

Prospecção Patentária de Tecnologias Aplicadas no Tratamento de Resíduos Eletroeletrônicos

Patentory Prospecction of Technologies Applied in the Treatment of Electro-Electronic Waste

Walyson de Lima dos Reis¹, Adriano Alves Rabelo¹, Elias Fagury Neto¹

¹Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Marabá, PA, Brasil

Resumo

Os equipamentos eletroeletrônicos, devido à rápida inovação tecnológica, ficam obsoletos em curtos espaços de tempo, sendo então descartados. A prospecção tecnológica de patentes permite acompanhar o desenvolvimento de novas tecnologias e apoiar decisões gerenciais. Assim, o objetivo desta pesquisa foi identificar inovações aplicáveis ao descarte e tratamento de resíduos de equipamentos eletroeletrônicos (REEE) por meio de patentes. Para isso, utilizou-se o *software* Orbit Intelligence e a base de dados do Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI). Os resultados indicaram que a maioria das patentes vem da China, respondendo por 63,5% dos depósitos, superando países como EUA, França e Reino Unido. Exemplos de patentes incluem a CN113953300, que propõe um dispositivo de desmontagem e reciclagem, e a CN113617788, que utiliza tecnologia de plasma para reciclagem. Em termos de titularidade, 68% das patentes são de instituições privadas, como a JX Nippon Mining & Metals, enquanto 32% pertencem a universidades, majoritariamente públicas.

Palavras-chave: Resíduos Eletroeletrônicos; Prospecção Tecnológica; Patentes de reciclagem.

Áreas Tecnológicas: Prospecção Tecnológica. Resíduos Eletroeletrônicos. Gestão Ambiental.

Abstract

Electronic equipment, due to rapid technological innovation, becomes obsolete in a short period of time and is then discarded. Technological patent prospecting allows you to monitor the development of new technologies and support management decisions. Thus, the objective of this research was to identify innovations applicable to the disposal and treatment of waste electrical and electronic equipment (WEEE) through patents. For this, the Orbit Intelligence software and the National Institute of Industrial Property database were used. The results indicated that the majority of patents come from China, accounting for 63.5% of filings and surpassing countries such as the USA, France and the United Kingdom. Examples of patents include CN113953300, which proposes a disassembly and recycling device, and CN113617788, which uses plasma technology for recycling. In terms of ownership, 68% of patents belong to private institutions, such as JX Nippon Mining & Metals, while 32% belong to universities, mostly public.

Keywords: Electronic waste; Technological Prospecting; Recycling patents.

1 Introdução

De várias formas, os avanços tecnológicos proporcionam qualidade de vida às pessoas e crescimento econômico de maneira geral. Entretanto, tal avanço também traz consigo novos desafios. A contínua e crescente demanda por produtos eletroeletrônicos tem gerado um acúmulo cada vez maior de resíduos e rejeitos oriundos do pós-consumo.

Os Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE), também denominados de lixo eletrônico, em uma linguagem mais popular, incluem uma grande variedade de aparelhos como computadores, geladeiras e celulares em fim de vida. Esses tipos de resíduos contêm uma mistura complexa de materiais, alguns dos quais perigosos. Isso pode causar grandes problemas ambientais e de saúde se os dispositivos descartados não forem gerenciados adequadamente (Xavier; Carvalho, 2014).

Segundo o relatório *The Global E-Waste Monitor* 2020, no ano de 2019, foram produzidas 53,6 milhões de toneladas (Mt) de resíduos eletroeletrônicos no mundo, sendo que há cinco anos, em 2014, esse número era de 44,4 Mt. Quanto ao Brasil, o país seguiu essa tendência de aumento, registrando 2,1 Mt em 2019 diante de 1,4 Mt em 2014 (Baldé *et al.*, 2020).

A Figura 1 apresenta a geração anual de resíduos eletroeletrônicos no mundo, compreendendo o período de 2010 até 2019 e, com base nesse histórico, traçando a previsão de crescimento até 2030.

A justificativa para esse aumento crescente e desenfreado na geração de resíduos eletroeletrônicos deve-se principalmente às altas taxas de consumo de

equipamentos elétricos e eletrônicos, com seus ciclos de vida útil cada vez mais curtos e poucas opções de reparo, já que, na maioria dos casos, é mais vantajoso comprar um equipamento novo ao invés de consertá-lo (Baldé *et al.*, 2020).

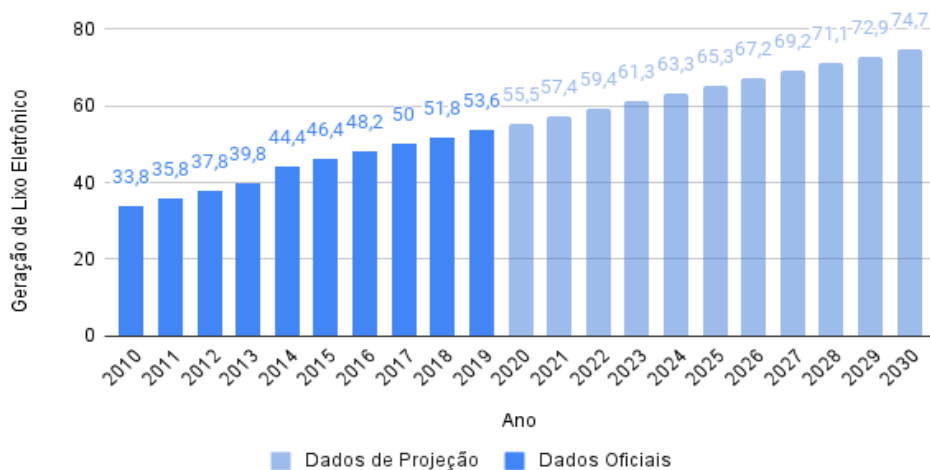
Conforme colocado por Xavier e Carvalho (2014), o Brasil foi um dos primeiros países em desenvolvimento a estabelecer um conjunto de regras sobre o gerenciamento de resíduos sólidos, implantando em 2010, por meio da Lei n. 2.305, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS).

A PNRS estabelece, entre outras obrigações, a responsabilidade compartilhada pelo descarte correto de todos os tipos de resíduos, incluindo os eletroeletrônicos. Por meio da logística reversa, é exigido que os fabricantes e importadores desenvolvam sistemas de coleta, reciclagem e descarte adequado dos produtos eletrônicos, incentivando a reutilização de materiais e a redução do impacto ambiental (Brasil, 2010).

Infelizmente, uma década após a implementação da PNRS, o cenário encontrado não é otimista, conforme relatado por Baldim, Guedes e Camarini (2020). A autora destaca em sua pesquisa que, nos últimos 10 anos, o Brasil enfrentou dificuldades em resolver questões fundamentais como a existência de lixões e a inadequada gestão de resíduos, sugerindo que a gestão de resíduos ainda não recebeu a devida atenção nas políticas públicas.

Ribeiro *et al.* (2023) destacam as vantagens da logística reversa, no sentido de permitir o surgimento de novas oportunidades comerciais na construção de uma economia circular. Isso se traduz na reintrodução de produtos em novos ciclos de vida, reduzindo a necessidade de utilizar novas matérias-primas e mitigando os perigos de poluição ambiental.

Figura 1 – Geração de resíduos eletroeletrônicos por ano (em Mt)



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Orbit Intelligence (2024)

Quadro 1 – Técnicas de Prospecção Tecnológica

TÉCNICAS PARA BUSCA DE INFORMAÇÕES	TÉCNICAS USADAS PARA TRATAMENTO DE DADOS	TÉCNICAS USADAS PARA REPRESENTAÇÃO DOS RESULTADOS
Brainstorming Conferências/ <i>Workshops</i> Opinião de especialistas Pesquisa Delphi Revisão bibliográfica Mapeamento patentário	Análise bibliométrica Análise da maturidade tecnológica Análise SWOT Análise de mapeamento de patentes	Cenários Ficção científica Mapas tecnológicos/ <i>Technology roadmapping</i> Estudos de futuro <i>Forecasting</i>

Fonte: Adaptado de Ribeiro (2018)

Aliado à logística reversa, investir em novas tecnologias e adquirir equipamentos capazes de separar e favorecer a reciclagem é de extrema importância, pois, uma vez que se tenha a capacidade de tratar e de recuperar a maior parte dos materiais utilizados na fabricação dos produtos eletroeletrônicos, tem-se como principal benefício evitar a extração de mais materiais das reservas naturais, o que traz um impacto altamente positivo para o meio ambiente (Xavier; Carvalho, 2014).

Nesse cenário, a prospecção tecnológica configura-se como uma importante ferramenta, pois permite mapear e identificar novas tecnologias que se mostrem promissoras para contribuir com a resolução do problema (Paranhos; Ribeiro, 2018).

Para Kupfer e Tigre (2004), basicamente a prospecção tecnológica envolve a identificação e o mapeamento de tendências tecnológicas e científicas emergentes que têm o potencial de ter um impacto significativo na indústria, na economia ou na sociedade como um todo. Deve ser considerada uma ferramenta importante para empresas e organizações que desejam se manter atualizadas com as últimas inovações e tendências tecnológicas, de modo que, ao identificar essas tendências precocemente, as empresas possam se preparar para possíveis mudanças em seus setores, antecipando a concorrência e mantendo-se à frente dela.

Conforme apontam Quintella *et al.* (2011), a Prospecção Tecnológica consiste em uma análise minuciosa de todas as tecnologias existentes dentro daquela área de interesse, com o objetivo de identificar seu estágio de maturidade e sua relevância para a sociedade. Ainda, essa análise permite identificar as lacunas que existem no mercado e as oportunidades para o surgimento de novas tecnologias competitivas, inclusive por meio de variações de tecnologias já existentes. Tal abordagem é essencial para garantir o desenvolvimento de tecnologias inovadoras e bem adaptadas às necessidades da sociedade.

Existem diversas técnicas que podem ser utilizadas para executar estudos prospectivos, de modo que se deve avaliar aquelas consideradas mais apropriadas para o objetivo da pesquisa (Ribeiro, 2018).

No Quadro 1, apresenta-se um resumo contendo as principais técnicas, sendo importante mencionar a existência de várias outras conhecidas da literatura.

De acordo com Ribeiro (2018), o Mapeamento Patentário como técnica para a busca de informações é realizado em várias bases de dados e constituído pelas seguintes etapas:

- 1) identificação das bases de dados mais adequadas para o objetivo do mapeamento;
- 2) delimitação do escopo da busca de patentes para garantir a qualidade metodológica;
- 3) *download* dos documentos selecionados de acordo com o escopo definido;
- 4) eliminação de duplicatas, documentos redundantes e irrelevantes; e
- 5) preparação das planilhas para análises qualitativas e estatísticas.

De acordo com Paranhos e Ribeiro (2018), a busca por patentes pode ter variados propósitos, e, em função desses propósitos, as fontes de informação e as estratégias de busca podem variar. A realização de estudos prospectivos é considerada fundamental para os processos de tomada de decisão com o intuito de aplicar as técnicas ou os métodos mais adequados e com a expectativa de alcançar os melhores resultados possíveis.

Ante o exposto, este estudo teve como objetivo identificar, por meio da prospecção tecnológica em bases de dados de patentes, tecnologias inovadoras que possam ser aplicadas na gestão dos REEE.

2 Metodologia

Referente ao procedimento metodológico utilizado, esta pesquisa possui caráter exploratório-descritivo, sendo do tipo qualitativa e quantitativa. Para se obter informações e dados relevantes, destinados ao embasamento da pesquisa,

foi realizada uma pesquisa bibliográfica. Para a coleta e a análise dos dados, foram utilizados a análise de conteúdo e o monitoramento tecnológico.

Para a execução da prospecção patentária, foi utilizado o *software* de busca Orbit Intelligence para a seleção, a análise e a exportação de informações contidas em patentes. Sua escolha é justificada pela sua cobertura geográfica de alcance internacional e pelo acesso às principais bases de dados de patentes pelo mundo.

De forma complementar, para a realização da prospecção patentária, utilizou-se ainda a base de dados do INPI, por ser a única base nacional de registro de patentes.

Para a delimitação do universo a ser estudado, realizou-se um levantamento das fontes de informação escritas a serem utilizadas: artigos científicos (de periódicos e de anais de eventos), relatórios, dissertações, patentes, leis e livros. Para recuperação e coleta das fontes dessas informações, utilizou-se as seguintes bases de dados: Periódicos Capes, Web of Science, WIPO e E-Waste Monitor.

O universo desta pesquisa foi compreendido pelos termos que fazem menção à temática do tratamento e/ou do descarte de resíduos eletroeletrônicos ou lixo eletrônico, como costuma ser mais conhecido popularmente. Foi utilizado um recorte temporal com data de prioridade do documento de patente igual ou maior ao ano de 2003, ou seja, últimos 20 anos. As pesquisas realizadas por meio do Orbit Intelligence e do INPI ocorreram no período de 1º a 18 de agosto de 2023. O lapso temporal aplicado no *script* de busca foi de 1º de janeiro de 2003 a 18 de agosto de 2023 (data de prioridade).

Como estratégia de busca, foram selecionados 13 termos/palavras-chave, das quais cinco foram no idioma português (brasileiro) e oito no idioma inglês. Foi realizada, no Orbit Intelligence, a opção de pesquisa avançada, fazendo uso dos campos de busca Título, Resumo, Objeto e Código IPC. Foram utilizados os operadores booleanos AND e OR.

No Orbit, as palavras-chave foram aplicadas na pesquisa de forma individual, com o objetivo de verificar os resultados que seriam obtidos por meio de cada uma delas. Aquelas que não trouxeram nenhum resultado ou, de forma contrária, apresentaram um quantitativo exorbitante foram sendo eliminadas.

A partir da compilação das palavras-chave selecionadas na etapa anterior, foi gerado um *script* de busca final (Quadro 2). A partir desse *script*, foram obtidos

resultados mais precisos, de modo a evitar a duplicidade de informações, permitindo, assim, a recuperação de documentos de patentes que atendiam aos critérios de busca definidos. Os resultados apresentados foram exportados para planilhas e gráficos, com posterior análise de conteúdo. Com os dados em planilha, formato editável, foi possível gerar gráficos complementares aos já obtidos por meio do Orbit.

Quadro 2 – *Script* de busca final utilizado no Orbit Intelligence

(e-waste and process) OR (electronic and waste) OR (technological and waste and process and electronic) OR (electrical and electronic and waste and treatment) OR (electrical and electronic equipment and recycling) OR (waste disposal and electrical and electronic) OR (weee and recycling) OR (computer and waste and recovery) OR (lixo and eletrônico) OR (resíduos and equipamentos and eletroeletrônicos) OR (resíduos and lixo and eletrônico) OR (reciclagem and lixo and tecnológico) OR (reutilizacao and equipamentos and eletrônicos))) / TI/AB/OBJ AND (B09B+ OR B09B-101/15)/IPC) AND (EPRD=2003-01-01:2023-08-18)

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo com dados do Orbit Intelligence (2024)

3 Resultados e Discussão

A seguir, são apresentados os principais resultados da prospecção de patentes relacionadas ao descarte e tratamento dos Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (REEE). Primeiramente, são expostos os resultados preliminares, passando-se, então, para uma análise mais detalhada das tecnologias identificadas.

Os dados fornecidos pelo Orbit por meio de gráficos e em formato detalhado, por meio de planilhas, foram utilizados para executar análise descritiva dos resultados encontrados. Na análise das planilhas, se observou o conteúdo presente no campo resumo, o nome do depositante e o seu respectivo país.

3.1 Resultados Iniciais

Os resultados iniciais, encontrados nas bases de dados selecionadas, estão representados no Quadro 3. As pesquisas executadas no Orbit Intelligence trouxeram um número maior de documentos de patentes em comparação ao INPI, mostrando uma limitação na plataforma nacional.

Quadro 3 – Resultados encontrados nas bases de dados Orbit Intelligence e INPI

PALAVRAS-CHAVE/TERMO	ORBIT INTELLIGENCE	INPI
lixo AND eletrônico	18	39
resíduos AND equipamentos AND eletroeletrônicos	06	06
resíduos AND lixo AND eletrônico	00	07
reciclagem AND lixo AND tecnológico	04	04
reutilização AND equipamentos AND eletrônicos	01	01
e-waste AND process	43	–
electronic AND waste	1.368	–
technological AND waste AND process AND electronic	29	–
electrical AND electronic AND waste AND treatment	95	–
electrical AND electronic equipment AND recycling	26	–
waste disposal AND electrical AND electronic	15	–
weee AND recycling	06	–
computer AND waste AND recovery	91	–

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo (2024)

Quadro 4 – Compilação de todas as palavras-chave utilizadas no Orbit Intelligence

PALAVRAS-CHAVE	NÚMERO DE DOCUMENTOS DE PATENTES RECUPERADOS
TERMOS EM INGLÊS (E-WASTE AND PROCESS) OR (ELECTRONIC AND WASTE) OR (TECHNOLOGICAL AND WASTE AND PROCESS AND ELECTRONIC) OR (ELECTRICAL AND ELECTRONIC AND WASTE AND TREATMENT) OR (ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT AND RECYCLING) OR (WASTE DISPOSAL AND ELECTRICAL AND ELECTRONIC) OR (WEEE AND RECYCLING) OR (COMPUTER AND WASTE AND RECOVERY))/TI/AB/OBJ AND (B09B+ OR B09B-101/15)/IPC) AND (EPRD=2003-01-01:2023-08-18))	1.100
TERMOS EM PORTUGUÊS ((LIXO AND ELETRONICO) OR (RESIDUOS AND EQUIPAMENTOS AND ELETROELETRONICOS) OR (RESIDUOS AND LIXO AND ELETRONICO) OR (RECICLAGEM AND LIXO AND TECNOLÓGICO) OR (REUTILIZACAO AND EQUIPAMENTOS AND ELETRONICOS))/TI/AB/OBJ AND (B09B+ OR B09B-101/15)/IPC) AND (EPRD=2003-01-01:2023-08-18))	09
TODOS OS TERMOS (E-WASTE AND PROCESS) OR (ELECTRONIC AND WASTE) OR (TECHNOLOGICAL AND WASTE AND PROCESS AND ELECTRONIC) OR (ELECTRICAL AND ELECTRONIC AND WASTE AND TREATMENT) OR (ELECTRICAL AND ELECTRONIC EQUIPMENT AND RECYCLING) OR (WASTE DISPOSAL AND ELECTRICAL AND ELECTRONIC) OR (WEEE AND RECYCLING) OR (COMPUTER AND WASTE AND RECOVERY) OR (LIXO AND ELETRONICO) OR (RESIDUOS AND EQUIPAMENTOS AND ELETROELETRONICOS) OR (RESIDUOS AND LIXO AND ELETRONICO) OR (RECICLAGEM AND LIXO AND TECNOLÓGICO) OR (REUTILIZACAO AND EQUIPAMENTOS AND ELETRONICOS))/TI/AB/OBJ AND (B09B+ OR B09B-101/15)/IPC) AND (EPRD=2003-01-01:2023-08-18))	1.107

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo com dados do Orbit Intelligence (2024)

No Quadro 4, consta uma compilação de todas as palavras-chave/termos utilizados, acrescidos dos demais mecanismos de busca, como o uso de operadores booleanos AND e OR, a seleção dos campos de busca Título/Resumo/Objeto, Código IPC e o lapso temporal, utilizados na prospecção patentária realizada no Orbit Intelligence.

Com base nos resultados iniciais, observou-se que as patentes estão distribuídas de maneira heterogênea ao redor do mundo, abrangendo diversos países. Essa dispersão ressalta a importância de se realizar o monitoramento tecnológico em escala global, fundamental para a identificação de inovações promissoras, em especial aquelas voltadas para a gestão de resíduos eletroeletrônicos.

Com o propósito de realizar uma análise temporal, a Figura 2 apresenta o número de depósitos de patentes por ano, compreendendo o período de 2003 a 2023, no qual é possível constatar um crescimento acentuado e contínuo de inovações voltadas para o tratamento de resíduos eletroeletrônicos. Há um crescimento quinquenal, de modo que a cada cinco anos os números de depósitos duplicaram.

De 2003 a 2009, a média de depósitos de patentes ficou em torno de 23. De 2010 a 2015, esse número passou para 42 e, de 2016 a 2022, a média passou a ser de 95. Os dados nos levam a concluir que há, para esse campo de pesquisa, uma dinâmica de mercado atraente para investimentos em P&D, com o objetivo de se criarem soluções para a problemática do acúmulo de resíduos eletroeletrônicos no mundo.

Levando em consideração a liderança da China no depósito de patentes, que em 2016 promoveu alterações nas regras para a concessão de incentivos fiscais no país, voltadas para a P&D de modo a abarcar um maior número de empresas participantes, tais fatos podem explicar o aumento de patentes a partir de 2016.

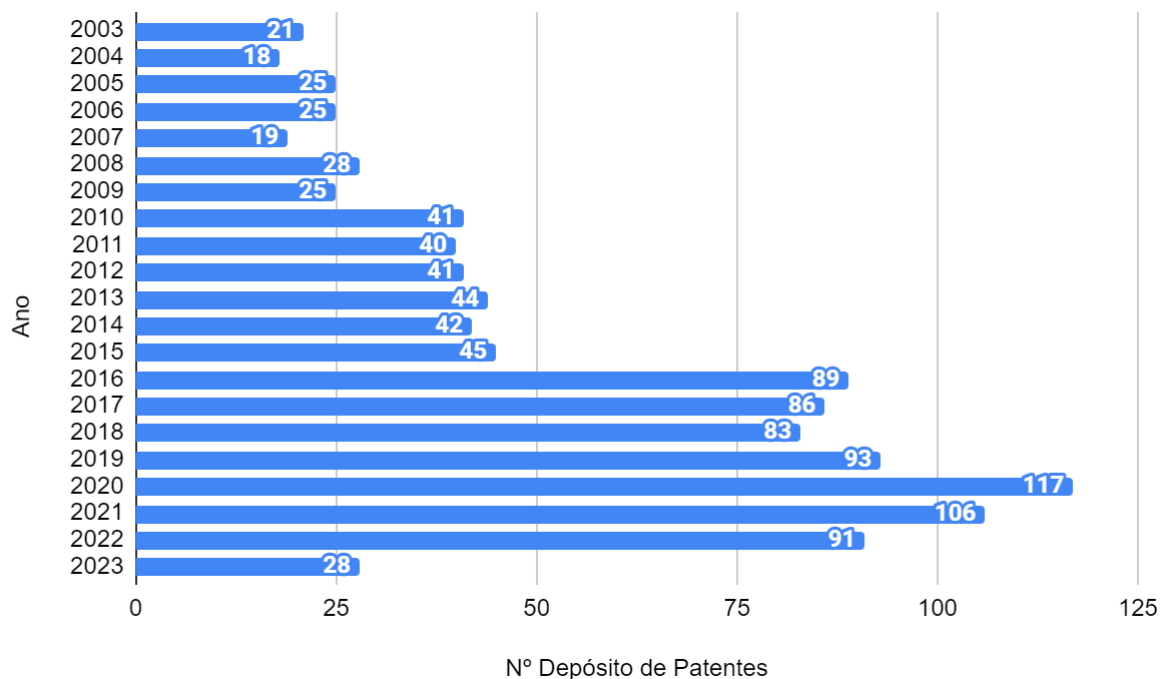
No ano de 2023, houve uma queda considerável no número de depósitos. Esse fato pode ser explicado pelo período considerado na pesquisa, compreendido apenas até agosto de 2023. Há ainda a existência da fase de segredo em um pedido de patente, que dura 18 meses a partir da data de depósito. Durante o referido período, o pedido não é publicado, não sendo possível acessar o seu conteúdo. Outro fator a ser levado em consideração é a ocorrência da pandemia da Covid-19 em 2020, que impactou todos os setores da sociedade, motivo pelo qual, nos anos seguintes, boa parte dos investimentos em pesquisas passaram a se concentrar na área da saúde.

Na Figura 3 são apresentados os 20 principais países depositantes de patentes relacionadas ao tratamento de REEE. No resultado obtido, estão incluídos todos os pedidos de patentes, tanto as vivas¹ (ativas) quanto as mortas² (caducadas, revogadas ou expiradas).

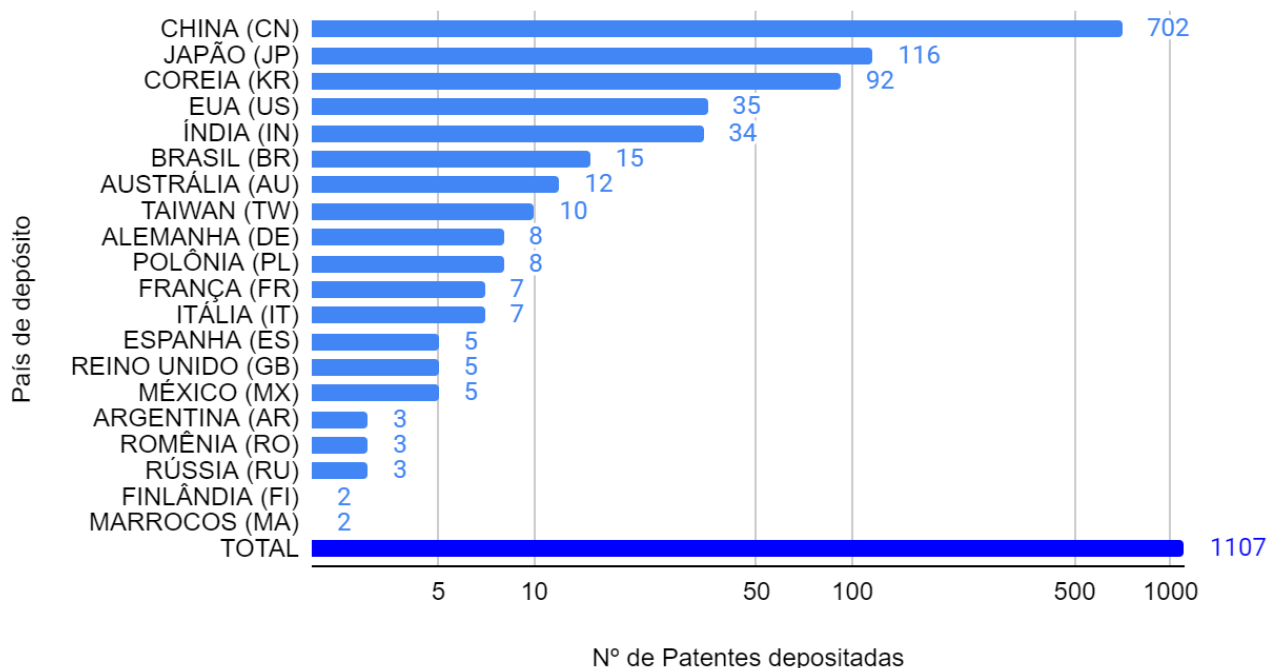
¹ Patentes que estão vigentes, com pedido de proteção concedido ou em processo de análise.

² Patentes que não gozam mais do direito de proteção, estando em domínio público. Podem ter o *status* de caducadas, revogadas ou expiradas.

Figura 2 – Número de depósitos de patentes no período de 2003-2023



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Orbit Intelligence (2024)

Figura 3 – Número de depósito de pedidos de patentes por país – até a 20ª posição

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Orbit Intelligence (2024)

Conforme pode ser visto, o país que mais se destaca com o quantitativo de depósitos de pedidos de patentes é a China (CN), com 702, seguido pelo Japão (JP), com 116, e República da Coreia (KR) com 92. Os Estados Unidos (US) também se destacam, estando na 4ª posição. Enquanto isso, o Brasil (BR) ocupa a 6ª posição, contando com 15 pedidos de depósito.

A China é responsável por 63,5% dos depósitos de patentes, ficando muito à frente dos demais países. Esse número expressivo de depósitos pode ser justificado devido à sua política fiscal de incentivo à P&D. O país oferece incentivos à pesquisa por meio da dedução de impostos sobre o rendimento das empresas. Em 29 de janeiro de 2016, a autoridade fiscal chinesa anunciou alterações nas medidas administrativas com o objetivo de simplificar o processo e as qualificações necessárias para reivindicar os incentivos fiscais de redução de impostos, de modo a permitir maiores vantagens fiscais para pequenas e médias empresas e proporcionar novos benefícios fiscais às subsidiárias estrangeiras no país (Tian *et al.*, 2020).

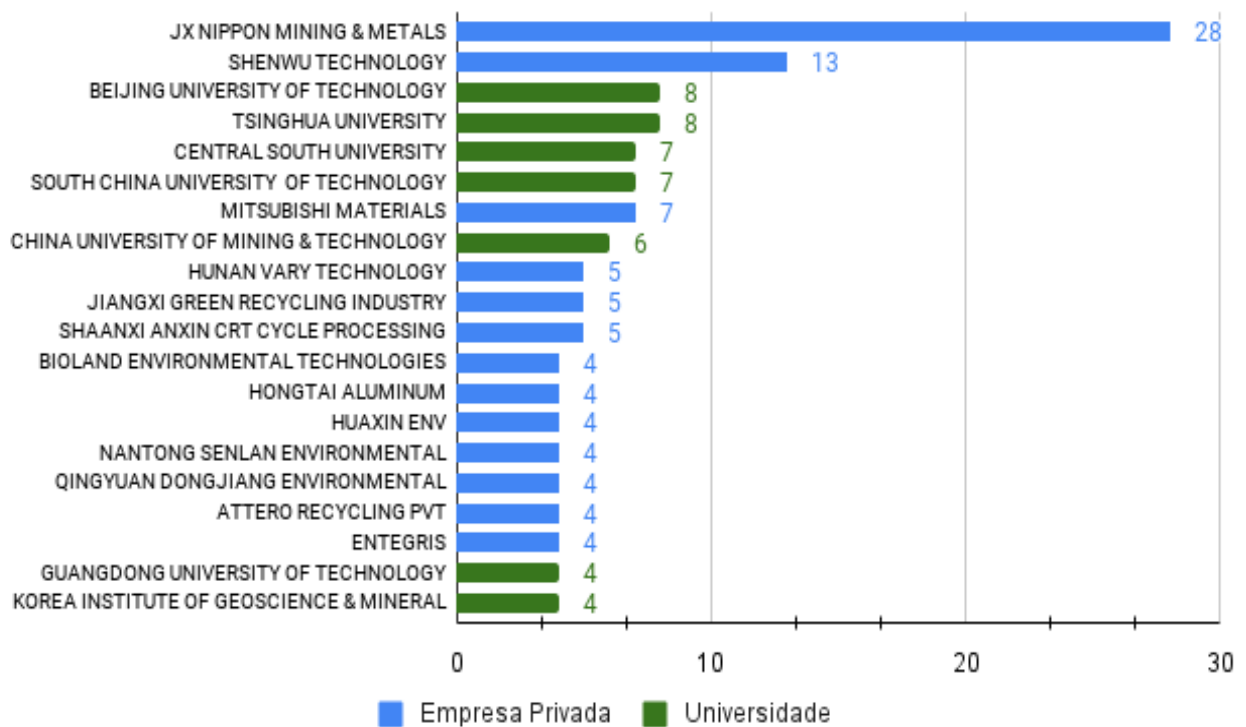
Nos dados analisados, o Brasil emerge como um dos principais depositantes de patentes, estando à frente das principais potências europeias. O número de patentes depositadas pelo país vem crescendo, demonstrando interesse em inovação, especialmente no setor de tecnologia ambiental, por meio de investimentos em pesquisa e

desenvolvimento. Todavia, é importante destacar que, em um cenário geral, essa situação se apresenta de forma menos otimista, já que o Brasil passa a ocupar posições de menor relevância. A dificuldade de acesso aos incentivos para a inovação e a morosidade dos sistemas de análise dos pedidos de patentes do país acabam por desestimular inventores e empresas.

Saber onde se encontram as inovações mais promissoras do momento é o primeiro passo para identificar oportunidades e direcionar investimentos em pesquisa e no desenvolvimento de novos serviços. Entretanto, mais importante do que saber a localização é identificar quem são os sujeitos que as desenvolvem. Por isso, na Figura 4, são apresentados os principais titulares das patentes pesquisadas. Dos 20 titulares identificados, sete são universidades enquanto 13 pertencem a empresas privadas.

Todas as universidades estão localizadas em países orientais, principalmente na China e no Japão. As empresas, em sua grande maioria, também são de origem desses mesmos países, exceção para algumas que pertencem aos Estados Unidos da América.

O titular JX Nippon Mining & Metals é uma empresa de origem japonesa, enquanto Shenwu Technology, Tsinghua University, Beijing University of Technology e Central South University são de origem chinesa.

Figura 4 – Principais depositantes de pedidos de patentes relacionadas ao tratamento de REEE – até 20ª posição

Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo com dados do Orbit Intelligence (2024)

Do total de 135 documentos de patentes recuperados, 68% (91) são de titularidade de instituições privadas, enquanto 32% (44) pertencem a universidades. A China é o país que detém o maior número de patentes, sendo responsável por 65% (88) das titularidades.

Araújo, Cerqueira e Carneiro (2020) afirmam em sua pesquisa que a China se destaca como um dos principais países com investimentos voltados para a inovação e as tecnologias destinadas ao reaproveitamento de resíduos.

Ocupando a primeira posição como principal depositante, a JX Nippon Mining & Metals chama a atenção por ser uma empresa de origem japonesa, se contrapondo ao fato de ser a China o país com maior número de depósitos, o que levaria a supor que estaria nele o principal depositante. Esse cenário pode ser explicado pelo fato de a supracitada ser uma empresa líder global em mineração, fundição e refino de metais, principalmente na produção de cobre, para a qual utiliza como matéria-prima resíduos eletroeletrônicos coletados em várias partes do mundo. Como forma de maximizar sua produção, investe continuamente em P&D para criar novas tecnologias, motivo pelo qual possui um robusto centro de pesquisa (JX-NMM, 2023).

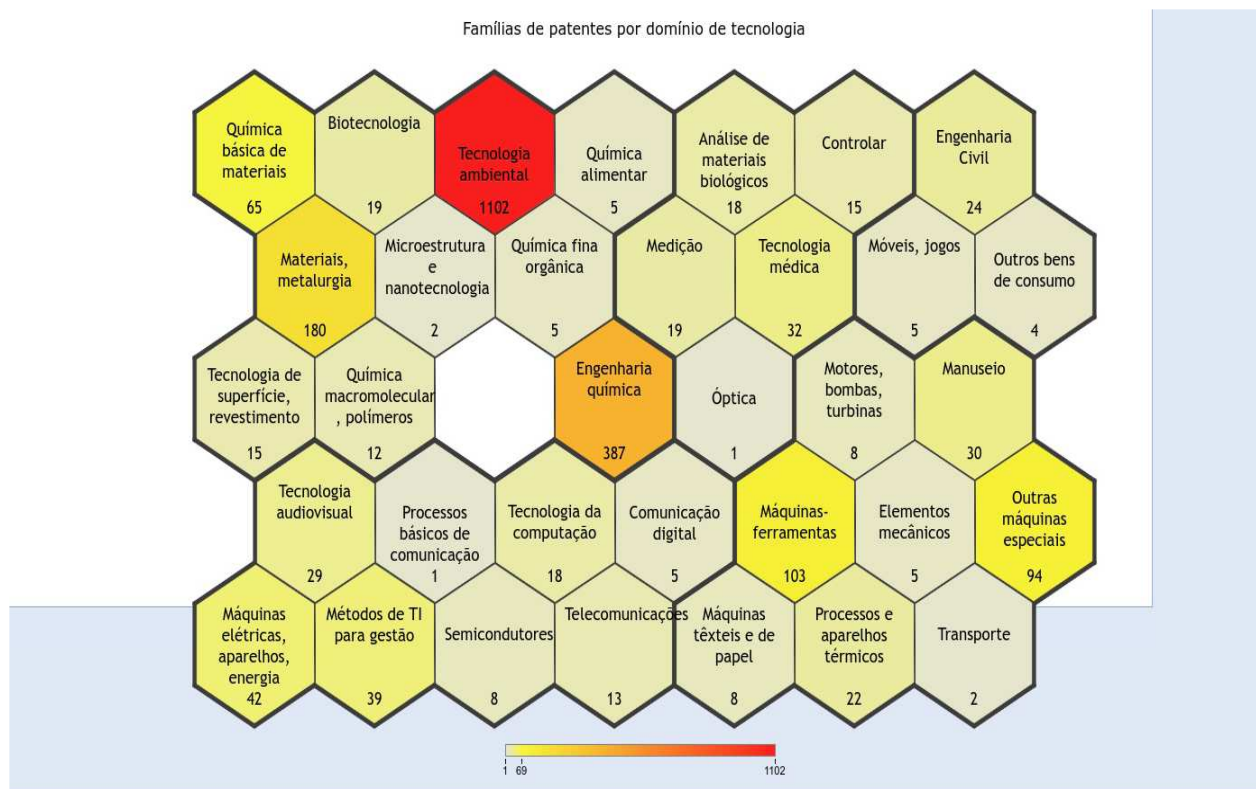
Quanto à China, é possível ver que as patentes são registradas por diversos depositantes, dos mais variados setores da indústria, havendo, assim, uma fragmentação das titularidades.

Diante dos dados apresentados, constata-se que o depósito de pedidos de patentes no mundo é dominado, em geral, por instituições privadas. Essa tendência pode ser explicada pelo fato de as empresas buscarem proteger suas invenções para garantir vantagem competitiva no mercado, bem como monetizar suas invenções por meio de vendas, licenciamento e parcerias.

É importante considerar que empresas privadas geralmente têm mais flexibilidade e agilidade em seus processos de decisão em comparação com instituições públicas, de modo que isso permite a elas registrar patentes de forma mais rápida.

A Figura 5 apresenta as principais áreas de domínio tecnológico encontradas na prospecção. Essa classificação, realizada pela WIPO, é baseada nos códigos da Classificação Internacional de Patentes (CIP) contidos nos documentos de patentes, sendo eles agrupados em 35 áreas tecnológicas existentes atualmente (WIPO, 2009). É necessário salientar que uma mesma patente pode aparecer em vários domínios tecnológicos.

O gráfico da Figura 5 é útil para identificar patentes em um domínio tecnológico e em uma área que pode ter diversas aplicações, o que para as empresas, os pesquisadores e os investidores pode oferecer uma visão abrangente das tecnologias disponíveis em um determinado setor, facilitando a identificação de novas aplicações e de oportunidades de negócios.

Figura 5 – Área de domínio tecnológico de destaque, considerando a classificação tecnológica WIPO

Fonte: Orbit Intelligence (2024)

Conforme consta na Figura 5, a área tecnológica que possui o maior número de patentes é a Tecnologia Ambiental (1.102). Observa-se que as patentes dessa área tecnológica são voltadas para o tratamento ou a reutilização de resíduos eletrônicos, eliminação de resíduos, máquinas para triagem, separação e reaproveitamento de resíduos.

A segunda área de maior destaque é a Engenharia Química (387), que abrange tecnologias na fronteira da química e da engenharia, ligadas a aparelhos e processos para a produção industrial de produtos químicos. As patentes identificadas nessa área tecnológica apontam para processos de transformação dos resíduos em algo útil, processos para separação de componentes e ainda processos para tratamento de produtos químicos perigosos, presentes em resíduos.

A área de domínio tecnológico Materiais e Metalurgia (180) abrange todos os tipos de metais, cerâmicas, vidros ou processos para a fabricação de aço e aparece como a terceira tecnologia de maior destaque. Nessa área constam documentos de patentes com inventos voltados para a reutilização dos componentes metálicos e a produção de outros insumos, separação e reciclagem de metais.

A partir dos dados apresentados, é possível afirmar que o nicho de atuação dos depositantes de patentes

voltadas para o tratamento de resíduos eletroeletrônicos se direciona para ações na área da Tecnologia Ambiental. Esses depositantes buscam o desenvolvimento e a aplicação de tecnologias para prevenir, controlar e minimizar a degradação ambiental causada por esse tipo de resíduo, promovendo a coleta, a desmontagem, a reutilização, a reciclagem e o descarte adequado desses resíduos.

3.2 Tecnologias Aplicadas no Descarte e no Tratamento de REEE

A seguir, é apresentada uma seleção dos principais documentos de patentes localizados por meio da prospecção patentária, realizada no Orbit, sendo que a referida ferramenta executa a classificação desses documentos com uma escala de grau de relevância (de 0 a 100%), correlacionando patentes que contêm as informações mais fidedignas ao assunto pesquisado, a localização geográfica, o tipo de tecnologia, entre outros aspectos, apresentando-os no topo da lista de resultados.

Foram encontrados inventos que propõem, de diferentes maneiras, a resolução da problemática do acúmulo de resíduos eletroeletrônicos. Alguns buscam formas de realizar a separação dos componentes de forma mais ágil

por meio da automatização do processo. Outros propõem formas de utilização desses resíduos como matéria-prima para a produção de novos produtos.

No documento de patente EP2861359, o qual é classificado no domínio tecnológico como uma tecnologia ambiental, é proposta a fabricação de blocos (tijolos), utilizando resíduos eletroeletrônicos como matéria-prima.

Essa tecnologia poderia ser incorporada por cooperativas que, por meio de parcerias, promoveriam a produção desses blocos. Outra possibilidade seria, ao invés de produzi-los, ofertar o curso profissionalizante, de modo a ensinar a comunidade como fazê-los.

O invento descrito no documento de patente EP1773923, também classificado como Tecnologia Ambiental, além de Engenharia química, propõe um método para criar um aditivo especial para auxiliar na reciclagem de plásticos presentes, consumíveis, utilizados no processo de impressão.

No documento de patente BR201105184 de origem brasileira, classificado como Tecnologia Ambiental e também Engenharia química, tem-se um invento voltado para a recuperação de metais presentes nos REEEs.

Igualmente de origem brasileira, a patente BR102020021106 propõe um processo de produção de concreto, em que a areia e a brita são substituídas por resíduos eletroeletrônicos triturados.

Esse processo poderia ser replicado à comunidade por meio do Sistema S (Senai, Senac, etc.) com a oferta de cursos profissionalizantes, capacitando os alunos para manusearem essa tecnologia na produção de concreto.

A patente WO2021201251, enquadrada no domínio tecnológico como Engenharia química/Tecnologia da computação, se trata da criação de um método para analisar a composição de aparelho eletroeletrônico, tornando possível melhorar a análise da composição daquele componente.

De origem chinesa, a patente CN113953300 é um dispositivo de desmontagem e de reciclagem de resíduos de tecnologia eletrônica do tipo trituração, baseado em ranhuras onduladas, em formato de caixa, de modo que os resíduos de produtos eletrônicos podem ser desmontados e reciclados convenientemente, evitando-se, assim, a poluição ambiental.

Por fim, no documento de patente CN113617788, classificado como Tecnologia Ambiental, é apresentado um método para reciclar resíduos eletrônicos utilizando tecnologia de plasma.

Todas essas tecnologias são inovações pensadas para promover a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com o intuito de minimizar os

impactos causados ao meio ambiente, promovendo uma economia circular com a redução da demanda por recursos naturais e impulsionando a sustentabilidade econômica. Sua implementação pode criar oportunidades de emprego em setores como reciclagem, compostagem e desenvolvimento de tecnologias limpas, contribuindo para o crescimento econômico local.

4 Considerações Finais

Após a realização da pesquisa no Orbit, utilizando-se termos em inglês e português, foi possível perceber, no período de pesquisa, que a maioria das patentes voltadas para a temática do tratamento de resíduos eletroeletrônicos está em países orientais, principalmente China e Japão, sendo que no ocidente os EUA foram destaque.

Quanto ao Brasil, embora esteja à frente de muitos países, foram encontradas poucas patentes, o que demonstra que o país ainda não despertou para o problema do acúmulo de resíduos eletroeletrônicos e o seu tratamento adequado e não existem propostas para políticas públicas de incentivo ao desenvolvimento de tecnologias voltadas para o assunto.

Foi constatado, para o período de 2003 a 2023, um crescimento acentuado e contínuo de inovações voltadas para o tratamento de resíduos eletroeletrônicos. A China se destacou no número de depósito de patentes, principalmente a partir de 2016. Essa liderança pode ser justificada devido à sua política fiscal de incentivo à P&D: o país oferece incentivos por meio da dedução de impostos sobre o rendimento de empresas que busquem a minimização da emissão de resíduos no meio ambiente. O expressivo número de depósitos de patentes realizados pela China sugere que o país não só reconhece a crescente problemática da geração de resíduos, mas também se posiciona como líder na busca por soluções inovadoras.

Sobre as universidades que detêm titularidade de patentes, a maior parte delas se encontra na China.

Com relação às tecnologias identificadas, a maioria das patentes propõe a criação de equipamentos capazes de triturar restos de resíduos eletroeletrônicos que não podem ser reaproveitados, utilizando o material gerado para fabricação de novos produtos, aplicados em diversas áreas, com destaque especial para a construção civil.

Todas as tecnologias localizadas no estudo têm em comum o objetivo de promover a redução, a reutilização e a reciclagem de resíduos eletroeletrônicos com o propósito de reduzir impactos ambientais e de contribuir para a economia local. O que se propõe é não apenas a diminuição da demanda por recursos naturais, mas também o impulsionamento da sustentabilidade econômica por meio da geração de empregos.

5 Perspectivas Futuras

Na realização desta pesquisa, ficou nítido o destaque da China como principal depositante de patentes voltadas para o tratamento de resíduos eletroeletrônicos. Do número total de depósitos, o país foi responsável por 63,5%. Esse fato merece uma investigação mais aprofundada para que se possa entender os motivos por trás de tal fenômeno. Entender como a China está abordando o tratamento dos resíduos gerados pode fornecer *insights* valiosos para outros países que estão enfrentando o mesmo desafio.

Como sugestão para pesquisas futuras, poderiam ser realizadas investigações sobre os inventos encontrados com intuito de avaliar se as inovações já foram efetivamente implementadas no mercado e quais foram os resultados alcançados. Essa análise detalhada poderia envolver o rastreamento de casos de uso comercial dessas tecnologias, examinando seu impacto nas instituições ligadas ao tratamento de resíduos eletroeletrônicos e avaliando sua eficácia em termos de mitigação dos problemas associados.

Referências

- ARAÚJO, C. C. de O.; CERQUEIRA, G. S.; CARNEIRO, C. E. A. Prospecção Tecnológica para Processos de Compostagem de Resíduos Orgânicos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 13, n. 4, p. 1.177, 2020. DOI: 10.9771/cp.v13i4.33021. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/33021>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- BALDÉ, C. P. *et al.* **The Global E-waste Monitor 2020**: Quantities, flows and the circular economy potential. United Nations University (UNU)/ United Nations Institute for Training and Research (UNITAR) – co-hosted SCYCLE Programme, International Telecommunication Union (ITU) & International Solid Waste Association (ISWA). Bonn; Geneva; Rotterdam. 2020. Disponível em: https://ewastemonitor.info/wp-content/uploads/2020/11/GEM_2020_def_july1_low.pdf. Acesso em: 10 abr. 2023.
- BALDIM, M. L. L. S.; GUEDES, L. C. V.; CAMARINI, G. Política nacional de resíduos sólidos: possibilidades para o desenvolvimento sustentável urbano. **Profanações**, [s.l.], v. 7, edição especial 2, p. 6-25, 2020. DOI: 10.24302/prof.v7iesp.2.2978. Disponível em: <https://www.periodicos.unc.br/index.php/prof/article/view/2978>. Acesso em: 1º abr. 2024.
- BRASIL. **Lei n. 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Disponível em https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.html. Acesso em: 10 abr. 2023.
- JX-NMM. **JX Metals Corporation**. 2023. Disponível em: https://www.jx-nmm.com/english/company/pdf/corporate_profile_en.pdf. Acesso em: 28 mar. 2024.
- KUPFER, D.; TIGRE, P. B. **Modelo SENAI de Prospecção**: Documento Metodológico. Montevideo: Cinterfor; OIT, 2004. Disponível em: https://www.oitcinterfor.org/sites/default/files/file_publicacion/papeles_14.pdf. Acesso em: 28 abr. 2023.
- ORBIT INTELLIGENCE. **Página de busca**. 2024. Disponível em: <https://www.orbit.com/>. Acesso em: 29 abr. 2024.
- PARANHOS, R. de C. S.; RIBEIRO, N. M. Importância da Prospecção Tecnológica em Base de Patentes e seus Objetivos da Busca. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 11, n. 5, p. 1.274, 2018. DOI: 10.9771/cp.v11i5.28190. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/28190>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- QUINTELLA, C. M. *et al.* Prospecção Tecnológica como uma Ferramenta Aplicada em Ciência e Tecnologia para se Chegar à Inovação. **Rev. Virtual Quim.**, [s.l.], v. 3, n. 5, p. 406-415, 2011. Disponível em: <https://rvq-sub.sbq.org.br/index.php/rvq/article/viewFile/193/203>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- RIBEIRO, J. da S. *et al.* Prospecção de Patentes para a Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos. **Cadernos de Prospecção**, Salvador, v. 16, n. 3, p. 863-903, 2023. DOI: 10.9771/cp.v16i3.50433. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/nit/article/view/50433>. Acesso em: 15 mar. 2024.
- RIBEIRO, Núbia Moura. **Prospecção Tecnológica**. Salvador: IFBA; Fortec, 2018. v. 1. Coleção PROFNIT. Disponível em: <https://profnit.org.br/wp-content/uploads/2018/08/PROFNIT-Serie-Prospeccao-Tecnologica-Volume-1-1.pdf>. Acesso em: 2 maio 2023.
- TIAN, B. *et al.* **Tax incentive, R&D investment and firm innovation**: evidence from China. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.asieco.2020.101245>. Acesso em: 25 ago. 2023.
- WIPO – WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. **IPC and Technology Concordance Table**. 2009. Disponível em: https://www.wipo.int/meetings/en/doc_details.jsp?doc_id=117672. Acesso em: 28 mar. 2024.
- XAVIER, Lúcia Helena; CARVALHO, Teresa Cristina. (org.). **Gestão de resíduos eletroeletrônicos**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014.

Sobre os Autores

Walyson de Lima dos Reis

E-mail: walysonlr@unifesspa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-8631-2992>

Mestre em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação pela Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará, Programa de Pós-Graduação em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a Inovação, em 2024.

Endereço profissional: Folha 17, Quadra 04, Lote Especial, Nova Marabá, Marabá, PA. CEP: 68505-080.

Adriano Alves Rabelo

E-mail: adriano@unifesspa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3953-3149>

Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos em 2003. Docente do Profnit/Ponto Focal Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

Endereço profissional: Folha 17, Quadra 04, Lote Especial, Nova Marabá, Marabá, PA. CEP: 68505-080.

Elias Fagury Neto

E-mail: fagury@unifesspa.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2346-509X>

Doutor em Ciência e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos em 2005. Docente do Profnit/Ponto Focal Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará.

Endereço profissional: Folha 17, Quadra 04, Lote Especial, Nova Marabá, Marabá, PA. CEP: 68505-080.