

Logística reversa e computação: inovação tecnológica rumo a um futuro mais verde

Vitória Ribeiro Torres (UFS) *vitoria_rt@academico.ufs.br*
José Eduardo Santana Macedo (UFS) *eduu.macedo109@gmail.com*
Vorster Queiroga Alves (UFS) *vorster.queiroga@gmail.com*
Isabelly Pereira da Silva (UFS) *isabellypereira@academico.ufs.br*
Odelsia Leonor Sánchez de Alsina (UFCG) *odelsia@uol.com.br*
Luciano Fernandes Monteiro (UFS) *luciano_fm@academico.ufs.br*

Resumo

A logística reversa tem ganhado destaque como estratégia essencial para a gestão sustentável de resíduos e a transição para uma economia circular. Além disso, a integração de tecnologias computacionais o potencial de ampliar dessa área, promovendo processos mais eficientes e sustentáveis. Este estudo teve como objetivo investigar os avanços tecnológicos com integração entre logística reversa e tecnologias computacionais, buscando compreender como essa convergência pode moldar um futuro mais sustentável e competitivo. Para isso, realizou-se uma prospecção tecnológica no banco de dados PATENTSCOPE, utilizando palavras-chave representativas da temática e o filtro de classificação G06, que abrange tecnologias de processamento de dados aplicadas a negócios. Foram encontradas 104 patentes com uma diversificação de aplicações tecnológicas, como aprendizado de máquina e IoT. Além disso, os resultados revelaram um crescimento significativo no número de depósitos a partir de 2017, destacando-se os Estados Unidos como líder em inovação. Conclui-se que a integração entre logística reversa e computação tem potencial para impulsionar a competitividade das empresas e promover práticas sustentáveis. A contribuição deste estudo reside na identificação de tendências globais que podem orientar investimentos em tecnologias verdes, contribuindo para a redução de resíduos e a transição para uma economia circular.

Palavras-chave: *logística reversa; computação; sustentabilidade; inovação tecnológica.*

1. Introdução

A logística reversa, desde sua concepção na esteira da Revolução Industrial, desempenha um papel fundamental na mudança de comportamento da sociedade em relação à gestão de produtos e resíduos. Por décadas, o foco principal foi a eficiência dos processos de retorno de produtos pós-consumo. No entanto, observa-se uma nova tendência que alterou o cenário

drasticamente: a crescente conscientização sobre a sustentabilidade e o impacto ambiental associado à produção e descarte correto de produtos, que posiciona a logística reversa no centro de discussões (Almeida *et al.*, 2012). Assim, a logística reversa se tornou uma estratégia essencial para enfrentar desafios ambientais, como a produção excessiva de resíduos e a poluição.

Nessa perspectiva, a tecnologia é potencial aliada a favor de abordar questões ambientais, bem como na busca por modelos de negócios mais sustentáveis, utilizando da melhoria do sistema global como um todo. A introdução de tecnologias computacionais, como análise de dados, aprendizado de máquina e IoT (Internet das Coisas), tem o potencial de aprimorar a eficiência da logística reversa. Ao viabilizar a automação de processos e análise de previsões sobre padrões de consumo e descarte, essa estratégia possibilita uma gestão mais precisa e sustentável dos recursos (Taulli, 2020).

Quando aliada à computação, a logística reversa pode desempenhar uma influência significativa na transição para uma economia circular, onde produtos e materiais são reutilizados, reciclados e remanufaturados em vez de descartados no meio ambiente, contaminando toda a cadeia alimentar. Não obstante, essa abordagem tende a aumentar a competitividade das empresas, à medida que respondem às crescentes demandas dos consumidores por produtos ecoconscientes (Ganzer *et al.*, 2017). Dessa forma, a logística reversa, impulsionada pela tecnologia, torna-se um pilar estratégico para a construção de um futuro mais verde e economicamente viável.

Este estudo teve como objetivo investigar os avanços tecnológicos com integração entre logística reversa e tecnologias computacionais, buscando compreender como essa convergência pode moldar um futuro mais sustentável e competitivo. Para isso, realizou-se uma prospecção tecnológica utilizando o banco de dados PATENTSCOPE da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO). A contribuição científica deste trabalho reside na identificação de tendências globais e na análise de patentes relacionadas ao tema, que podem servir de base para nortear futuros investimentos nestas tecnologias e impulsionar a competitividade das organizações. Dessa forma, o trabalho contribui para a promoção de práticas sustentáveis e a transição para uma economia circular.

2. Metodologia

O trabalho foi desenvolvido em três etapas principais para atingir o objetivo da pesquisa. A primeira etapa, foi a coleta de dados, através da busca de patentes na temática. A segunda etapa foi a leitura e avaliação global das patentes, aliada com a exclusão patentes não relacionadas ao tema. Por fim, a terceira etapa foi a avaliação do cenário tecnológico, através da análise dos dados refinados para identificar tendências e padrões nas patentes analisadas.

A coleta de dados foi realizada no PATENTSCOPE, um banco de dados da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (WIPO), que contém mais de 113 milhões de documentos relacionados a patentes, incluindo 4,7 milhões de pedidos de patentes internacionais (WIPO, 2023a). A busca foi conduzida em setembro de 2023 usando a seguinte combinação de palavras-chave com operadores booleanos e caracteres coringas: ("reverse logistic*" OR "remanufacturing" OR "circular econom*") AND ("sustainabl*") AND IC:G06Q. Em relação ao International Class – IC, no estudo em questão, escolheu-se a classificação G06Q por abranger invenções relacionadas a sistemas ou métodos de computação aplicados a atividades comerciais, financeiras, de gestão ou negócios, alinhando-se ao objetivo de investigar a integração entre logística reversa e tecnologias computacionais.

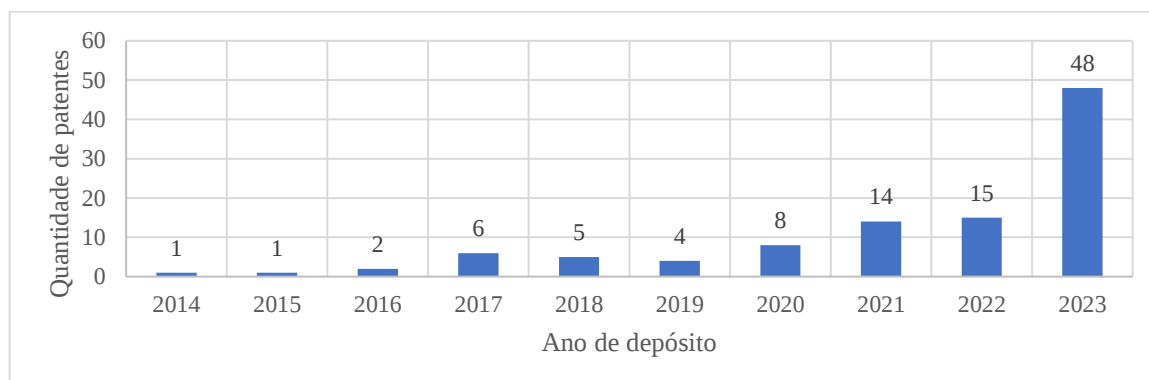
Após a coleta inicial, realizou-se uma leitura e avaliação global do conteúdo das patentes identificadas. Nessa etapa, foram excluídos documentos que, apesar de recuperados na busca inicial, não estavam diretamente relacionados ao tem, visando garantir que apenas patentes verdadeiramente alinhadas ao objetivo da pesquisa fossem incluídas na análise subsequente. Em seguida, foram analisados os dados quantitativos para compreender o cenário de desenvolvimento tecnológico relacionado à logística reversa e computação. Os indicadores escolhidos para o estudo incluíram informações sobre países, anos de depósito e códigos de classificação internacional de patentes.

3. Resultados e discussão

3.1. Tendência temporal

O estudo identificou 104 patentes com integração entre logística reversa e tecnologias computacionais. A Figura 1 retrata a distribuição dos depósitos de patente ao longo dos anos, onde é observado que em 2014, deu-se início a estudos nessa área de inovações tecnológicas associadas ao tema.

Figura 1 – Distribuição dos depósitos de patente no período de 2014 a 2023



Fonte: Autoria própria.

Desde 2017 o número de publicações cresce, alcançando o pico em 2023. Isso se deve às novas oportunidades do mercado e as preocupações com o futuro sustentável. Pode-se observar claramente que, durante o período de 2020 a 2023 existe um aumento percentual da distribuição dos depósitos de patentes, passando de 7,69% em 2020 para 46,16% em 2023, indicando que existe uma certa inquietação com as questões relacionadas com a sustentabilidade. De certa forma, esta inquietação tende a direcionar as políticas públicas e empresariais para uma mudança no atual sistema linear de produção, passando para um modelo mais sustentável focalizado na economia circular.

No entanto, a primeira publicação sobre esta temática inicia com um estudo da perspectiva de que melhorias nas atividades de logística reversa podem estar relacionadas com a preocupação do mercado em atender as agendas ambientais, por meio da economia circular, que detém um papel importante para destinação de subprodutos (Mamata, Melaine, Robert, 2017).

Há uma tendência no crescimento do número de depósitos e publicações entre os anos de 2016 até 2023, principalmente nos anos de 2019 a 2023. Nesse sentido, o aumento ocasionado pode ter sido potencializado devido a uma série de fatores, tais como: adaptações das legislações quanto a propriedade intelectual, às políticas públicas, aos incentivos governamentais, à própria rigidez das leis com foco na redução de resíduos, à conscientização pública e à pressão dos consumidores para comercialização de produtos e serviços mais sustentáveis (Moura, 2016).

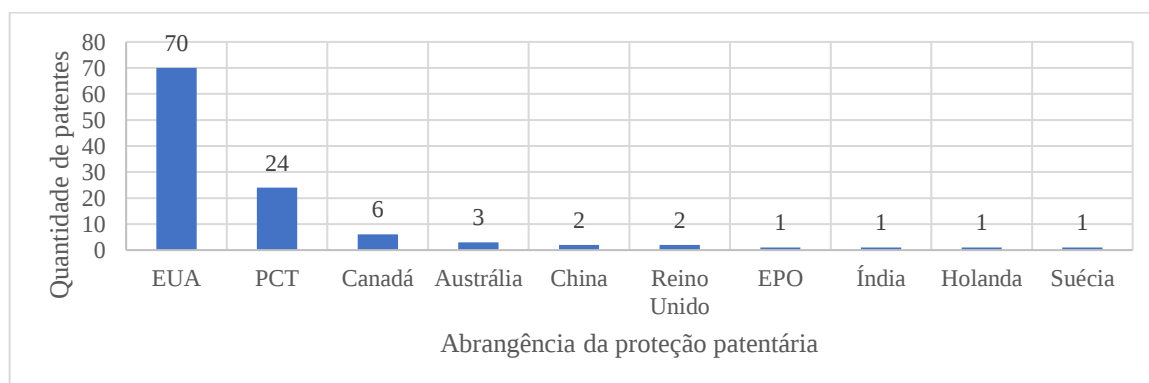
3.2. Distribuição por países

É importante examinar os países que desempenharam uma função significativa na análise e na solicitação de patentes junto ao banco de dados estudado, especialmente no contexto da logística reversa e da sustentabilidade, relacionados a tecnologias computacionais aplicados a negócios. Isso se aplica especificamente à classificação G06, relacionada a tecnologias de

processamento de dados e sistemas de informação, incluindo hardware de computador, software, processamento de dados, redes de computadores e tecnologias relacionadas (WIPO, 2023b).

Na mesma linha de raciocínio, o EPO funciona semelhante ao PCT, porém concedendo patentes para os estados contratantes da Convenção de Munique sobre a Patente Europeia (EPO, 2023). Nesse sentido, apesar do Brasil ser contemplado nos tratados, foi possível observar um número reduzido de depósito de origem nacional, o que evidencia um campo potencial a ser explorado, podendo trazer resultados otimizados com as novas formas de operar e aumentar a competitividade entre as organizações, visando atingir um modelo sustentável. Nesse sentido, a Figura 2 retrata a distribuição entre os países resultantes da pesquisa avançada no PATENTSCOPE e a participação destes países quanto ao tipo de conteúdo com pedidos de depósitos.

Figura 2 – Distribuição entre os países resultantes da pesquisa avançada no PATENTSCOPE sobre a aplicação da logística reversa sustentável na classificação G06



Fonte: Autoria própria.

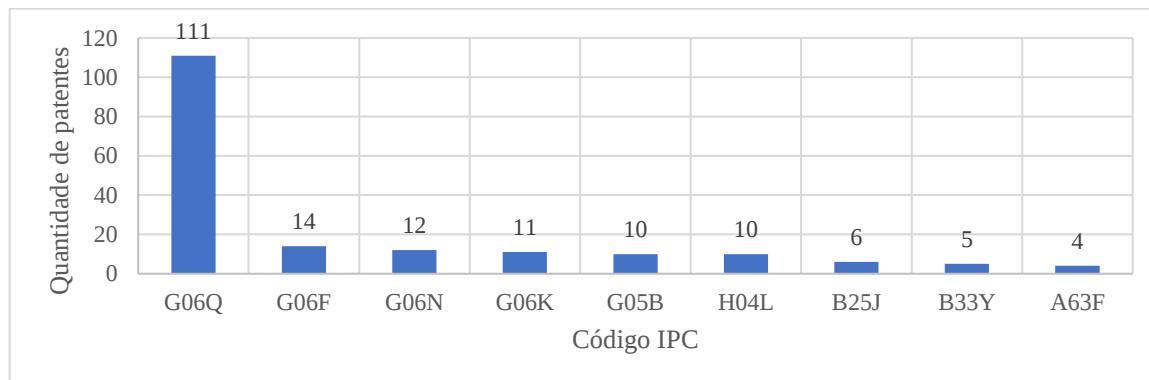
Desse modo, nota-se também na Figura 1 a forte participação dos Estados Unidos quanto a esse tipo conteúdo, com 70 pedidos de depósito. Não obstante, o estado norte-americano lidera em consonância com a China as altas taxas de emissões poluentes e geração de resíduos, sendo dois dos países mais poluentes do plano, porém competitivos no mercado e com alta lucratividade. Nesse sentido, a busca por alternativas verdes aumenta com o passar dos anos e têm se tornado alvo de investidores (CNN, 2023).

3.3. Áreas de aplicações

A Classificação Internacional de Patentes (IPC) é utilizada pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) para categorizar os pedidos de patentes de acordo com sua área tecnológica. Assim, o IPC visa facilitar a busca eficaz de documentos de patentes por escritórios de propriedade industrial e outros usuários. Ademais, um mesmo pedido de patente pode se

enquadrar em várias classificações, dependendo do contexto. A Figura 3 mostra a distribuição da classificação internacional de patentes resultantes da desta pesquisa, no PATENTSCOPE.

Figura 3 – Distribuição da Classificação Internacional de Patentes resultantes da pesquisa avançada no PATENTSCOPE sobre a aplicação da logística reversa sustentável na classificação G06



Fonte: Autoria própria.

Quanto às patentes relacionadas à logística reversa no contexto da computação, foram classificadas principalmente na categoria G06, que trata de métodos, dispositivos e sistemas relacionados a cálculos e contagens. Dentro dessa categoria, algumas patentes também se enquadraram em outras subdivisões, como o processamento elétrico ou digital de dados em geral (G06F), inovações relacionadas à computação neuronal, aprendizado de máquina e redes neurais artificiais (G06N), atividades de reconhecimento e processamento de dados, documentos gráficos, imagens e reconhecimento de padrões (G06K), além dos sistemas de controle, sistemas de regulação e dispositivos relacionados ao monitoramento e teste desses sistemas (G05B).

Outrossim, algumas patentes relacionadas a esse tema abordaram outros setores, porém dentro da área da tecnologia. Nesse sentido, pode-se mencionar o que se refere à transmissão, à recepção e ao processamento de informações digitais (H04L), aos robôs industriais, manipuladores automatizados e dispositivos de manipulação controlados por máquinas (B25J), à fabricação de objetos tridimensionais por deposição aditiva, aglomeração aditiva ou camada aditiva (B33Y), aos jogos, brinquedos e dispositivos associados a atividades recreativas e de entretenimento (A63F). Isso demonstra que a logística reversa e a computação têm aplicações diversas em vários segmentos, promovendo a diversificação de produtos no mercado a partir de um mesmo objetivo: utilizar essa combinação em prol da competitividade sustentável.

4. Conclusão

Esse estudo investigou a convergência entre logística reversa e computação como uma fonte de inovação tecnológica, rumo a um futuro mais sustentável. Com a pesquisa no PATENTSCOPE do WIPO, os resultados revelaram um crescente interesse global por soluções que integram esses dois campos, com potencial para impulsionar a competitividade das organizações e contribuir para a redução de resíduos e emissões poluentes.

No contexto brasileiro, a ausência de depósitos de patentes nessa área representa uma oportunidade estratégica a ser explorada. Assim, o país pode se posicionar como um líder na busca por soluções tecnológicas que promovam a sustentabilidade e, ao mesmo tempo, impulsionem o desenvolvimento socioeconômico.

Referências

ALMEIDA, M; PENNA, A.P; MONTEIRO, M.J; MONTEIRO, S.B.S; RODRIGUES, M.M.V.O.C. Análise da Logística Reversa de Resíduos de Equipamentos Eletroeletrônicos (computadores) com base na Política Nacional de Resíduos Sólidos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32.,2012. Bento Gonçalves: p.1-13, 2012.

CNN. EUA x China: que país emite mais gases causadores do efeito estufa? Disponível em: <https://www.cnnbrasil.com.br/internacional/eua-x-china-que-pais-emite-mais-gases-causadores-do-efeito-estufa/>. Acesso em: 26 set. 2023.

EPO – EUROPEAN PATENT OFFICE. **History**. Disponível em: <https://www.epo.org/en/about-us/timeline>. Acesso em 26 set. 2023.

GANZER, A.A; OSORIO, D.M.M; HUPFFER, H.M; BAUER, M.M; RAUBER, L.H; SOARES, N.A. **Educação ambiental e meio ambiente em pauta**. Novo Hamburgo: Editora Feevale, p.1-534, 2017.

INPI – INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL. **Tratado de Cooperação em matéria de Patentes (PCT)**. Disponível em: <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/Como-protoger-patente-no-exterior/pct/tratado-de-cooperacao-em-materia-de-patentes-pct>. Acesso em: 26 set. 2023.

MAMATA, D; MELANIE, H. S.; ROBERT, N. Secondary market: A significant aspect in reverse logistics and sustainability. **The International Journal of Sustainability in Economic, Social and Cultural Context**, v.12, n.1, p.25, 2017.

MOURA, A.M.M. **Governança ambiental no Brasil**: instituições, autores e políticas públicas. Brasília: Ipea, p.13- 344, 2016.

TAULLI, T. **Introdução à Inteligência Artificial**: uma abordagem não técnica. São Paulo: Novatec Editora, p.1-232, 2020.

WIPO. **PATENTSCOPE**. Disponível em: <https://patentscope.wipo.int/search/pt/search.jsf>. Acesso em: 26 set. 2023a.

WIPO. **IPC Publication**: Scheme. Disponível em: <https://ipcpub.wipo.int/?notion=scheme&version=20230101&symbol=G06F0017300000&menulang=en&lang=en&viewmode=f&fipcp=no&showdeleted=yes&indexes=no&headings=yes¬es=yes&direction=o2n&initial=A&cwid=none&tree=no&searchmode=smart>. Acesso em: 26 set. 2023b.