

A CONTRIBUIÇÃO DA INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E DAS PATENTES NA GESTÃO DE RESÍDUOS MINERAIS

BRUNA LOPES COELHO¹, JOÃO JACKSON BATISTA BRAGA², LILIAN LUCCHESI DOS SANTOS³,
IZABELA DE SIQUEIRA REIS REGUEIRA⁴ e MARIA SIRCIA DE SOUSA⁵

¹Dra. em Ciências da Engenharia Ambiental, Prof. UFTM, Uberaba-MG, bruna.coelho@uftm.edu.br;

²Me. em Propriedade Intelectual e Inovação, INPI, Belo Horizonte-MG, joaojacksonb@gmail.com;

³Me. em Engenharia Civil, UFMG, Belo Horizonte-MG, lucchesi@crea-mg.org.br;

⁴Eng. Civil e de Segurança do Trabalho, UFMG, Belo Horizonte-MG, engenheiraizabela@yahoo.com;

⁵Eng. Mecânica, Unifei, Itajubá-MG, sircia.sousa@conselheiros.crea-mg.org.br.

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
06 a 09 de outubro de 2025

RESUMO: Este estudo apresenta uma análise das patentes depositadas mundialmente relacionadas a resíduos minerais, com o objetivo de correlacionar empresas, instituições, países, a intensidade dos depósitos ao longo do tempo e o significado desses dados para a evolução das tecnologias nesse campo. Foram identificados os principais temas abordados nos pedidos de patente, entre eles: tratamento de rejeitos, armazenamento seguro, reutilização e reciclagem, tecnologias de redução de rejeitos, mineração sustentável e economia circular, além de monitoramento e controle ambiental. Cada patente foi classificada em uma ou mais categorias do IPC e, a partir do conjunto geral de proteções no setor de mineração, selecionaram-se aquelas especificamente relacionadas a barragens e pilhas de rejeitos. O expressivo número de patentes depositadas nesse segmento evidencia uma tendência relevante no cenário tecnológico brasileiro, especialmente no que se refere à busca por soluções inovadoras para a gestão de rejeitos minerais.

PALAVRAS-CHAVE: mineração, rejeitos, engenharia, meio ambiente, propriedade intelectual

MAPPING OF THE PEDOLOGICAL POTENTIAL OF THE PARAÍBA STATE FOR THE CULTIVATION OF SUGAR CANE (*Saccharum spp*)

ABSTRACT: This study presents an analysis of patents filed worldwide related to mineral waste, aiming to correlate companies, institutions, and countries, as well as the intensity of filings over time and the significance of these data for the evolution of technologies in this field. The main topics identified in patent applications include waste treatment, safe storage, reuse and recycling, waste reduction technologies, sustainable mining and circular economy, in addition to environmental monitoring and control. Each patent was classified under one or more IPC categories, and from the overall set of protections in the mining sector, those specifically related to tailings dams and waste piles were selected. The substantial number of patents filed in this segment highlights a significant trend in the Brazilian technological landscape, particularly regarding innovative solutions for mineral waste management.

KEYWORDS: mining, tailings, engineering, environment, intellectual property

INTRODUÇÃO

A preocupação mundial com o controle de resíduos de mineradoras deve-se aos danos causados à população e ao meio ambiente. Um indicador relevante dos esforços das empresas em tecnologias de tratamento, armazenamento e reaproveitamento desses materiais pode ser obtido a partir das bases de dados de patentes.

As bases de patentes concentram informações organizadas e acessíveis a toda a sociedade, com o objetivo de disseminar conhecimentos e promover a inovação por meio do desenvolvimento tecnológico. Por esses motivos, constituem uma ferramenta de grande potencial para impulsionar a inovação tecnológica. Além de disseminar informações, essas bases oferecem um panorama dos investimentos relacionados às tecnologias existentes, permitindo conhecer o estado da arte e servindo

como subsídio para novos investimentos ou para a aquisição de conhecimentos que atendam às necessidades das empresas.

Outro fator que torna as informações contidas nas patentes confiáveis é o rigoroso processo de análise realizado por especialistas para sua concessão, avaliando critérios de inovação, atividade inventiva e aplicação industrial. Ademais, as informações de patentes são de interesse dos titulares, pois representam uma concessão para exploração comercial em um determinado mercado, o que assegura a concentração do conhecimento aplicado na área de interesse e inibe a participação de não especialistas nas invenções.

Com base nessas premissas, este estudo apresenta uma análise das patentes depositadas mundialmente envolvendo resíduos minerais, com o objetivo de correlacionar empresas, instituições, países, a intensidade de depósitos ao longo do tempo e o significado desses dados na evolução das tecnologias nesse campo. Estudos semelhantes são realizados pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) por meio do “Radar Tecnológico”. Entre os trabalhos previamente apresentados que se aproximam do tema, destacam-se: “Mapeamento de patentes relacionadas ao gerenciamento de resíduos sólidos e líquidos depositadas no Brasil” (2022) e “Nanotecnologia na gestão de resíduos” (2015).

Visando incentivar a inovação voltada para a preservação ambiental, o INPI instituiu, em 2012, um mecanismo de trâmite prioritário para tecnologias que se enquadrem no conceito de “Patente Verde”, ou seja, invenções tecnológicas destinadas a melhorar a gestão dos recursos naturais e do meio ambiente. A Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI), entidade vinculada à ONU, também enfatiza as tecnologias ambientais e elaborou o “Inventário Verde da IPC”, que correlaciona os códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) com esse tipo de tecnologia, facilitando a busca por informações patentárias nesse setor.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram levantados os assuntos mais comuns em pedidos de patentes, que são: tratamento de rejeitos, armazenamentos seguros, reutilização e reciclagem, tecnologias de redução de rejeitos, mineração sustentável e economia circular, monitoramento e controle ambiental.

A classificação IPC (Classificação Internacional de Patentes, ou Classificação Internacional de Patentes) é um sistema desenvolvido para organizar e classificar documentos de patentes com base em suas áreas tecnológicas. Foi criado pela Organização Mundial da Propriedade Intelectual (OMPI) e é usado internacionalmente para facilitar a pesquisa e o acesso a informações de patentes. A classificação IPC divide as invenções em grandes áreas de tecnologia e, a partir disso, refina esta divisão em subclasses e subcategorias.

Cada patente é atribuída a uma ou mais categorias do IPC, o que ajuda pesquisadores e empresas a encontrarem tecnologias relevantes em diferentes áreas do conhecimento e a monitorar em inovações. Com base na amostragem geral das proteções na área da mineração, selecionou-se aquelas específicas relacionadas a barragens e pilhas, neste caso filtrando as seguintes classificações:

- E02 (109) ENGENHARIA HIDRÁULICA; FUNDAÇÕES; MOVIMENTAÇÃO DO SOLO
- E02B-003 (25) Trabalhos de engenharia relacionados com o controle ou utilização de riachos, rios, costas ou outros locais marinhos (barragens ou barragens) ; Vedações ou juntas para trabalhos de engenharia em geral;
- C02 (27) TRATAMENTO DE ÁGUA, ÁGUAS RESIDUAIS, ESGOTO OU LODO (tanques de decantação, filtração, por exemplo, filtros de areia ou dispositivos de peneiramento);
- C02F-001 (27) Tratamento de água, águas residuais ou esgotos;
- B09 (21) ELIMINAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS; RECUPERAÇÃO DE SOLOS CONTAMINADOS (tratamento de águas residuais, esgotos ou lamas C02F ; tratamento de sólidos contaminados radioativamente G21F 9/28)
- B09B-003 (21)

Após a filtração, foi obtida amostragem de 121 patentes depositadas, cujo universo passa a ser a referência deste estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A gestão de rejeitos minerais vai além do cumprimento de normas e padrões de segurança, exigindo também o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias inovadoras capazes de aprimorar processos e reduzir riscos. Nesse cenário, a inovação tecnológica assume papel central, evidenciada pelo crescimento do número de patentes registradas no setor de mineração no Brasil, especialmente em Minas Gerais. Esse dado é relevante considerando a tradição limitada do país na consolidação da cultura de propriedade intelectual. A figura 01 ilustra a evolução do volume de patentes depositadas na área de mineração ao longo dos últimos 30 anos.

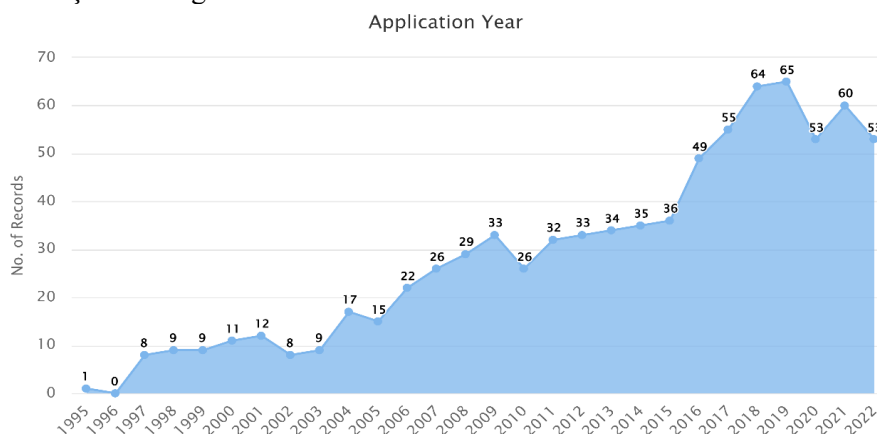


Figura 1 - Número de patentes da mineração depositadas nos últimos 30 anos

Os depósitos de pedidos de patentes acerca do tema iniciaram-se no ano de 1996, mediante crescimento expressivo de depósitos a partir do ano de 2015. Este resultado coincide com as tragédias ocorridas nas barragens de Brumadinho (MG) e Mariana (MG) e, ao mesmo tempo, com o tempo de vida útil das barragens existentes, cujas tecnologias até então utilizadas eram ineficientes, sugerindo que inovações deveriam ser aplicadas para sobrevivência do sistema da mineração.

Observa-se no gráfico da figura 2 como está a distribuição das patentes depositadas prioritariamente no Brasil em relação aos diversos países do mundo.



Figura 2 - Distribuição mundial comparativa dos depósitos prioritários de patentes
Fonte: www.orbit.com, novembro 2024

O Brasil, apesar de não se destacar pela produção de patentes em geral, apresenta número expressivo de registros no setor de extrativismo mineral, reflexo de seu grande potencial nessa atividade. Ao todo, 384 patentes tiveram depósito inicial no país, demonstrando a relevância

estratégica da proteção prioritária no território nacional, posteriormente estendida a outros mercados. Essas patentes, provenientes de empresas, instituições de pesquisa e inventores individuais, abrangem inovações diversas, como geopolímeros obtidos de resíduos, sistemas avançados de monitoramento e tratamento de rejeitos, além de equipamentos, processos de industrialização, metodologias de extração e soluções correlatas. A Figura 3 detalha essas aplicações, classificadas conforme os códigos da Classificação Internacional de Patentes (IPC), organizados em 35 campos tecnológicos.

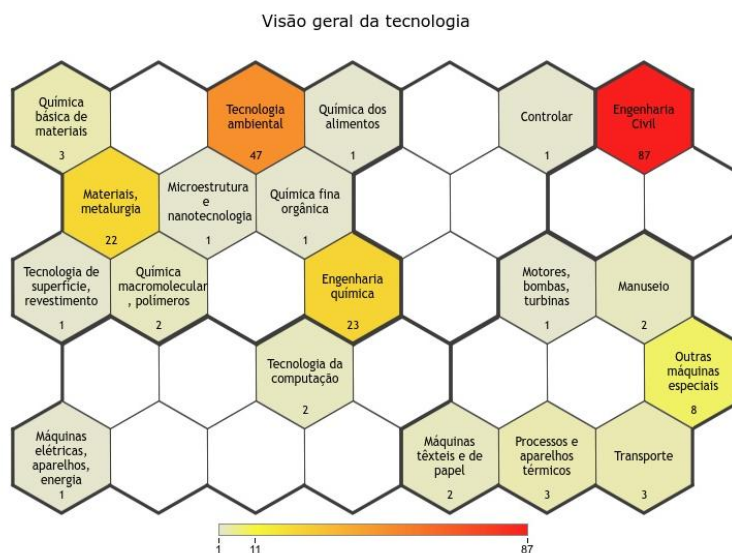


Figura 3- Segmentos da mineração das patentes depositadas
Fonte: www.orbit.com, novembro 2024

O gráfico possibilita identificar tanto a diversidade quanto a especialização do portfólio de patentes de um requerente, evidenciando seu principal foco de atuação. As categorias menos representadas podem indicar oportunidades para novas aplicações, enquanto a presença de patentes em diferentes domínios sugere múltiplos usos potenciais. Como as classificações são baseadas em agrupamentos de códigos IPC, uma mesma patente pode ser enquadrada em mais de uma categoria. Essa diversidade evidencia a complexidade dos desafios da mineração e, ao mesmo tempo, abre espaço para soluções multidisciplinares. A análise crítica dos dados mostra que, embora o aumento no número de patentes represente um avanço, persistem desafios a serem enfrentados pelo setor.

Nota-se que os depósitos ao longo dos últimos 30 anos relacionados a estas patentes seguem a mesma distribuição dos depósitos na área da mineração em geral, porém, observa-se um incremento significativo de depósitos no ano de 2019. O gráfico da figura 4 registra esta evolução.

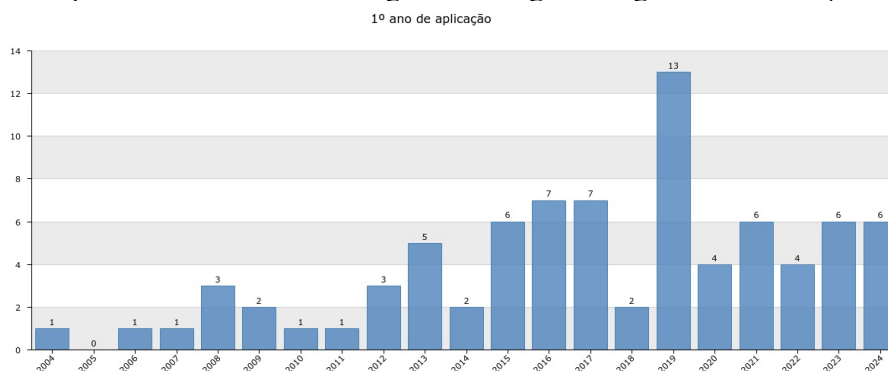


Figura 3 - Depósitos de patentes ao longo do tempo.
Fonte: www.orbit.com

Destaca-se também a relevância dos cessionários dos depósitos de patentes, que atuam como investidores e/ou participantes no processo de desenvolvimento, evidenciando seu engajamento na busca por soluções e no fomento à inovação. O gráfico da Figura 5 apresenta os diferentes cessionários em função do valor de seus portfólios, bem como a situação das proteções — pendentes, concedidas ou citadas.



Figura 5 – Índice do valor total do portfólio por cessionário.

Fonte: www.orbit.com

CONCLUSÃO

O expressivo número de patentes depositadas na área de mineração, especialmente voltadas a barragens e pilhas de rejeitos, evidencia uma tendência relevante no cenário tecnológico brasileiro. Esse movimento ganha ainda mais destaque considerando que grande parte dos depósitos prioritários ocorreu no próprio país, historicamente marcado por uma cultura de propriedade intelectual menos consolidada em comparação a nações desenvolvidas.

As tragédias de Mariana (2015) e Brumadinho (2019) funcionaram como marcos catalisadores desse processo, ao exporem de maneira contundente as limitações dos métodos tradicionais de disposição de rejeitos e a urgência na adoção de soluções mais seguras e eficientes. Em resposta, houve intensificação dos esforços em pesquisa e desenvolvimento, refletida no crescimento dos depósitos de patentes voltadas ao setor.

Para que tais inovações tecnológicas tenham impacto efetivo na gestão de rejeitos minerais, torna-se fundamental a criação de um ambiente favorável à pesquisa, ao desenvolvimento e à proteção da propriedade intelectual. Nesse sentido, políticas públicas que promovam a integração entre setor privado, academia e órgãos governamentais podem potencializar os avanços alcançados e ampliar a segurança e a sustentabilidade no setor minerário.

AGRADECIMENTOS

Ao Crea-MG pelo apoio institucional e suporte à realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Patente Verde: Mecanismo de Trâmite Prioritário para Tecnologias Verdes. Rio de Janeiro: INPI, 2012.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Radar Tecnológico: Nanotecnologia na Gestão de Resíduos. Rio de Janeiro: INPI, 2015.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL (INPI). Radar Tecnológico: Mapeamento de Patentes Relacionadas ao Gerenciamento de Resíduos Sólidos e Líquidos Depositadas no Brasil. Rio de Janeiro: INPI, 2022.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL (OMPI). Inventário Verde da Classificação Internacional de Patentes (CIP). Genebra: OMPI