

Prospecção Tecnológica da Produção de Blocos de Gesso Reciclado

Technological Prospecting for the Production of Recycled Gypsum Blocks

Hugo Damião Barbosa Torres¹

Cristiane Xavier Galhardo¹

Isnaldo José de Souza Coêlho¹

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, PE, Brasil

Resumo

A crescente preocupação com a gestão dos resíduos sólidos urbanos, especialmente os da construção civil, impulsiona pesquisas sobre formas sustentáveis de reutilização. O gesso reciclado surge como alternativa devido às suas propriedades físico-químicas e sua abundância como subproduto na construção civil. O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo prospectivo da produção de blocos construtivos de gesso reciclado na construção civil. Foi empregada uma metodologia de prospecção tecnológica, abordando dados bibliométricos nas bases científicas no período de 2014 a 2024 (Capes e Web Science) e de patentes no período de 2009 a 2024 (INPI e Orbit®), para mapear tecnologias produzidas a partir dos resíduos de gesso reciclado. Os resultados indicam um crescente interesse no tema, fator este refletido no número de publicações e de patentes encontradas. Conclui-se que o gesso reciclado possui potencial de aplicação como sistema construtivo, promovendo a redução dos desperdícios e uma abordagem mais sustentável no setor.

Palavras-chave: Resíduo de Gesso; Reciclagem; Construção civil.

Abstract

The growing concern about the management of urban solid waste, especially that from construction, drives research into sustainable forms of reuse. Recycled gypsum appears as an alternative due to its physical-chemical properties and abundance as a by-product in construction. The objective of this work was to carry out a prospective study of the production of recycled gypsum building blocks in civil construction. A technological prospecting methodology was used, covering bibliometric data in scientific bases from 2014 to 2024 (Capes and Web Science) and patents from 2009 to 2024 (INPI and Orbit®), to map technologies produced from waste of recycled gypsum. The results indicate a growing interest in the topic, a factor reflected in the number of publications and patents found. It is concluded that recycled gypsum has potential for application as a construction system, promoting waste reduction and a more sustainable approach in the sector.

Keywords: Gypsum waste; Recycling; Civil construction.

Áreas Tecnológicas: Desenvolvimento de Produtos. Inovação. Prospecção Tecnológica



1 Introdução

A construção civil desempenha um papel crucial no crescimento econômico e social dos países, abrangendo diversas atividades, que vão desde a construção de edifícios, infraestrutura urbana, industrial, pontes e viadutos. Segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC, 2024), o setor da construção representa cerca de 3,2% do PIB nacional. Nesse cenário, a construção civil corresponde a 45,5% dos investimentos realizados no país empregando cerca de 2,9 milhões de trabalhadores com carteira assinada.

Segundo o *Anuário Não-Metálicos*, produzido pelo Ministério de Minas e Energia (MME, 2020), a produção de gesso nacional corresponde a 2,2% da produção mundial, colocando o Brasil no *ranking* dos 15 maiores produtores de gesso do mundo. O anuário ressalta ainda que o estado de Pernambuco é responsável por mais de 90% da produção no país (Polo Gesseiro do Araripe), reunindo em um só *cluster* cerca de 800 empresas, das quais, 140 são indústrias de calcinação, 49 são mineradoras e cerca de 600 são fabricantes de produtos pré-moldados de gesso. Os demais estados produtores são Maranhão, Ceará e Tocantins.

O crescente emprego do gesso na construção pode estar relacionado à sua versatilidade, o gesso é aplicado em revestimentos de paredes, tetos, elementos decorativos, placas para forros e *drywall*, ressaltando-se seu excelente desempenho, facilidade de aplicação e acabamento refinado (Bardella, 2011). O Sindicato da Indústria do Gesso de Pernambuco (Sindugesso, 2007) reporta um crescimento anual notável de cerca de 8% na indústria gesseira nacional. Esse aumento é atribuído, principalmente, à adoção de sistemas construtivos alternativos, ao custo acessível do gesso e à qualidade das jazidas de gipsita no Brasil (Pinheiro, 2011).

O setor da construção civil representa um significativo consumidor de recursos naturais e energéticos, acarretando uma considerável geração de resíduos e impactos ambientais negativos. Diante disso, torna-se necessário que a indústria da construção se adapte ao novo paradigma de desenvolvimento econômico global, priorizando a sustentabilidade do setor. Essa demanda requer uma colaboração mais estreita entre os diferentes segmentos industriais que compõem as cadeias produtivas fornecedoras de insumos para a construção civil (Pinheiro, 2011).

Com o aumento na produção de resíduos sólidos, impulsionada pelo crescimento econômico global, destaca-se a importância da valorização e da reciclagem desses resíduos (Pinto, 1989). Dentro da complexa cadeia produtiva da construção civil, o gesso se destaca como um recurso com grande potencial para promover a sustentabilidade na indústria da construção. Isso se deve ao seu baixo consumo energético durante o processo de produção e à viabilidade de reciclagem dos resíduos gerados nessa cadeia produtiva (John; Cincotto, 2003).

De acordo com o Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama, 2011), em sua Resolução n. 431/2011, o gesso é considerado um resíduo da construção civil de classe B, ou seja, reciclável. Contudo, as características físico-químicas dos resíduos de gesso exigem cuidados especiais na sua disposição final, devido ao seu potencial tóxico, à liberação de gases inflamáveis, ao risco de contaminação do solo e do lençol freático, bem como em razão das limitações de uso em agregados reciclados oriundos dos resíduos da construção civil (John; Cincotto, 2003).

A experiência internacional demonstra a viabilidade da reciclagem dos resíduos de gesso, prática já adotada nos EUA e na Europa. No Brasil, no entanto, essa aplicação ainda é incipiente, com poucas empresas e pesquisas científicas pioneiras no assunto. A fabricação de

blocos recicláveis a partir do resíduo do gesso se mostra viável e sustentável, visto que, com a reutilização desses resíduos na cadeia produtiva, evita-se o descarte em locais inadequados, contribuindo para a preservação do meio ambiente e reduzindo a necessidade de extrair novos recursos naturais (Grassi, 2018).

Outro fator a ser destacado é que os resíduos de gesso possuem a capacidade de serem reciclados várias vezes, mesmo existindo algumas propriedades que o distinguem do gesso comercial, que, muitas vezes, apresenta desafios em sua aplicabilidade. Estudos realizados por Pinheiro (2011) e Bardella (2011) demonstraram que, desde o primeiro ciclo de reciclagem, as pastas com reboco de gesso reciclado oferecem uma redução substancial da trabalhabilidade em comparação com um gesso comercial, utilizando a mesma relação água/gesso. Esse fenômeno ficou evidenciado também por meio do *mini-slump test* em pastas do gesso reciclado, que não apresentavam espalhamento (Santana *et al.*, 2019). De forma semelhante, verificou-se esse comportamento tanto reduzindo a consistência do material, quanto diminuindo sua fluidez, fato que geralmente está relacionado com o aumento da finura do material reciclado e do teor de impurezas.

Devido às significativas perdas resultantes da aplicação do gesso na construção civil, torna-se necessário estudar as propriedades desse material desperdiçado, bem como implementar processos e métodos de reaproveitamento na cadeia produtiva. A busca por inovações tecnológicas no setor, aliada à crescente consciencialização da reciclagem de materiais e à preservação dos recursos naturais, justifica a realização deste trabalho, o que permitirá um direcionamento de futuros projetos nessa área, além de identificar oportunidades e de avaliar possíveis parcerias no desenvolvimento de novas soluções com o propósito de implementar elementos construtivos a partir desses resíduos.

Logo, o objetivo deste trabalho é realizar um estudo prospectivo da produção de blocos/elementos de gesso reciclado em nível global. Com isso, pretende-se examinar as principais soluções existentes com a utilização de gesso reciclado na construção civil, fornecendo subsídios para novas pesquisas e para o desenvolvimento de soluções construtivas inovadoras com o emprego desses resíduos. Além disso, busca-se contribuir com a redução do descarte inadequado dos resíduos urbanos, bem como para desenvolvimento econômico, ambiental e social das regiões produtoras.

2 Metodologia

Este trabalho trata-se de uma prospecção tecnológica realizada por meio de buscas em bases científicas e tecnológicas, com o intuito de realizar um mapeamento sobre a produção de componentes de gesso reciclado a partir da logística reversa na cadeia produtiva. Para isso, foi utilizada uma metodologia qualitativa e quantitativa com objetivo exploratório, na qual foram realizadas buscas e análises bibliométricas referentes à produção de bloco de gesso reciclado em âmbito global devido à elevada quantidade de resíduos gerados na cadeia da construção civil.

Para os levantamentos bibliométricos, utilizou-se as bases científicas do Portal da Capes e a base da Web of Science, por meio do acesso à CAFE da Universidade Federal do Vale do São Francisco. Para as buscas de patentes, em nível nacional, foi utilizado o banco de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), órgão responsável pelo registro de patentes

no Brasil. No cenário internacional, foi consultada a base de patentes do Orbit®, por se tratar de uma reconhecida plataforma que permite o acesso a uma vasta coleção de informações sobre patentes, além de apresentar ferramentas auxiliares que facilitam a análise dos resultados.

Como parâmetro de busca, foram elaborados grupos de palavras-chave relacionadas ao tema e utilizados operadores lógicos “AND” (para características da tecnologia) e “OR” (para sinônimos ou palavras de sentido equivalente), bem como foi empregado o recurso de truncagem com o caractere asterisco “*”, o que permitiu recuperar palavras com o mesmo radical e seus plurais. Neste estudo, foram utilizadas as seguintes combinações de palavras, nos idiomas português e inglês: “gesso reciclado”, “bloco de gesso” e “construção civil”, possibilitando a busca de dados mais relevantes relacionados ao tema, contribuindo para uma melhor análise qualitativa dos resultados.

Vale ressaltar que, entre a elevada quantidade de documentos encontrados (artigos e patentes), foram revisados somente aqueles que possuíam relação mais próxima com o estudo, principalmente, os Grupos 2 e 3 da Tabela 1, facilitando a análise dos dados.

No processo de busca, foram utilizadas estratégias similares tanto para as bases científicas (Portal da Capes e Web of Science), quanto para as bases de patentes (INPI e Orbit®). Nas bases científicas, buscou-se por artigos focando nos termos e nas palavras-chave presentes nos títulos e nos resumos. Já nas bases de patentes, foi utilizado o mesmo critério, ampliando-se a busca para os termos nos títulos, resumos e reivindicações. Para as patentes, estabeleceu-se um período de 20 anos a fim de recuperar o maior número de tecnologias relacionadas com gesso reciclado, garantindo, assim, que o produto em estudo possui potencial inovador (de 2004 a 2024), enquanto para as bases científicas, restringiu-se a busca a um período de 10 anos a fim de delimitar a janela temporal para otimizar as análises de todos os documentos (de 2014 a 2024).

A busca bibliométrica permitiu uma análise mais abrangente sobre a utilização do gesso reciclado e suas diversas aplicações na construção civil. Neste estudo, foram identificados produtos tecnológicos inovadores, incluindo sistemas construtivos alternativos, processos de reciclagem, estudos de caracterização das propriedades físicas, mecânicas e físico-químicas, com foco na produção de componentes de gesso reciclado, visando aprimorar a qualidade e a viabilidade do uso desses materiais na produção de elementos alternativos na construção civil.

A partir dos resultados encontrados nas buscas, realizou-se, primeiramente, uma análise qualitativa de artigos e de pedidos de patentes com a leitura dos títulos para, posteriormente, fazer uma avaliação mais criteriosa do conteúdo integral dos documentos.

3 Resultados e Discussão

O parâmetro de escolha das palavras-chave se deu ampliando o espectro inicialmente, procedendo ao ajuste de foco para que se encontrassem somente artigos e patentes relacionados ao tema pesquisado. Para uma melhor visualização dos dados, os conjuntos de palavras-chave foram separados em três grupos e nomeados, conforme discriminado na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros da busca

CLASSE/ESPECIFICIDADE	PALAVRAS-CHAVE
Grupo 1	(Gesso OR Gypsum OR Plaster*) AND (Recicl* OR Recycl*)
Grupo 2	(Bloc* OR Block*) AND (Gesso OR Gypsum OR Plaster*) AND (Recicl* OR Recycl*)
Grupo 3	(Bloc* OR Block*) AND (Gesso OR Gypsum OR Plaster*) AND (Recicl* OR Recycl*) AND (Construção civil OR Civil Construction)

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Tabela 2 – Resultados das buscas de patentes e de artigos científicos

PALAVRAS-CHAVE	ARTIGOS		PATENTES	
	CAPEs	WEB OF SCIENCE	INPI	ORBIT®
(Gesso OR Gypsum OR Plaster*) AND (Recicl* OR Recycl*)	90	1225	11	7780
(Bloc* OR Block*) AND (Gesso OR Gypsum OR Plaster*) AND (Recicl* OR Recycl*)	14	67	2	1505
(Bloc* OR Block*) AND (Gesso OR Gypsum OR Plaster*) AND (Recicl* OR Recycl*) AND (Construção civil OR Civil Construction)	9	17	1	16

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Conforme apresentado na Tabela 2, a primeira busca foi feita utilizando o Grupo 1 de palavras-chave, que engloba os termos (Gesso, *Gypsum* e *Plaster**) e (*Recicl**, *Recycl**), tanto nas bases científicas, quanto nas bases de patentes. Para as bases científicas, foram encontrados 90 artigos no Portal da Capes e 1.225 na base da Web of Science. No tocante às patentes, foram recuperados 11 registros na base do INPI e 7.780 na base Orbit®. Mesmo representando uma quantidade considerável de dados, pelo potencial que o gesso exerce na indústria construção civil, esperava-se um número maior de artigos e de patentes. Quanto às discrepâncias de resultados entre as bases pesquisadas, estas podem estar relacionadas às diferenças de abrangência de cada base, visto que foram utilizados os mesmos critérios de busca.

Dessa forma, foi criado o Grupo 2 de palavras-chave, adicionando-se os termos (*Bloc** e *Block**) à lista anterior. Como já era esperado, para esse conjunto de palavras-chave, houve uma redução significativa no número de dados recuperados, sendo encontrados 14 no portal de periódicos da Capes e 67 na base da Web of Science. Com relação às buscas de patentes, foram encontrados dois registros na base do INPI e 1.505 na base do Orbit®. Entre as patentes pesquisadas, 658 foram concedidas, 624 expiraram (patentes que foram revogadas, entraram em “domínio público” por transcurso de tempo ou por não pagamento da anuidade) e 223 estão pendentes de análise. Com isso, demonstra-se que a pesquisa científica e o desenvolvimento tecnológico de produtos utilizando gesso reciclado são opções viáveis, principalmente pelo número de patentes pendentes, que indicam produtos tecnológicos desenvolvidos nos últimos anos.

Feita uma análise superficial dos títulos dos artigos e patentes, percebeu-se que muitos deles estavam relacionados ao tema estudado, porém, o número de informações disponíveis ainda era expressivo para uma análise mais específica do conteúdo integral dos documentos. Então, para

refinar as buscas em artigos e patentes que estivessem diretamente relacionados com o bloco de gesso reciclado, foi criado o Grupo 3 de palavras-chave, adicionando as palavras (Construção civil e *Civil construction*) ao conjunto de palavras-chave existente. Esse refinamento resultou em uma redução no número de documentos em relação ao Grupo 2, sendo recuperados nove artigos no Portal da Capes e 17 na base da Web of Science. Quanto ao número de patentes, foram encontradas 16 na base Orbit® e um registro na base do INPI.

A existência de um registro de patente na base do INPI na busca do Grupo 3 pode ser justificada pela sua limitação de dados de patentes em comparação às outras bases globais. Enquanto a pesquisa por produtos tecnológicos no INPI concentra principalmente em patentes residentes no Brasil, o Orbit®, por exemplo, oferece acesso a milhões de documentos de patentes de diversas regiões do mundo, incluindo Estados Unidos, Europa, Japão, China, Brasil, entre outros. Portanto, dependendo do escopo da pesquisa, os pesquisadores podem complementar a busca no INPI com outras fontes de informação para obter uma visão mais abrangente do estado da arte em determinada área de interesse.

Prosseguindo com a análises dos documentos do Grupo 3, foram selecionados os artigos e as patentes que possuíam títulos e resumos relacionados ao desenvolvimento de produtos, processos ou métodos que estivessem diretamente ligados com a produção de bloco de gesso reciclado. Os títulos de trabalhos ou patentes que indicavam que o gesso reciclado não era o tema principal do trabalho foram desconsiderados.

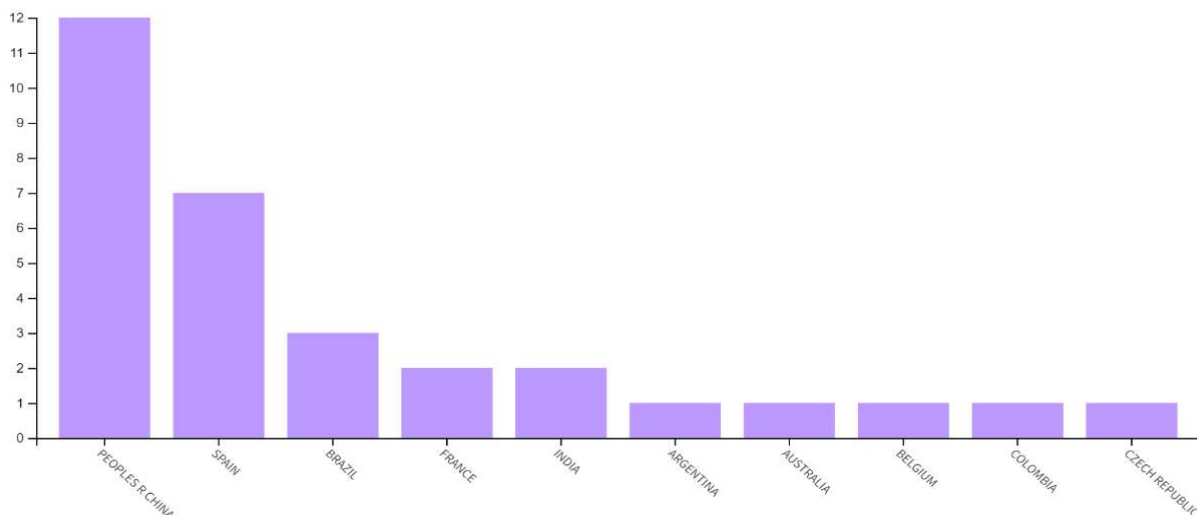
Para o Grupo 3 de palavras-chave, foram analisados os títulos e resumos dos 26 artigos selecionados nas buscas, e foi possível constatar vários estudos e experimentos de caracterização dos resíduos de construção e demolição gerados na construção civil para fins de comprovação das propriedades técnicas e viabilidade econômicas em relação aos elementos convencionais, como concreto, cerâmica, cimento, gesso, papel, entre outros. Com relação à abordagem científica da produção de blocos e/ou elementos com gesso reciclado, embora haja uma quantidade considerável de pesquisas sobre o tema, é importante ressaltar que existe certa carência de elementos produzidos exclusivamente com a utilização de gesso reciclado como elemento construtivo na construção civil. Isso sugere que, embora as propriedades e os potenciais benefícios do gesso reciclado sejam reconhecidos, sua aplicação direta na produção de produtos e de elementos construtivos alternativos ainda não é tão comum ou explorada como poderia ser.

Dos artigos científicos analisados, destaca-se o trabalho desenvolvido por Santana *et al.* (2019), no qual os autores realizaram um processo de reciclagem físico-química do resíduo de gesso em escala industrial, com o material desenvolvido caracterizado como pó e pasta. Como resultado, foram confeccionados blocos com o material de gesso reciclado para serem utilizados em paredes de alvenaria de vedação, tendo, em alguns casos, obtido resultados satisfatórios e superiores aos blocos convencionais de gesso. Isso demonstra a viabilidade da produção de blocos de gesso reciclado que podem ser implementados como sistema construtivo na indústria da construção civil.

De acordo com o Gráfico 1, observa-se que nos últimos anos diversos países têm se destacado na publicação de documentos científicos relacionados ao tema, com destaque para China, Espanha, Brasil, França, Bélgica, Argentina, Austrália e Bélgica. Isso revela que esses países estão investindo nas áreas de pesquisa e de tecnologia voltadas para a melhoria da eficiência na produção de materiais de construção mais sustentáveis. Esses esforços podem incluir a exploração de novos métodos/técnicas de produção e o desenvolvimento de tecnologias inovadoras para a indústria da construção. Destaca-se ainda que a relevância dos recursos disponíveis em muitos desses países, que possuem grandes reservas ou são expressivos produtores de gesso, podem ter contribuído para o avanço dos estudos e das pesquisas voltados para a reciclagem dos resíduos de gesso.

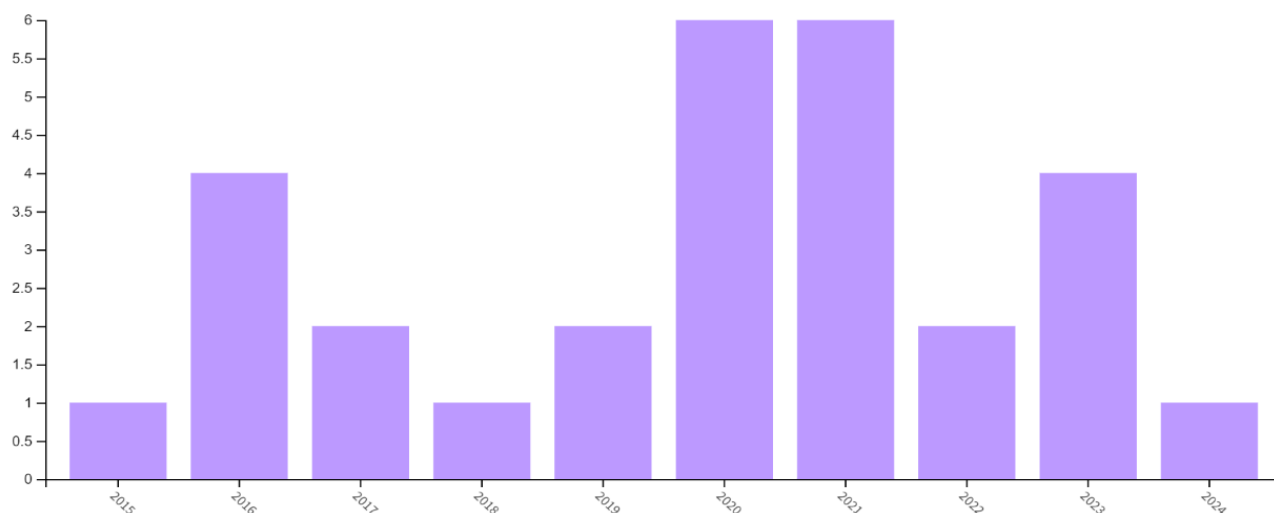
Para o período analisado (2015 a 2024), observou-se que houve flutuações no número de publicações científicas sobre o tema, conforme mostrado no Gráfico 2. Entre os possíveis fatores, os crescimentos podem estar relacionados ao crescimento inicial de interesse na pesquisa sobre a temática devido a um aumento na conscientização sobre questões ambientais e à identificação de novas oportunidades de pesquisa nessa área. Sobre as quedas sucessivas, pode ser devido à redução no financiamento para projetos de pesquisa, direcionamento de esforços para outras áreas de estudo ou mudanças nas prioridades de pesquisa. Uma possível explicação para a queda em 2022 poder ter sido a interrupção causada por eventos externos, como a pandemia de Covid-19, que pode ter afetado a condução de pesquisas e a publicação de artigos científicos em todas as áreas. O aumento em 2023 pode refletir ainda a recuperação da pesquisa após a pandemia de Covid-19, juntamente com um renovado interesse em questões ambientais e sustentabilidade. A queda em 2024 pode ser atribuída a diversos fatores, incluindo a conclusão de projetos de pesquisa específicos, mudanças nas prioridades de financiamento ou uma redução temporária no interesse da comunidade científica em pesquisa sobre gesso reciclado.

Gráfico 1 – Publicações científicas por país referentes ao tema nos últimos anos (10 maiores)



Fonte: Adaptado pelos autores deste artigo com dados da Web of Science (2024)

Gráfico 2 – Evolução temporal de publicações científicas por país nos últimos anos (10 maiores)



Fonte: Adaptado pelos autores deste artigo da Web of Science (2024)

A Tabela 3 mostra as patentes recuperadas que estão depositadas no INPI de acordo com o que está descrito na Tabela 2.

Tabela 3 – Patentes registradas no INPI e recuperadas de acordo com as palavras-chave da Tabela 2

PEDIDO	DATA DO DEPÓSITO	TÍTULO	RESIDENTE OU NÃO RESIDENTE
BR 10 2020 025966 0	18/12/2020	Processo de fabricação e gesso acartonado a partir da reciclagem do resíduo de gesso sem o processo de calcinação	Residente
BR 20 2018 007178 0	09/04/2018	Método de reciclagem do resíduo de gesso beta proveniente da indústria, sob baixo consumo energético, com vistas à fabricação de pré-moldados de gesso	Residente
BR 10 2014 003868 0	19/02/2014	Processo de reciclagem dos resíduos de gesso e <i>drywall</i> oriundos da construção civil em produto resultante para reutilização na indústria de fertilizantes	Residente
BR 10 2013 020052 2	07/08/2013	Composição e processo para obtenção de placa de gesso e congêneres a partir de reciclados	Residente
BR 20 2013 002762 1	02/01/2013	Bloco de gesso reciclado ecológico para construção de paredes ou divisórias destinadas a construção civil composto de gesso reciclado proveniente da construção civil	Residente
BR 10 2012 033800 9	20/12/2012	Processo de reciclagem de resíduo de gesso proveniente da construção civil para fins da construção civil	Residente
BR 20 2012 027987 3	31/10/2012	Processo de reciclagem de resíduos de gesso	Residente
PI 1102083-0	03/05/2011	Método para reciclagem dos resíduos de gesso nos canteiros de obra	Residente

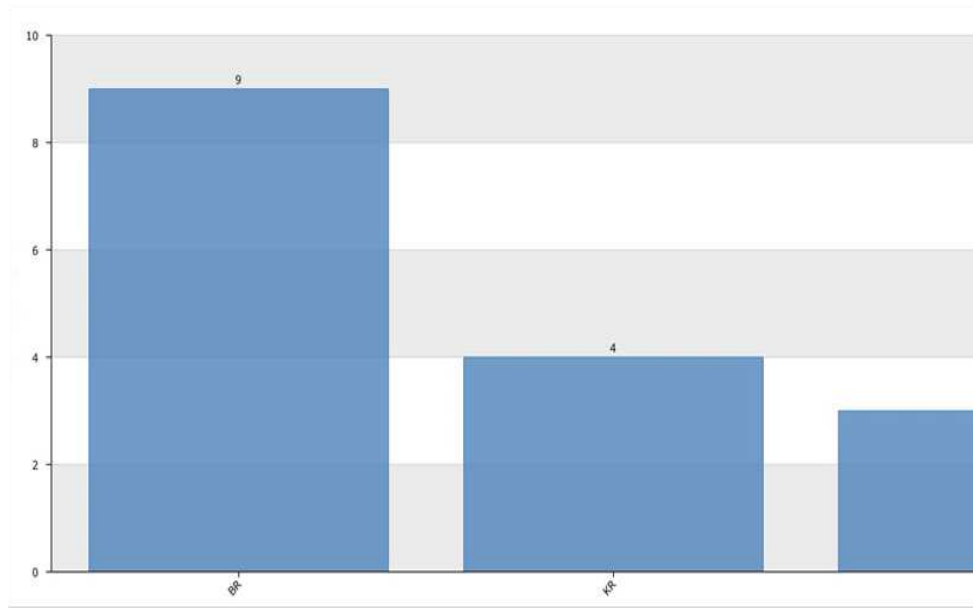
Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2024)

Quanto aos resultados prospectados na base do INPI, observou-se uma diversidade de abordagens inovadoras focadas na sustentabilidade e na eficiência. Conforme mostrado na Tabela 3, das patentes encontradas, destacam-se os seguintes produtos tecnológicos: BR 10 2020 025966 0, que trata de processos de fabricação de gesso acartonado a partir de resíduos sem a etapa de calcinação, o que pode reduzir o consumo de energia e custos; e BR 20 2018 007178 0, método de reciclagem de gesso beta com baixo consumo energético para a fabricação de pré-moldados, refletindo um interesse crescente em técnicas mais ecológicas. As demais patentes, como a BR 10 2014 003868 0 e a BR 20 2013 002762 1, exploram a reutilização de resíduos de gesso para criar produtos, como blocos reciclados para construção civil, promovendo uma economia circular e reduzindo a necessidade de novos recursos. A patente BR 10 2013 020052 2 e a patente BR 20 2012 027987 3 destacam processos específicos para a obtenção de placas de gesso e outros produtos a partir de materiais reciclados, enquanto a PI 1102083-0 foca na reciclagem direta de resíduos nos canteiros de obra, facilitando a reutilização imediata. Diante do exposto, os resultados demonstram um avanço significativo em práticas sustentáveis, com o intuito de promover a redução de impactos ambientais, a otimização dos processos de reciclagem e a reutilização na indústria da construção civil, bem como a criação de novas alternativas construtivas que possam ser implementadas na cadeia da construção frente aos desafios enfrentados pelo setor. Deve-se salientar que o número de patentes recuperadas no INPI (Tabela 2) é maior que o número de patentes apresentadas na Tabela 3. Isso se deve pela repetição de tecnologias em decorrência do uso das palavras-chave.

Com relação às patentes analisadas no Grupo 3, os resultados revelaram uma variedade de situações em relação ao *status* atual dessas patentes (Gráfico 3). Dos 16 documentos examinados, cinco foram concedidos, indicando que essas inovações foram oficialmente reconhecidas e protegidas pelo órgão competente. Por outro lado, cinco patentes caducaram devido à falta de pagamento de taxas ou outras razões. Além disso, duas patentes expiraram, o que significa que o período de proteção concedido inicialmente chegou ao fim. Por fim, quatro patentes estão pendentes de análise, isto é, estão em processo de avaliação e ainda não receberam uma decisão final.

Com esses resultados, é possível destacar algumas tendências importantes, por exemplo, entre as patentes analisadas no Grupo 3, observou-se que a maioria foi concedida despertando para um ambiente propício para a inovação e o desenvolvimento de novas tecnologias relacionadas ao gesso reciclado. No entanto, a quantidade de patentes caducadas e revogadas também indica desafios e obstáculos enfrentados por seus detentores nesse campo, como a necessidade de manutenção contínua, questões de validade ou possíveis disputas legais. Além disso, a presença de patentes pendentes de análise ressalta a importância do tempo e do processo administrativo envolvidos na obtenção de proteção de propriedade intelectual. Essas patentes podem representar inovações futuras ainda que estejam em fase de desenvolvimento ou aguardando uma decisão final dos órgãos competentes. Em resumo, a análise dos resultados das patentes no Grupo 3 fornece valiosas informações sobre o estado atual da inovação nesse campo, destacando áreas de sucesso, desafios e potencial futuro. Essas informações podem orientar estratégias futuras de pesquisa, desenvolvimento e proteção de propriedade intelectual nesse domínio específico.

Gráfico 3 – Distribuição de patentes por *status* legal

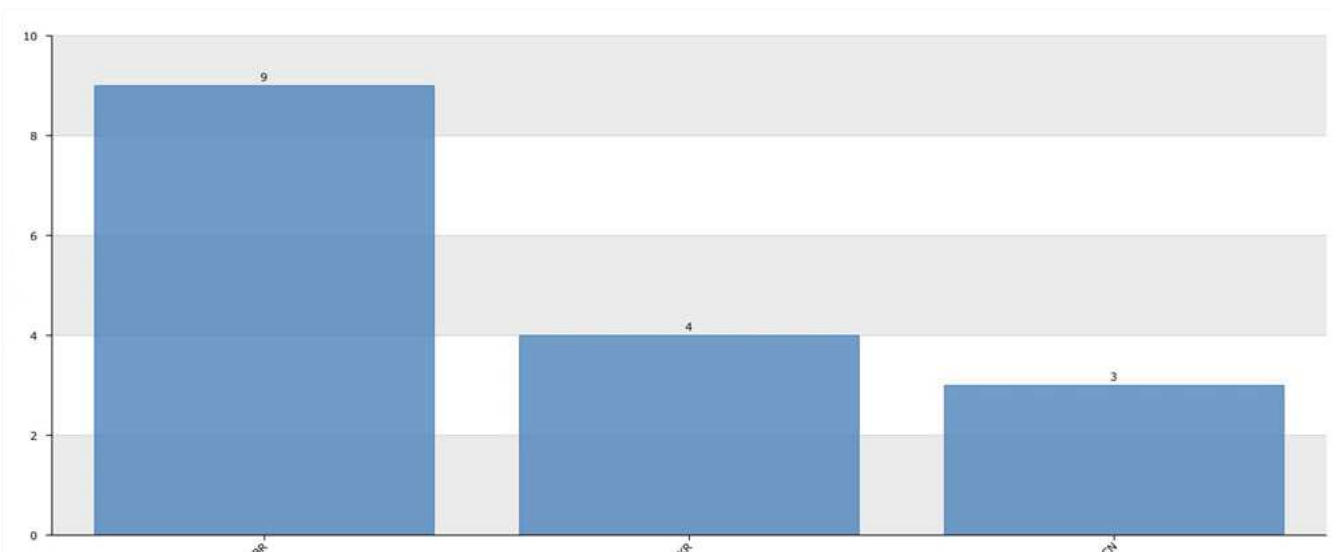


Fonte: Adaptado pelos autores deste artigo com dados do Orbit® (2024)

O Gráfico 4 ilustra a distribuição das patentes entre os países depositantes, com destaque para o Brasil, com nove patentes depositadas, seguido pela Coreia do Sul, com quatro patentes e China com três patentes. Nesse escopo, o Brasil lidera no quantitativo de tecnologias desenvolvidas, seguida pela República da Coreia com quatro patentes e China com três patentes.

Os resultados indicam uma distribuição global diversificada de inovações relacionadas ao gesso reciclado, com diferentes países contribuindo de maneira significativa para o avanço desse campo. A liderança do Brasil, seguida por outros países como República da Coreia e China, reflete a natureza global da pesquisa e do desenvolvimento nesse domínio e destaca a importância da colaboração internacional para impulsionar a inovação e a sustentabilidade nessa indústria.

Gráfico 4 – Distribuição de patentes por países depositantes

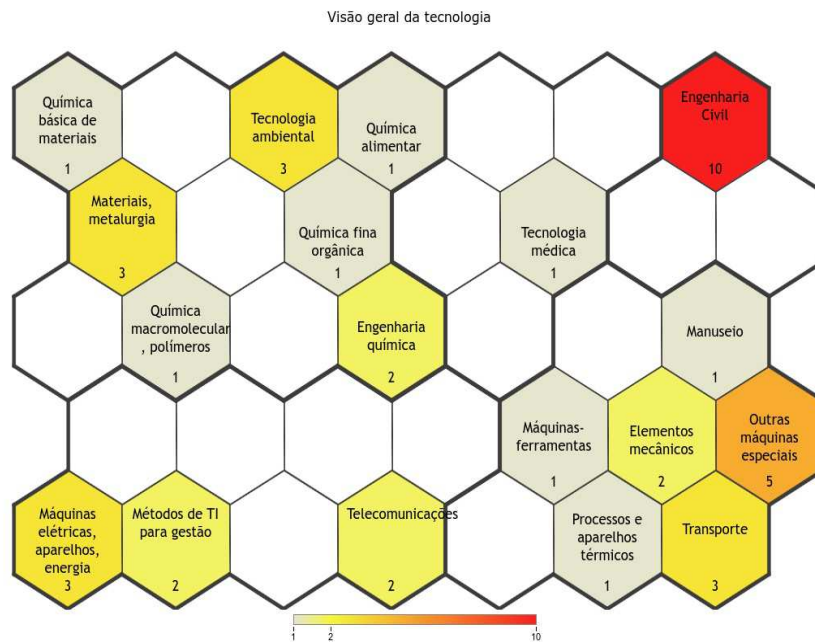


Fonte: Adaptado pelos autores deste artigo com dados do Orbit® (2024)

Entre os produtos tecnológicos encontrados no Orbit®, com relação direta com o produto de estudo, destacam-se os seguintes: Processo de fabricação de gesso acartonado a partir da reciclagem do resíduo de gesso sem o processo de calcinação (BR10 2020 025966 0); Reutilização de resíduos de pedras ornamentais na fabricação de blocos de gesso sustentáveis (BR 10 2020 024820 0); Método de reciclagem do resíduo de gesso beta proveniente da indústria, sob baixo consumo energético, com vistas à fabricação de pré-moldados de gesso (BR20 2018 007178 0); Processo de reciclagem dos resíduos de gesso e *drywall* oriundos da construção civil em produto resultante para reutilização na indústria de fertilizantes (BR 10 2014 003868 0); Processo de reciclagem de resíduo de gesso proveniente da construção civil para fins da construção civil (BR 10 2012 033800 9); Processo de reciclagem de resíduos de gesso (BR 20 2012 027987 3); Processo de reciclagem de resíduos de gesso (BR 20 2012 027987 3); Bloco de areia, cimento e resíduos de gesso para construção civil (MU 8601663-6); Gesso placa de gesso molhada desperdício sistema de reciclagem (CN116159840); Unidades de construção em forma de tijolos, blocos ou ladrilhos feitos de materiais recicláveis e subprodutos, método de fabricação das unidades de construção e sua utilização (EP3377460); A prova de fogo placa de gesso preparada por edifício de reciclagem gesso (CN220377585); Placas de fibras de gesso e seu processo de fabricação (WO99/52836); e Elemento de construção compreendendo bloco com buracos (DE4432387).

Conforme mostrado no Gráfico 5, nota-se que a maior parte das tecnologias relacionadas com as patentes encontradas refere-se a materiais e à metalurgia, que engloba tecnologias relacionadas aos materiais, como métodos de processamento, composição e aplicação de materiais, processos de fabricação de produtos relacionados a materiais de gesso reciclado; Tecnologia ambiental, indicando a inovação com tecnologias sustentáveis relacionadas aos resíduos de gesso; Engenharia química, que abrange tecnologias relacionadas à manipulação química e processos de transformação envolvidos na produção e reciclagem de resíduos de gesso; Engenharia civil, refletindo a aplicação de tecnologias relacionadas à engenharia civil na utilização de gesso reciclado na construção e em outros projetos de engenharia, incluindo métodos de construção, técnicas de integração de materiais; Outras máquinas especiais, que incluem tecnologias relacionadas a máquinas e equipamentos especializados utilizados no processamento, na manipulação e na fabricação de produtos de gesso reciclado; Máquinas elétricas, aparelhos e energia, que se trata de tecnologias relacionadas à eletricidade, máquinas e sistemas de energia utilizados em processos industriais e aplicativos relacionados a resíduos de gesso reciclado; Máquinas-ferramentas, processos e aparelhos térmicos, indicando o uso de tecnologias térmicas em processos de tratamento e transformação de resíduos de gesso, destacando a importância do controle de temperatura e processos térmicos na reciclagem eficaz desses materiais.

Gráfico 5 – Distribuição de tecnologias entre as patentes encontradas



Fonte: Adaptado pelos autores deste artigo com dados do Orbit® (2024)

4 Considerações Finais

O estudo possibilitou observar um cenário global no que se refere à produção de componentes de gesso reciclado, elementos construtivos no mercado da construção civil. Pode-se observar um crescente interesse no avanço em pesquisas nessa área ao longo dos anos. A preocupação ambiental tem impulsionado a exploração de novos usos para os resíduos de gesso, incluindo sua incorporação em cimento Portland na produção de placas de gesso acartonado, produção de blocos/componentes de gesso reciclado, métodos e processo de reciclagem, entre outros. Nesse cenário, a China se destaca em pesquisas e desenvolvimento tecnológico para o setor, seguida pelo Brasil, o que reflete o investimento em ciência e tecnologia na busca por alternativas construtivas para minimizar os impactos ambientais causados pelos resíduos de gesso.

As tecnologias encontradas variam desde métodos tradicionais até abordagens inovadoras. Entre as tecnologias tradicionais, destacam-se as práticas como a reciclagem básica do gesso para uso em novos produtos e a reutilização de resíduos em misturas de cimento e argamassa. Já entre as inovações tecnológicas, foram identificados processos aprimorados de segregação, higienização e secagem do gesso reciclado, além do desenvolvimento de novos sistemas construtivos que utilizam esses materiais. Estudos específicos demonstraram que o gesso reciclado apresenta propriedades físicas, mecânicas e físico-químicas promissoras, equivalentes aos blocos de gesso convencionais, incluindo resistência e capacidade de isolamento acústico e térmico.

Por fim, o estudo demonstrou a viabilidade da produção de blocos/componentes com resíduos de gesso reciclado como elementos construtivos que podem ser implementados no setor da construção civil, proporcionando uma solução sustentável e podendo contribuir sig-

nificativamente para a redução do impacto ambiental e a gestão dos resíduos sólidos urbanos. Essa abordagem inovadora promove a circularidade e reforça o compromisso com práticas construtivas mais responsáveis e ambientalmente conscientes.

5 Perspectivas Futuras

Com base nos estudos realizados, torna-se evidente que a produção de produtos/processos a partir de resíduos de gesso, no que tange à produção de blocos de gesso, é muito incipiente. Este levantamento aponta uma lacuna tecnológica a ser explorada, pois entre as tecnologias recuperadas nas bases tecnológicas, apenas a patente “Bloco de gesso reciclado ecológico para construção de paredes ou divisórias destinadas à construção civil composto de gesso reciclado proveniente da construção civil” (BR 20 2013 002762 1), depositada no INPI (Tabela 3), e as patentes “Unidades de construção em forma de tijolos, blocos ou ladrilhos feitos de materiais recicláveis e subprodutos, método de fabricação das unidades de construção e sua utilização” (EP3377460) e “Elemento de construção compreendendo bloco com buracos” (DE4432387) recuperadas no Orbit® estão diretamente relacionadas com o tema do trabalho. Isso ressalta a importância de aprimorar estudos e pesquisas na área da reciclagem de gesso, visando respaldar a viabilidade da produção desse tipo de material em escala industrial. Esse avanço contribuirá significativamente para a redução dos impactos ambientais negativos, ao mesmo tempo que impulsionará novos modelos construtivos com impactos sociais e econômicos positivos. Além disso, destaca-se a importância de estabelecer padrões e regulamentações que estejam em conformidade com os parâmetros técnicos e normativos atuais. Essas medidas são essenciais para assegurar não só a viabilidade técnica da produção desses elementos, mas também para garantir sua qualidade, sua conformidade e aceitação em relação às normas de construção em vigor.

Referências

BARDELLA, Paulo Sérgio. **Análise das propriedades de pastas de gesso de construção reciclado**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2011.

CAMARINI, G. *et al.* Assessment of the material loss in walls renderings with β -hemihydrate paste. **Applied Mechanics and Materials**, [s.l.], v. 71, p. 1.242-1.245, 2011.

CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Alocação de Riscos em Contratos de Obras Públicas**. Brasília, DF: CBIC, 2024.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 307, de 5 de julho de 2002. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 17 jul. 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res02/res30702.html>. Acesso em: 10 abr. 2023.

CONAMA – CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução n. 431, de 24 de maio de 2011. Altera o art. 3º da Resolução 307, de 5 de julho de 2002, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama, estabelecendo nova classificação para o gesso. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 25 maio 2011. Disponível em: <http://www.mcfm?codlema.gov.br/port/conama/legiabre.gi=649>. Acesso em: 10 abr. 2023.

DIAS, Alexandre Magno Nogueira. **Gesso de construção**: caracterização do pó, pasta e argamassa e aplicação como revestimento interno. 1994. 274f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

GRASSI, Juliane Thaís. **Análise das propriedades termoacústicas de blocos de gesso reciclado fabricados a partir de gesso pós-consumo**: uma revisão da literatura. 2018. 60f. Monografia (Especialização em Construções Sustentáveis) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. **Alternativas de gestão dos resíduos de gesso**. São Paulo: EdUSP, 2003. 9p. Disponível em: <http://www.reciclagem.pcc.usp.br>. Acesso em: 10 maio 2023.

MME – MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Anuário Estatístico**: Setor Transformação Não Metálicos 2019. Brasília, DF: Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM), 2020. 85p. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/documents/36108/405154/ANU%20C3%81RIO+N%20C3%83O-METALICOS+2019+18.05.2020.pdf/4bda5f9e-8f83-d792-d1d5-bee1baf7b0df>. Acesso em: 26 dez. 2020.

ORBIT®. **Página de busca**. 2024. Disponível em: <https://www.questel.com/product-release/intelligence/>. Acesso em: 10 maio 2024.

PINHEIRO, Sayonara Maria de Moraes. **Gesso Reciclado**: avaliação de propriedades para uso em componentes. Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. 2011. 352p. Tese (Doutorado) – Departamento de Arquitetura e Construção, Universidade de Campinas, São Paulo, 2011.

PINTO, T. P. **Perda de materiais em processos construtivos tradicionais**. São Carlos: Departamento de Engenharia civil da Universidade Federal de São Carlos, 1989.

SANTANA, C. V. *et al.* Recycled gypsum block: development and performance. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 19, p. 45-58, 2019.

SINDUSGESSO – SINDICATO DA INDÚSTRIA DO GESSO DO ESTADO DE PERNAMBUCO. **Consumo de gesso no Brasil**. Assessoria de imprensa, 29 maio 2007. Disponível em: http://www.sindusgesso.org.br/noticias_informativo.asp?codigo=14. Acesso em: 20 abr. 2023.

WEB OF SCIENCE. **Página de busca**. 2024. Disponível em: <https://access.clarivate.com/login?app=wos&alternative=true&shibShireURL=https:%2F%2Fwww.webofknowledge.com%2F%3Fauth%3DShibboleth&shibReturnURL=https:%2F%2Fwww.webofknowledge.com%2F%3Fmode%3DNextgen%26action%3Dtransfer%26path%3D%252Fwos%26DestApp%3DUA&referrer=mode%3DNextgen%26path%3D%252Fwos%26DestApp%3DUA%26action%3Dtransfer&roaming=true>. Acesso em: 10 maio 2024.

Sobre os Autores

Hugo Damião Barbosa Torres

E-mail: hugo.torres@univasf.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4715-6992>

Especialista em Estruturas de Concreto Armado e Fundações.

Endereço profissional: Universidade Federal do Vale do São Francisco, Câmpus Petrolina, Secretaria de Infraestrutura, Av. José de Sá Manicoba, s/n, Centro, Petrolina, PE. CEP: 56304-917.

Cristiane Xavier Galhardo

E-mail: cristiane.galhardo@univasf.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9913-6578>

Doutora em Ciências na área de concentração em Química Analítica pela Universidade de São Paulo.

Endereço profissional: Universidade Federal do Vale do São Francisco, Câmpus Juazeiro, Av. Antônio Carlos Magalhães, n. 510, Santo Antônio, Juazeiro, BA. CEP: 48902-300.

Isnaldo José de Souza Coêlho

E-mail: isnaldo.coelho@univasf.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0384-7210>

Doutor em Engenharia Elétrica/Eletrônica pela Universidade Federal de Pernambuco.

Endereço profissional: Universidade Federal do Vale do São Francisco, Câmpus Juazeiro, Av. Antônio Carlos Magalhães, n. 510, Santo Antônio, Juazeiro, BA. CEP: 48902-300.