crucial para assegurar que o desenvolvimento do secador solar ativo seja inovador, eficiente e comercialmente viável, contribuindo para o avanço tecnológico e a sustentabilidade na secagem de frutas tropicais na Amazônia Legal. Para realizar este estudo, adotou-se uma metodologia detalhada e estruturada, garantindo a precisão e a relevância dos resultados. A seguir, é apresentado a estratégia de busca, as classificações e palavras-chave utilizadas, a base escolhida para a pesquisa e a restrição dos anos de depósito.

2.1 ESTRATÉGIA DE BUSCA

A estratégia de busca foi delineada para obter informações abrangentes e atualizadas sobre técnicas de secagem, especificamente no contexto de secadores solares ativos. A busca foi realizada em bases de dados científicas e técnicas renomadas, visando identificar publicações relevantes, patentes e artigos com abordagem na eficiência térmica e a viabilidade técnica dos métodos de secagem.

2.2 BASE ESCOLHIDA PARA A BUSCA

A base de dados escolhida foi a *Patentscope*, gerenciada pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), foi escolhida por sua extensa coleção de documentos de patentes internacionais e ferramentas de busca avançadas. Estas características são fundamentais para uma análise comparativa entre diferentes jurisdições e estágios de desenvolvimento tecnológico.

A plataforma *Patentscope* oferece ferramentas de busca avançadas, incluindo a possibilidade de utilizar operadores booleanos, filtros por data, e a Classificação Internacional de Patentes (IPC), que são essenciais para refinar os resultados e acessar informações pertinentes com eficiência.

A credibilidade da *Patentscope*, atualizada diretamente pelas autoridades de patentes participantes, garante dados confiáveis e atualizados, essenciais para a análise de tendências e o mapeamento do estado da arte. A integridade e atualização constante dos registros são vitais para o estudo.

2.3 DELIMITAÇÃO TEMPORAL

A seleção de estudos e patentes publicados nos últimos 10 anos foi uma decisão intencional para capturar o avanço tecnológico e as mudanças significativas no campo da secagem solar. Esta delimitação temporal não só assegura a relevância das informações, mas também reflete a evolução das práticas e inovações, destacando as tendências emergentes e as soluções que estão moldando o futuro da secagem solar.

Focar nas inovações mais recentes permite uma análise direcionada à aplicabilidade prática e comercial, garantindo que as tecnologias identificadas sejam viáveis e implementáveis, especialmente na região amazônica, onde a secagem solar tem um potencial imenso devido à abundância de recursos solares.

2.4 CLASSIFICAÇÕES E PALAVRAS-CHAVE UTILIZADAS

A seleção de classificações e palavras-chave é um componente crítico na construção de uma metodologia de pesquisa robusta, especialmente em estudos que envolvem tecnologias patenteadas. Para este estudo, foi adotada uma abordagem multidimensional na escolha das palavras-chave, visando abranger todos os aspectos relevantes da secagem solar. As palavras-chave principais, como “Secagem de frutas tropicais”, “Secagem de frutos amazônicos”, “Secador solar”, e “Curva de secagem”, foram meticulosamente selecionadas para refletir tanto o escopo geográfico quanto as especificidades técnicas do campo de estudo.

Além disso, a integração das classificações da Classificação Internacional de Patentes (IPC) com as palavras-chave escolhidas permitiu uma busca refinada e direcionada, garantindo que a pesquisa capturasse as inovações mais relevantes e atuais. Esta estratégia de busca otimizada assegura que o estudo não apenas identifique as tecnologias existentes, mas também revele as tendências emergentes e as oportunidades de inovação dentro do nicho específico de secagem solar na região amazônica.

2.5 DEFINIÇÃO DOS CONCEITOS E CARACTERÍSTICAS RELEVANTES PARA A BUSCA

A definição precisa de conceitos e características é fundamental para o sucesso da pesquisa de patentes, pois orienta a busca e filtra os resultados mais pertinentes. Para este estudo, foram estabelecidas definições claras e abrangentes para conceitos-chave como “secagem solar”, “eficiência energética” e “sustentabilidade”, garantindo que cada termo refletisse as nuances e especificidades do campo de secagem solar. As características relevantes, como o tipo de tecnologia de secagem, a aplicação geográfica e o impacto ambiental, foram igualmente delineadas para assegurar que a busca capturasse patentes que não apenas se alinhassem com os objetivos do

estudo, mas também contribuíssem significativamente para o avanço das práticas sustentáveis na região amazônica. Abaixo segue os principais conceitos e características adotadas para a pesquisa:

- Secagem Solar: Processo de secagem utilizando a energia solar.
- Eficiência Energética: Capacidade de realizar a secagem com o mínimo de energia possível. Automação: Nível de automação no processo de secagem.
- Sustentabilidade: Impacto ambiental e alinhamento com práticas sustentáveis. Identificação das classificações relacionadas aos conceitos (amplas e restritas): Classificações amplas: F26B 3/00, A23B 7/00, F24J 2/00.
- Classificações restritas: F26B 3/28, A23L 3/46, F24S 10/75.
- Listagem das palavras-chave e sinônimos para cada conceito/característica: Secagem Solar: Solar drying, Sun drying, Solar energy drying.
- Eficiência Energética: Energy efficiency, Thermal efficiency, Heat utilization. Automação: Automation, Automatic control, Mechanization.
- Sustentabilidade: Sustainability, Environmental impact, Eco-friendly.

2.6 UTILIZAÇÃO DE TRUNCAGENS E OPERADORES BOOLEANOS

A eficácia da estratégia de busca em identificar patentes relevantes foi significativamente ampliada pelo uso criterioso de truncagens e operadores booleanos. Essas ferramentas de busca avançadas permitiram a inclusão de variações linguísticas dos termos “secagem solar” e “secador solar”, assegurando que todas as combinações possíveis fossem contempladas. A obrigatoriedade desses termos em qualquer truncagem garantiu que a pesquisa fosse focada e alinhada com o cerne do estudo, capturando uma gama abrangente de documentos pertinentes ao tema da secagem solar.

2.7 RESULTADOS DA BUSCA

A pesquisa foi ajustada utilizando diferentes combinações de palavras-chave e operadores booleanos, resultando em 33 resultados para "Solar drying" e "Automation". Outras combinações resultaram em:

- 59 resultados para "Solar drying" e "Drying time".
- 32 resultados para "Solar drying" e "Parameter control".
- 27 resultados para "Solar drying" e "Energy efficiency".
- 22 resultados para "Solar drying" e "Product quality".

Esses resultados evidenciam uma tendência crescente na investigação de sistemas de secagem solar automatizados, com ênfase na otimização do tempo de secagem, controle de parâmetros, eficiência energética e qualidade do produto final. A abordagem adotada proporciona

uma visão abrangente das inovações no campo da secagem solar, sublinhando a importância da sinergia entre tecnologia e sustentabilidade na região amazônica.

2.8 ANÁLISE DOS RESULTADOS

A busca de patentes foi realizada na base *Patentscope* (WIPO) utilizando diversas estratégias de pesquisa, combinando palavras-chave e classificações internacionais de patentes (CIP). A seguir, é apresentada uma análise detalhada dos resultados obtidos.

2.8.1 Estratégias de Busca Utilizadas

1. Combinação de Palavras-Chave:

- "Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying" AND (Automation OR "Automatic control" OR Mechanization):

Resultados: 33 patentes, sendo 30 localizadas na China e nenhuma no Brasil.

2. Busca Focada em Eficiência Energética:

- "Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying" AND ("Drying time" OR Duration OR "Time efficiency"):

Resultados: 59 patentes.

1. Eficiência Energética:

- "Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying" AND ("Energy efficiency" OR "Thermal efficiency" OR "Heat utilization"):

Resultados: 27 patentes.

3. RESULTADOS

Os resultados das buscas foram analisados e categorizados de acordo com as seguintes classificações:

- ("Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying") AND ("Energy efficiency" OR "Thermal efficiency" OR "Heat utilization") AND (Automation OR "Automatic control" OR Mechanization) AND (Sustainability OR "Environmental impact" OR "Eco-friendly").

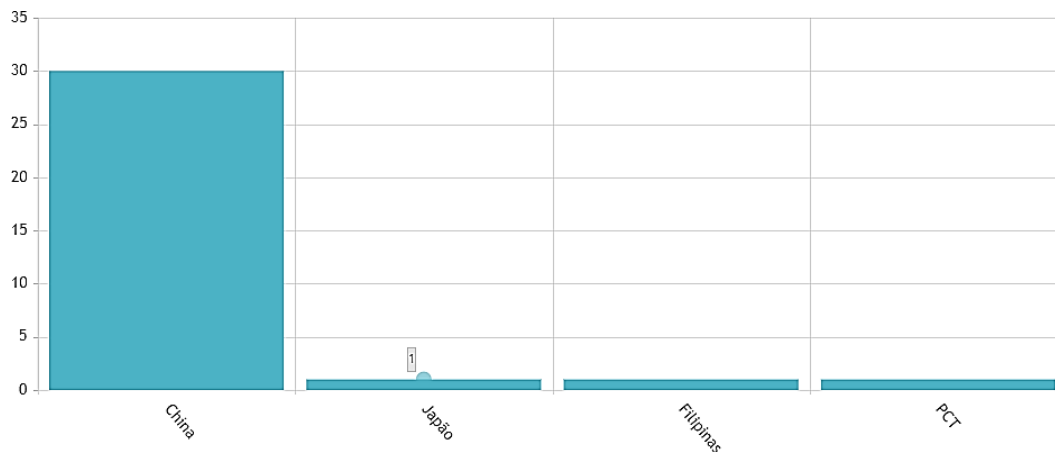
Com esta estratégia de pesquisa foi realizada a busca no site da WIPO, porém sem sucesso. Assim optou-se por outra estratégia, descrita abaixo:

- ("Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying") AND (Automation OR

"Automatic control" OR Mechanization).

Como essa estratégia obteve-se 33 resultados, sendo 30 localizados na China e nenhum no Brasil, conforme gráfico 1 apresenta.

GRÁFICO 1. Resultado da estratégia de busca.



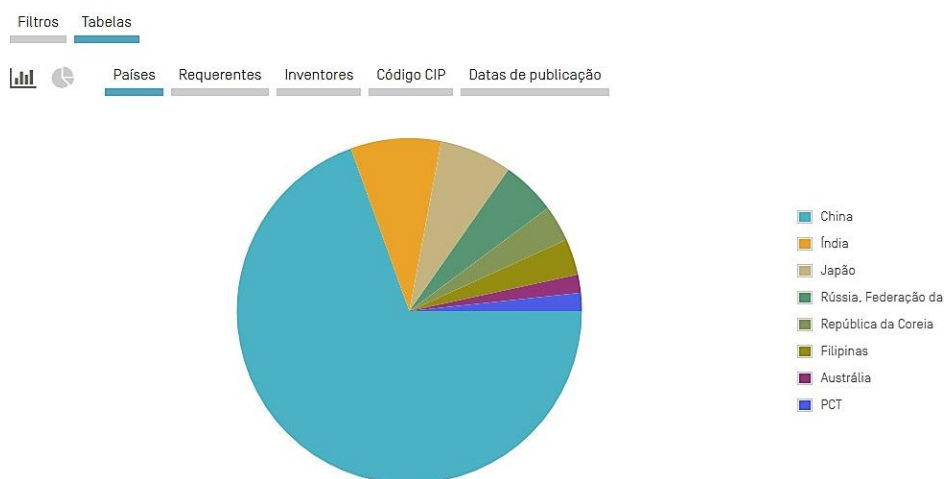
Fonte: WIPO (2024)

Como estratégia de pesquisa, também foi realizada a trucagem abaixo:

- ("Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying") AND ("Drying time" OR Duration OR "Time efficiency").

Com a modificação da estratégia foram obtidos 59 resultados que podem ser analisados no gráfico 2 que apresenta os CIP.

GRÁFICO 2. Resultado da estratégia da pesquisa por CIP.



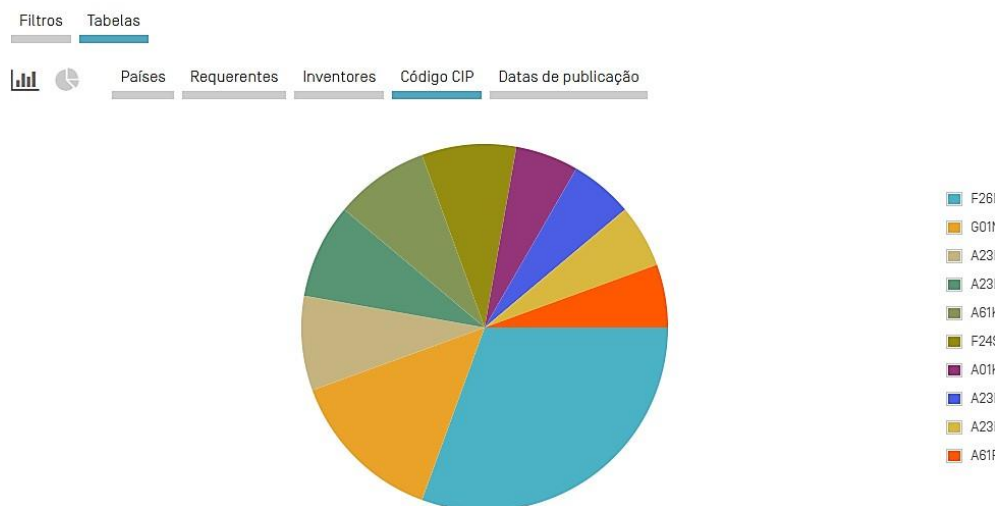
Fonte: WIPO (2024)

Pela estratégia descrita abaixo:

- FP ("Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying") AND ("Parameter control" OR Monitoring OR Regulation))

Neste caso foram obtidos 32 resultados conforme apresentado no gráfico 3.

GRÁFICO 3. Resultado da estratégia da pesquisa por CIP.

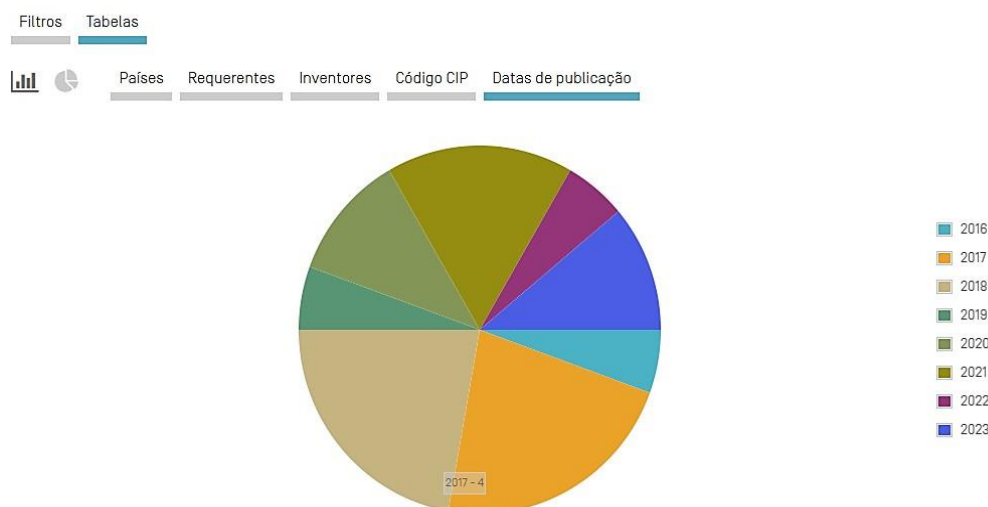


Pela estratégia descrita abaixo:

- FP ("Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying") AND ("Energy efficiency" OR "Thermal efficiency" OR "Heat utilization"))

Foram obtidos 27 resultados apresentado no gráfico 4 abaixo:

GRÁFICO 4. Resultado da estratégia por ano de publicação.

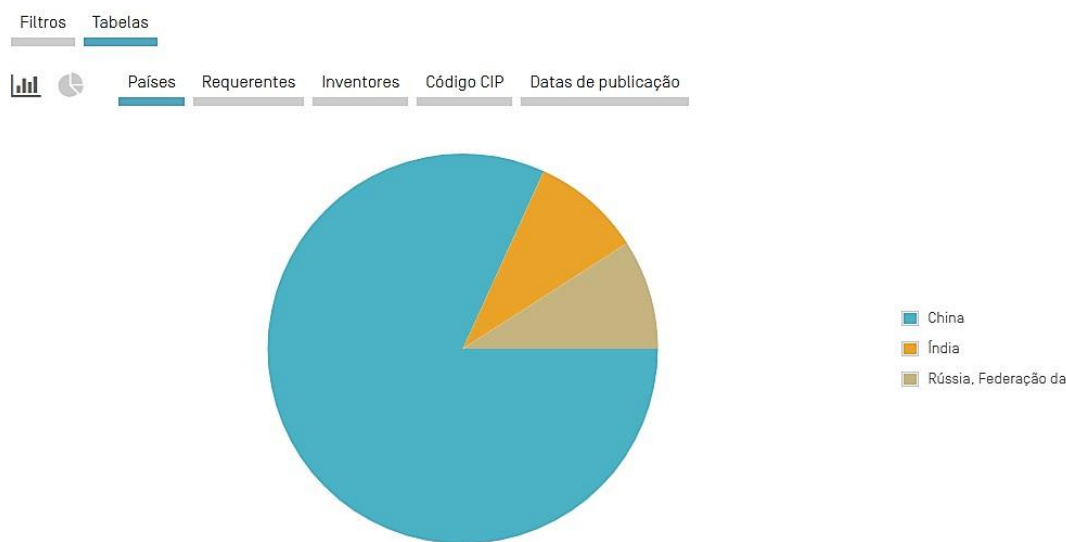


Pela estratégia descrita foi obtido novo resultado, conforme segue:

- FP (("Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying") AND ("Product quality" OR "Nutrient preservation" OR "Organoleptic properties"))

Obteve-se 22 resultados conforme gráfico 5 apresenta.

GRÁFICO 5. Resultado da estratégia de busca por país.



Fonte: WIPO (2024)

Notadamente, a China lidera em inovação e pesquisa relacionada a secadores solares, como evidenciado pelos maiores depósitos de patentes nessa área. De acordo com os resultados obtidos, a China possui um número expressivo de patentes registradas, tornando-se o país com o maior número de registros. No entanto, é interessante observar que o Brasil, apesar de ser um dos maiores produtores agrícolas do mundo e estar localizado em uma região privilegiada em relação à irradiação solar, ainda tem um baixo número de patentes registradas. Isso sugere uma oportunidade para pesquisas e inovações no desenvolvimento de equipamentos que utilizem energia solar para secagem de produtos alimentícios. A seguir, a tabela resumo é apresentada com os resultados das pesquisas e estratégia utilizada.

TABELA 1. Resumo dos Resultados obtidos com a metodologia aplicada.

Conceito	Definição	Classificações Amplas	Classificações Restritas	Palavras-Chave e Sinônimos	Combinação e Truncagens
Secagem Solar	Processo de secagem utilizando a energia solar	F26B 3/00, A23B 7/00, F24J 2/00	F26B 3/28, A23L 3/46, F24S 10/75	Solar drying, Sun drying, Solar energy drying	("Solar drying" OR "Sun drying" OR "Solar energy drying")
Eficiência Energética	Capacidade de realizar a secagem com o mínimo de energia possível	F26B 3/00	F26B 3/28	Energy efficiency, Thermal efficiency, Heat utilization	("Energy efficiency" OR "Thermal efficiency" OR "Heat utilization")
Automação	Nível de automação no processo de secagem	G05D 23/00	G05D 23/19	Automation, Automatic control, Mechanization	(Automation OR "Automatic control" OR Mechanization)
Tempo de Secagem	Duração necessária para secar completamente o produto	G01N 27/00	G01N 27/18	Drying time, Duration, Time efficiency	("Drying time" OR Duration OR "Time efficiency")

O resultado mais relevante em língua portuguesa foi encontrado conforme visualizado na figura 1 abaixo:

FIGURA 1. Resultado obtido na plataforma de busca de patentes da WIPO: *Patetectope*.

1. 102017002725 SISTEMA DE SECAGEM DE FRUTAS COM AQUECIMENTO SOLAR MONITORADO E CONTROLADO POR PLATAFORMA ELETRÔNICA				BR - 02.10.2018
CIP A23N 12	Nº do pedido 102017002725	Requerente INSTITUTO DE TECNOLOGIA E PESQUISA	Inventor AMÉLIA GAIA NASCIMENTO	
a presente invenção é um equipamento de baixo custo para a secagem de frutas através de aquecimento solar com controle e monitoramento do processo, utilizando plataforma eletrônica arduino. a invenção apresenta um novo conceito de controle de temperatura para os equipamentos de secagem de frutas de baixo custo, que não possuem qualquer tipo de controle de temperatura, através da utilização de secador solar, constituído por arduino, sensor de temperatura e umidade compatível com o arduino, ventoinhas (coolers), relé, cabos e conexões elétricas e alimentação dc 5-12v. os dispositivos são montados em uma placa de circuito impresso ou placa protoboard e conectados ao arduino já programado para papel de controle, formando o sistema eletrônico de controle. tal sistema é acoplado ao secador solar, com os sensores de temperatura e umidade distribuídos de maneira uniforme. o arduino gerencia a informação enviada pelos sensores acionando ou não os coolers com o uso do relé. os coolers são instalados nas aberturas do secador com função de forçar a entrada e saída de ar. o sistema tem como função a manutenção uniforme da temperatura padronizando assim o processo de secagem.				

Fonte: WIPO (2024)

A busca de patentes revelou um número significativo de inovações na área de secagem solar, especialmente na China. A ausência de patentes brasileiras destaca uma oportunidade para o desenvolvimento e registro de novas tecnologias no Brasil, particularmente na Amazônia. A utilização de secadores solares para frutas típicas da Amazônia, como a banana pacovã, o bacuri, o cupuaçu e o cacau, apresenta grande potencial para melhorar a sustentabilidade e eficiência na produção agrícola local.

O desenvolvimento de um secador solar ativo não só atende às necessidades dos pequenos agricultores, mas também promove práticas agrícolas mais sustentáveis, contribuindo para a conservação do meio ambiente e a redução de desperdício de alimentos. A colaboração com agricultores locais e a análise contínua de patentes existentes e novas podem impulsionar ainda mais a inovação nesta área vital para a economia e ecologia da região.

4. CONCLUSÕES

A pesquisa de patentes realizada na base *Patentscope* (WIPO) oferece uma visão abrangente das tecnologias disponíveis e das lacunas a serem preenchidas na área de secagem solar de frutas. O desenvolvimento de um secador solar ativo para a Amazônia é viável e pode trazer benefícios significativos para a sustentabilidade e eficiência agrícola. Continuar monitorando novas patentes e colaborando com agricultores locais será essencial para o sucesso e a inovação contínua nesta área.

A pesquisa aplicada em secagem solar promove eficiência energética e sustentabilidade, reduzindo o uso de energia elétrica e emissões de carbono. Facilita o desenvolvimento econômico local, melhora a competitividade agrícola e apoia a inovação tecnológica na região amazônica. Por fim, a pesquisa em secagem solar pode impulsionar a inovação tecnológica na região, estimulando a criação de novas soluções e melhorias contínuas, além de fortalecer a cadeia produtiva local e abrir novas oportunidades de emprego e capacitação em tecnologias verdes.

Os impactos da pesquisa aplicada em secagem solar e sua tecnologia no contexto do Amazonas são amplos e significativos. Primeiramente, a implementação dessa tecnologia pode contribuir para a redução do consumo de energia elétrica em processos industriais, promovendo uma maior sustentabilidade e eficiência energética. Isso é especialmente relevante em regiões tropicais como o Amazonas, onde a radiação solar é abundante e pode ser aproveitada de forma eficiente.

Além disso, a utilização de secagem solar pode diminuir a dependência de combustíveis fósseis, reduzindo a pegada de carbono das atividades produtivas. Esse fator, aliado à menor emissão de gases de efeito estufa, contribui para mitigar os impactos ambientais negativos, promovendo um desenvolvimento mais *eco-friendly* na região.

No âmbito econômico, essa tecnologia pode oferecer uma alternativa mais acessível para pequenos e médios produtores, especialmente na agricultura e processamento de alimentos, aumentando a competitividade e sustentabilidade das operações. Isso pode fomentar o desenvolvimento econômico local, ao mesmo tempo em que preserva os recursos naturais e contribui para a conservação ambiental.

Essa pesquisa nasceu dentro da iniciativa do “Observatório de Tecnologias Verdes para Amazonia” uma iniciativa que busca fomentar inovação tecnologia e concepção de soluções que combinem eficiência energética, sustentabilidade no desenvolvimento de tecnologias ambientalmente corretas. Esse projeto também visa difundir o conhecimento sobre a busca por informações de patentes relacionadas a tecnologias verdes. Um dos objetivos para trabalhos futuros é o desenvolvimento de um projeto conceitual inovador para um secador de frutas típicas da região amazônica como por exemplo cupuaçu, buriti e cacau que otimize o processo de secagem, seja barato e prático de ser utilizado por pequenos agricultores. A realização desse projeto não apenas contribuirá para avanços tecnológicos na área de secagem solar, mas também promoverá práticas mais sustentáveis e inovadoras no setor.

DECLARAÇÃO DE RESPONSABILIDADE

Os autores são os únicos responsáveis por este trabalho.

REFERÊNCIAS

- AGHBASHLO, Mortaza. *Exergetic simulation of a combined infrared-convective drying process*. Heat and Mass Transfer, 2016.
- BELESSIOTIS, V.; DELYANNIS, E. *Solar drying*. Solar Energy, v. 85, n. 8, p. 1665-1691, 2011.
- Boletim SEBRAE 2014. *O mercado de Cacau como oportunidade para os pequenos negócios*.
- FERREIRA, André Guimarães et al. *TECHNICAL FEASIBILITY ASSESSMENT OF AN ELECTRICAL DRYER FOR BANANA DRYING*, 22º International Congress of Mechanical Engineering. Ribeirão Preto-SP, Brasil, 2013.
- KARAGIANNIS, Nikos et al. *Drying kinetics of building materials capillary moisture*. Construction and Building Materials, v. 137, p. 441-449, 2017.
- KUMAR, Chandan; KARIM, M. A.; JOARDDER, Mohammad UH. *Intermittent drying of food products: A critical review*. Journal of Food Engineering, v. 121, p. 48-57, 2014.

PIRASTEH, G. et al. *A review on development of solar drying applications*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 31, p. 133-148, 2014.

PRAKASH, Om; KUMAR, Anil. Solar greenhouse drying: *A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 29, p. 905-910, 2014.

SREEKUMAR, A.; MANIKANTAN, P. E.; VIJAYAKUMAR, K. P. *Performance of indirect solar cabinet dryer*. Energy Conversion and Management, v. 49, n. 6, p. 1388-1395, 2008.

Vijayavenkata Raman, S.; INIYAN, S.; GOIC, Ranko. *A review of solar drying technologies*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 16, n. 5, p. 2652-2670, 2012