



REUNIR:
Revista de Administração, Ciências Contábeis e
Sustentabilidade

www.reunir.revistas.ufeg.edu.br



ARTIGO ORIGINAL: Submetido em: 09.08.2019. Avaliado em: 27.10.2020. Apto para publicação em: 09.07.2024. Organização Responsável: UFCG.

Transporte Ferroviário e Meio Ambiente: Aproximações e Convergências na Produção Científica entre 1970 e 2017

Rail Transport and Environment: Approximations and Convergences in Scientific Production between 1970 and 2017

Transporte Ferroviario y Medio Ambiente: Aproximaciones y Convergencias en la Producción Científica entre 1970 y 2017

Luiz Kennedy Cruz Machado

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri
Departamento de Ciências Contábeis
Campus do Mucuri, Rua do Cruzeiro, nº 1, Jardim São
Paulo - Teófilo Otoni/MG - Brasil
<https://orcid.org/0000-0002-1090-8245>
kennedy.machado@ufvjm.edu.br

Sabrina Soares da Silva

Universidade Federal de Lavras
Programa de Pós-Graduação em Administração
Avenida Central - Campus Universitário - Lavras, MG -
Brasil - Caixa-postal: 3037
<https://orcid.org/0000-0003-0096-4742>
sabrinasilva@ufla.br

José Willer do Prado

Universidade Federal de Lavras
Programa de Pós-Graduação em Administração
Avenida Central - Campus Universitário - Lavras, MG -
Brasil - Caixa-postal: 3037
<http://orcid.org/0000-0003-3926-2406>
jose.prado@ufla.br

Antônio Carlos dos Santos

Universidade Federal de Lavras
Departamento de Gestão do Agronegócio
Avenida Central - Campus Universitário - Lavras, MG -
Brasil - Caixa-postal: 3037
<https://orcid.org/0000-0002-7499-5034>
acsantos@ufla.br



PALAVRAS-CHAVE

Transporte Ferroviário.
Meio Ambiente.
Análise Bibliométrica.

Resumo: O transporte ferroviário pode ser uma importante alternativa de distribuição da produção de um país e assim fortalecer sua competitividade. Todavia, suas particularidades devem ser analisadas com atenção, principalmente aquelas relacionadas às questões ambientais. Buscando elucidar a interface entre o transporte ferroviário e o meio ambiente, o presente artigo visa identificar e descrever, por meio de uma análise bibliométrica, como está configurada a produção científica que aborda, conjuntamente, estes temas, além de esquematizar o direcionamento desses estudos e identificar seus principais pesquisadores. Para atingir esse objetivo, foi realizado um levantamento dos artigos indexados na base de dados Web of Science, adotando critérios de busca que permitissem delimitar a produção objeto desta análise. Os resultados permitiram identificar os trabalhos mais relevantes sobre essa temática, a evolução cronológica dessas publicações, os principais pesquisadores, seus países de origens instituições, além das áreas que mais publicam sobre o assunto. Constatou-se que, a partir da década de 1970, surgiram os primeiros estudos na base Web of Science sobre os temas de estudo em questão, os quais se tornaram mais frequentes a partir de 2006. As

principais áreas dos estudos foram engenharia, ciência da computação, economia, administração, geologia, telecomunicação, estudos sociais, entre outros, em periódicos diversos. Embora as publicações sejam mais expressivas entre os chineses, os trabalhos mais citados são de norte-americanos.

KEYWORDS

Rail Transportation.
Environment.
Bibliometric Analysis.

Abstract: Rail transport can be an important alternative for distributing a country's production and thus strengthening its competitiveness. However, their particularities should be carefully analyzed, especially those related to environmental issues. Seeking to elucidate the interface between rail transport and environment, this article aims to identify and describe, through a bibliometric analysis, how the scientific production that deals with these themes is configured, besides outlining the direction of these studies and identify their top researchers. To achieve this objective, a survey of articles indexed in the Web of Science database was performed, adopting search criteria that allowed delimiting the production object of this analysis. The results allowed us to identify the most relevant works on this subject, the chronological evolution of these publications, the main researchers, their countries of origin and institutions, as well as the areas that publish the most on the subject. It was found that from the 1970s onwards, the first studies in the Web of Science on the subject of study emerged, which became more frequent from 2006. The main areas of study were engineering, science of computing, economics, administration, geology, telecommunication, social studies, among others, in various journals. Although the publications are more expressive among the Chinese, the most cited works are by Americans.

PALABRAS CLAVE

Transporte Ferroviario
Medio Ambiente. Análisis
Bibliométrico.

Resumen: El transporte ferroviario puede ser una alternativa importante para distribuir la producción de un país y así fortalecer su competitividad. Sin embargo, sus particularidades deben analizarse cuidadosamente, especialmente las relacionadas con cuestiones relacionadas con el ambiente. Con el objetivo de elucidar la interfaz entre el transporte ferroviario y las cuestiones ambientales, este artículo tiene como objetivo identificar y describir, mediante un análisis bibliométrico, cómo se configura la producción científica que trata estos temas, además de esquematizar la dirección de estos estudios e identificar revisión a sus mejores investigadores. Para lograr este objetivo, se realizó una análisis de artículos indexados en la base de datos de Web of Science, adoptando criterios de búsqueda que permitieron delimitar el objeto de producción de este análisis. Los resultados nos permitieron identificar los trabajos más relevantes sobre este tema, la evolución cronológica de las publicaciones, los principales investigadores, sus países de origen e instituciones, así como las áreas donde se publica más sobre el tema. Se descubrió que a partir de la década de 1970, surgieron los primeros estudios en la Web of Science sobre el tema de estudio, que se hicieron más frecuentes a partir de 2006. Las principales áreas de estudio fueron en la ingeniería, ciencia de la informática, economía, administración, geología, telecomunicaciones, estudios sociales, entre otros, en diversas revistas. Aunque las publicaciones son más expresivas entre los chinos, las obras más citadas son las estadounidenses.

Introdução

A sociedade está cada vez mais atenta às ações voltadas para o uso responsável dos recursos naturais pelas empresas e para a busca de um equilíbrio entre seus papéis econômico, ambiental e social. Esse cenário tem pressionado as empresas a estabelecerem práticas voltadas à preservação ambiental e redução dos impactos que suas atividades causam sobre o meio ambiente (Batista, Atista, Cruz & Bruni, , 2016), visto que elas são as responsáveis por intermediar a relação entre o consumidor final e os recursos naturais. Assim, vem aumentando as obrigações e responsabilidades das empresas ao extrair recursos do meio ambiente para alcançar seus objetivos econômicos.

Na busca pelo desenvolvimento sustentável e pela redução dos efeitos negativos nas mudanças climáticas, a Cúpula Mundial sobre Desenvolvimento Sustentável, ocorrida no ano de 2002 em Joanesburgo, África do Sul, destacou o transporte como um setor que merece atenção. Ao passo que este setor gera inúmeros benefícios à economia e mobilidade das pessoas, ele também é um dos grandes responsáveis pelos impactos ambientais, o que o torna merecedor de destaque no meio acadêmico. Yang, Zhang e Wu (2023) afirmam que é possível equilibrar os custos operacionais e a eficiência com a necessidade urgente de reduzir as emissões de carbono, proporcionando um caminho viável para um transporte mais sustentável.

Cada país possui uma matriz de transporte característica, com investimentos expressivos nos modais que melhor se adequam às suas necessidades, dentre os quais se destacam os modais rodoviário, ferroviário, aquaviário, dutoviário e aéreo. Os sistemas de transporte eficientes são uma componente fundamental da infraestrutura social e econômica europeia. Com a capacidade de transportar grandes volumes de passageiros e frete de forma

segura, rápida e sustentável, eles fornecem enorme valor para seus usuários e para a sociedade em geral (Benga, Delgado-Rodríguez & Lucas-Santos, 2023).

O transporte ferroviário, que será tema central desse trabalho, é o mais utilizado nos países desenvolvidos para movimentação de cargas a média e longas distâncias, e seus investimentos mais significativos estão concentrados nos países que estão em desenvolvimento (Morales, 2008).

É importante analisar o setor do ponto de vista das discussões ambientais. Embora o transporte ferroviário seja o mais eficiente para transportar cargas com baixo valor agregado por longas distâncias (Salomão, 2006) e seu consumo de combustível representar apenas 20% do consumo em uma rodovia, ambas em situações modernas de conservação (Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada - IPEA, 2010), seu impacto ambiental pode ser significativa, pelo que deve ser analisado e mensurado.

Benga et al. (2023) afirmam que o setor ferroviário europeu já reconheceu a necessidade de novas melhorias, a fim de satisfazer as futuras necessidades de transporte e fazer parte do amplo movimento europeu de descarbonizar o transporte.

Considerando que conforme ressaltam Quevedo-Silva, Santos, Brandão e Vils (2016), os estudos bibliométricos auxiliam na identificação de tendências nas pesquisas contemporâneas e identificação de lacunas e oportunidades no objeto de estudo em análise. Nesse contexto, questiona-se, como os artigos científicos sobre transporte ferroviário vêm abordando os diferentes temas relacionadas ao meio ambiente? Para elucidar a anterior questão, o objetivo desse trabalho foi identificar e descrever, por meio de uma análise bibliométrica, como estão configurados os estudos em transporte ferroviário quanto à inclusão e abrangência de seu relacionamento com as temáticas ligadas ao meio ambiente e esquematizar o direcionamento desses estudos e seus principais pesquisadores.

Panorama do Transporte no Cenário Mundial

O setor de transporte é o “carro-chefe” na determinação da rede de comercialização pela sua influência na concorrência e competitividade dos produtos (NUNES, 2006). A gestão de um sistema de transporte necessita de uma ampla visão de todo processo, que engloba desde o planejamento, controle dos custos, conhecimento das ligações da sua rede logística e seu nível de serviço atual e o esperado pelo cliente (Alvarenga & Novaes, 2000; Nunes, 2006).

Uma economia com grande capacidade produtiva carece de uma atenção especial ao seu sistema de transporte. Há casos de países que tiveram seu desenvolvimento econômico contido pelos gargalos no setor de transporte. Conforme sustenta Aschauer (1989), o investimento em infraestrutura amplia o crescimento econômico e regional, no qual o setor de transporte é a fonte para o crescimento econômico de uma região.

A infraestrutura adequada nos setores de transportes atua como uma conexão entre as cadeias produtivas, além de ser fundamental para a eficiência da economia mundial que beneficia todos os setores (Pinto Júnior, 2010). Consoante Adler (1978), uma infraestrutura de transportes carente de recursos prejudica todo o sistema produtivo de um país.

Santana, Garcia e Souza (2005) sustentam que os investimentos em infraestrutura promovem o crescimento econômico por se tratar de bens de capital, além disso, o setor promove recursos essenciais para muitos setores ao longo de várias cadeias produtivas. Sendo mais específico, Morais e Aragão (2007) defendem que investir em infraestrutura de transporte motiva uma ampliação no número de contribuintes pela criação de novas empresas no setor.

Para Chopra e Meindl (2011) o transporte exerce um papel crucial na logística de distribuição uma vez que os produtos raramente são fabricados e consumidos no mesmo local. O transporte pode ser utilizado como fator-chave se a estratégia de negócios da empresa for atender clientes que demandam um

alto nível de responsividade. Por outro lado, se o preço for o principal critério de decisão de compra, o transporte pode ser utilizado para baixar o custo do produto (Ballou, 2010).

No capítulo seguinte será aprofundado nas particularidades do modal ferroviário, com suas características que o distingue dos demais tipos de transporte.

Transporte Ferroviário

O setor de transporte tem peculiaridades que o distingue dos demais setores. O alinhamento entre a organização pública e privada é fundamental para seu êxito, principalmente quando estamos trabalhando com o setor ferroviário, que depende diretamente das parcerias desenvolvidas por essas duas esferas. As ferrovias são um meio de transporte relativamente recente, quando comparado com a movimentação de cargas feita por rios e estradas (Barke, 1986).

O modal ferroviário é o sistema de transporte sobre trilhos, composto de via férrea e instalações fixas, material rodante e outros equipamentos necessários para o transporte seguro e eficiente de cargas e passageiros. Sua principal característica é transportar grandes volumes de cargas por médias e longas distâncias, com maior segurança, alta eficiência energética e menor índice de acidentes e furtos (Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários - ANTF, 2017; Agência Nacional de Transportes Terrestres - ANTT, 2017).

Um transporte ferroviário bem estruturado pode ser uma importante alternativa para fortalecer a competitividade do país. Apesar de possuir um alto custo de implantação, seus custos de transporte e manutenção da via são relativamente menores quando comparados a outros modais, como o rodoviário. Na maior parte dos países desenvolvidos da Europa, foram os investimentos em uma base adequada e consistente de equipamentos ferroviários que permitiram a esses países alinhar suas necessidades logísticas a esse modal (Jacobs & Chase, 2006). Infelizmente esse fato não ocorreu em nosso país, pode-se admitir que houve um progresso no setor nos últimos anos com os processos de concessões, mas ainda está longe de ser o ideal e o necessário.

As ferrovias possuem algumas vantagens,

quando comparada com outros modais, conforme sustenta Morales (2008): maior capacidade no transporte de cargas e passageiros; é mais econômico que o rodoviário; possui diversas opções energéticas (vapor, diesel e eletricidade); material rodante é de longa duração; os trens modernos podem atingir grandes velocidades; e estimula o desenvolvimento das indústrias de base.

O Quadro 1 remete às características dos modais de transporte, todavia, aborda outros fatores primordiais e não menos importantes na escolha do modal, como o custo de transporte,

flexibilidade do sistema e sua capacidade intermodal.

Neste Quadro 1, percebe-se também um destaque do modal ferroviário no quesito custo, quando comparado principalmente com o rodoviário, e, por possuir uma capacidade intermodal muito alta. De modo geral, é notório que o processo de escolha do modal demanda um longo planejamento e sua opção impacta diretamente nos lucros da empresa. Peixoto (2013) defende que a escolha da combinação de modais irá caracterizar a eficiência e desempenho logístico da empresa em um determinado período.

Quadro 1
Características dos serviços dos modais de transporte

Características dos serviços por transportes modais					
Característica	Rodoviário	Ferroviário	Aéreo	Aquaviário	Dutoviário
Custo	Moderado	Baixo	Alto	Baixo	Baixo
Tempo em trânsito	Moderado	Lento	Rápido	Muito baixo	Muito baixo
Disponibilidade	Alta	Moderada	Moderada	Baixa	Baixa
Consistência do tempo de entrega	Alta	Moderada	Alta	Baixa-moderada	Alta
Perdas e danos	Baixa	Moderada-alta	Baixa	Baixa-moderada	Baixa
Flexibilidade	Alta	Moderada	Baixa-moderada	Baixa	Baixa
Capacidade intermodal	Muito alta	Muito alta	Moderada	Muito alta	Muito alta

Fonte: adaptado de Farahani et al. (2011) e Peixoto (2013).

Contudo, os países investem nos modais de transporte que melhor se adequem às suas características geográficas e econômicas, não sendo colocada em primeiro plano sua eficiência relacionada às questões ambientais, que variam de acordo com o modal e a tecnologia utilizada. No tópico a seguir será discutida essa questão, mais especificamente para o setor ferroviário.

Transporte, Ferrovia e Meio Ambiente

Ao passo que o setor de transporte gera inúmeros benefícios para a sociedade, ele também é responsável por grandes custos e impactos ambientais. Bozoky et al. (2014) afirmam que apesar do avanço no setor de transportes em relação ao desenvolvimento tecnológico nos últimos anos, não é sempre que as novas tecnologias estão alinhadas com os conceitos de desenvolvimento sustentável.

Como exemplo podemos citar o Brasil, onde 28% de toda energia consumida vai para o transporte e desse total 92% é direcionado para o rodoviário, além do transporte consumir 51% de todo produto derivado do petróleo (Castro, 2013). O autor também afirma que o alcance dos impactos sociais e ambientais do transporte é proporcional a importância do setor para a economia como um todo, e enumera uma lista com os principais causadores desses impactos ambientais: poluição das águas pelos resíduos, acidentes, disposição de resíduos sólidos (óleos lubrificantes), destruição e perdas naturais pela construção das vias, poluição sonora e do ar, efeito estufa causado pelos gases, entre outros.

Ao se fazer um comparativo entre o transporte rodoviário e ferroviário, vemos os inúmeros benefícios que esse último traz sobre o primeiro. O transporte rodoviário é mais poluente, gasta mais combustível, tem custo superior para longas distâncias e tem um maior índice de acidentes (Hijjar, 2004). Coeli (2004) cita que o modal

ferroviário chega a consumir quatro vezes menos combustível que no rodoviário, ambos em situações ideais de conservação, sendo ideal para transporte de carga por longas distâncias.

Eller et al.(2011) fazem um comparativo dos custos rodoviários e ferroviários onde apresentam que os custos ambientais para o transporte rodoviário é quase cinco vezes superior que no transporte ferroviário (tonelada-quilômetro útil transportada). Enquanto no transporte rodoviário o custo com meio ambiente representa 65% do gasto total, para o setor ferroviário esse valor fica em torno de 26,5%.

Sem considerar os gastos ambientais, o transporte rodoviário tem menores custos de implantação que o ferroviário, levando em conta apenas as operações e manutenção. Esse fato explica, em partes, o motivo dos recursos públicos serem direcionados massivamente para o transporte rodoviário no Brasil (Eller, Sousa Júnior & Curi, 2011).

Entretanto, não podemos deixar de considerar os custos sociais e ambientais dos sistemas de transporte. Nas últimas décadas os problemas ambientais vêm ficando mais evidentes e sua relação com os meios de transportes são intensas. É importante pensar como o meio de transporte que se utiliza em uma região impacta ambientalmente e não apenas economicamente. A sociedade está ficando mais consciente dessas questões ambientais e assim forçando as empresas e governo a pensar no assunto. Essa conscientização também está presente no meio

acadêmico mundial e analisar esses trabalhos e suas particularidades do setor ferroviário é objetivo desse trabalho.

Elementos Metodológicos da Pesquisa

Para esta investigação, foi realizado um estudo bibliométrico, que utiliza técnicas quantitativas para analisar as produções científicas segundo as autorias, coautorias, citações, co-citações, periódicos de publicação, desenvolvimento do campo e distribuição da bibliografia (Vanti, 2002; Francisco, 2011; Pinto, Serra & Ferreira, 2014). Este método nos permite compreender, com clareza e riqueza de detalhes, a evolução de um campo teórico ao longo dos anos e suas tendências para pesquisas futuras.

É oportuno ressaltar que, assim como toda forma de pesquisa, a bibliometria tem suas limitações, como as demarcações errôneas dos termos, conhecida por polissemia, visão generalizada do campo e possibilidades de falhas na coleta dos dados (Bittar, Da Silva & Hayashi, 2011; Taskinand & Al, 2014). Com a intenção de reduzir a interferência dessas questões, optou-se por seguir algumas etapas, adaptadas do framework de Do Prado et al. (2016), dispostas no Quadro 2. Essas etapas sistematizaram a busca dos dados, seleção, organização e análise dos trabalhos pesquisados.

As etapas do Framework para o desenvolvimento de pesquisa bibliométrica não ocorre em sentido único e crescente da primeira etapa à última, ele permite uma realimentação constante entre os processos com a finalidade de minimizar erros.

Quadro 2

Framework para o desenvolvimento da pesquisa bibliométrica

Etapa		Processo	
1	Definição do escopo da pesquisa e sua operacionalização	I	Escolha dos objetos de estudo
		II	Definição da(s) base(s) científica(s) ou periódico(s)
		III	Delimitação dos termos que representam o campo
		IV	Testes com outros termos para apurar os resultados
2	Métodos de busca	I	Title (termo do campo) AND Topic (direcionamento)
		II	Utilização de underline: expressão exata
		III	Filtro 1: Delimitação em somente artigos
		IV	Filtro 2: Todos os anos
		V	Filtro 3: Todas as áreas
		VI	Filtro 4: Todos os idiomas

3	Procedimentos de construção do banco de dados	I	Download das referências - software EndNote
		II	Download das referências em formato planilha eletrônica
		III	Download das referências para utilização no CiteSpace
		IV	Organização das referências no EndNote
		V	Organização de matriz de análise em planilha eletrônica
		VI	Importação dos dados para softwares de análise
4	Ajuste e organização dos dados	I	Eliminação dos artigos duplicados no banco de dados
		II	Eliminação de artigos por meio de leitura flutuante
		III	Eliminação por meio da análise da polissemia dos termos
		IV	Busca dos artigos completos no formato .pdf
5	Apreciação da produção científica	I	Análise do volume das publicações e tendências temporais
		II	Análise dos artigos mais citados na amostra
		III	Análise das Universidades que mais publicaram
		IV	Análise dos periódicos que mais publicaram os artigos da amostra
		V	Análise dos periódicos mais citados na amostra
		VI	Análise das categorias (áreas) das publicações
		VII	Análise dos países que mais publicaram
		VIII	Análise dos artigos mais citados na amostra
		IX	Tendências e agenda de pesquisa dos trabalhos recentes

Fonte: adaptado de Do Prado et al. (2016).

Etapa 1: Definição do escopo da pesquisa e sua operacionalização

Para atingir o objetivo da pesquisa, foi delimitado o campo do transporte ferroviário relacionado à temática meio ambiente, com a utilização da base de dados *Web of Science* (coleção principal) da Thomson Reuters Cientific para levantamento dos artigos. A demarcação de apenas uma base é devido às opções de exportação existentes na mesma, para outros softwares como o CiteSpace e EndNote® (Chen, 2004, 2006), a padronização das publicações, possibilitando a comparação, e a confiabilidade que a base possui no meio acadêmico, além de reunir cerca de 12.000 periódicos (Pinto et al. 2014; Hassan, Haddawy & Zhu, 2014; Liu et al. 2014).

Nos processos III e IV dessa etapa foram escolhidos os termos que representam o campo de publicações sobre o transporte ferroviário e meio ambiente, sendo eles “railroad” e “environment”. Também foram feitos testes de buscas com outros termos comuns nessas pesquisas na tentativa de abarcar o maior número de trabalhos na temática em questão, são eles: “railway”, “railtransport”, “logistic”, “environmental problems”, e “modal rail”. Por fim, o filtro da busca avançada utilizada foi: TI = (Railroad* OR Railway* OR “railtransport”

OR “modal rail”) AND TI=(environment*).

Etapa 2: Métodos de busca

Foram selecionados dois campos de busca interligados pelo conectivo “and”. No primeiro deles, foi delimitada uma busca apenas nos títulos dos trabalhos com os seguintes termos: “railroad”, “railway”, “railtransport” e “modal rail”. No segundo campo, a busca foi realizada para palavras que constavam também no título, filtrado pela palavra “environment”.

Os filtros são delimitados de acordo com os objetivos dos pesquisadores, sendo, neste caso, especificado para somente artigos, para todos os anos de publicação indexados nessa base (1945-2017), sem restrições para áreas de conhecimento e abrangendo todos os idiomas.

Etapa 3: Procedimentos de construção do banco de dados

As referências dos trabalhos e suas citações foram exportadas para o software EndNote® e tabuladas em planilha eletrônica e em formato de texto, para análises no software CiteSpace.

O EndNote® fornece acesso direto a várias bases de dados, com fácil importação de referências de fontes confiáveis e reconhecidas. Oferece também uma integração eficiente com o Microsoft Word e

outros processadores de texto.

Já o CiteSpace é uma ferramenta de análise de redes que oferece uma aplicação livre para analisar a produção acadêmica por meio de redes, identificando tendências, crescimento das publicações, clusters temáticos e colaboração entre países, autores, além de cocitação de referências e periódicos (Chen, 2004, 2006; Barbosa & Reinert, 2014).

As redes são representações visuais provenientes de diferentes elementos em um conjunto de dados específicos como redes de citação, redes de co-autoria, redes de Instituições de ensino/pesquisa, redes de países, entre outras.

Etapa 4: Ajuste e organização dos dados

Os artigos foram analisados no Excel e no banco de dados do EndNote®, para retirar os trabalhos duplicados, realizar uma leitura flutuante dos mesmos, primeiro contato com os artigos que serão submetidos à análise (Bardin, 2011), e apreciar a polissemia dos termos, para garantir a adequação dos trabalhos.

Após esses processos, foi feita uma busca completa dos trabalhos no formato pdf, para uma análise mais acurada dos artigos e eliminação daqueles que não tinham relação com a temática de interesse. Após esses procedimentos, formou-se a amostra para as análises em questão.

Etapa 5: Apreciação da produção científica

Na última etapa, foram desenvolvidas diversas análises e a operacionalização dos dados ocorreu por meio dos softwares EndoNote®, Microsoft Excel e CiteSpace.

No CiteSpace, foram construídas redes para análise do campo de publicações e suas tendências de crescimento, clusters temáticos, parcerias entre países, autores e co-citação de referências e periódicos. Também foram gerados tabelas e gráficos com a finalidade de demonstrar as tendências temporais, os artigos mais citados com seus respectivos autores e periódicos (Chen 2004, 2006; Liu 2013; Barbosa & Reinert, 2014).

Por último, foi desenvolvido um mapa

para demonstrar a direção que a pesquisa sobre meio ambiente e transporte ferroviário está seguindo, a partir das sugestões de trabalhos futuros encontrados nos artigos mais relevantes sobre o assunto publicados nos últimos anos, além de demonstrar as áreas de publicação desses trabalhos.

Resultados e Discussão

O volume de publicações referentes ao transporte ferroviário e meio ambiente, apesar de ter se iniciado em 1970, manteve-se relativamente baixo na maior parte dos anos até 2013. A Figura 1 apresenta a distribuição de 141 publicações identificadas até 2017. Embora tenha havido maior produção nos anos de 2006 e 2011, comparado com os anos anteriores, apenas a partir de 2014 o número de artigos superou 10 ao ano. O primeiro artigo disponível na base Web of Science foi publicado no Journal of Environmental Sciences, em 1970. Porém, este não se tornou referência na temática, tendo sido citado apenas uma única vez até o momento da coleta dos dados.

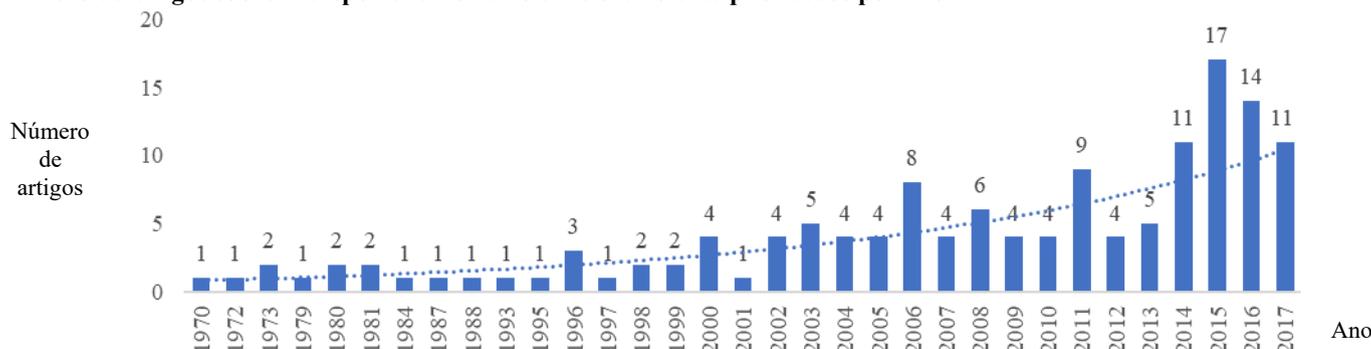
Quanto às publicações mais citadas, na Tabela 1 temos os artigos que mais se destacaram, sendo dois dos principais o trabalho de Caves e Christensen (1980), com 145 citações, e o trabalho de Calle-Sanchez, Molina-García, Alonso & Fernández-Durán (2013), o qual, embora seja o mais recente entre os oito mais citados, está na quarta colocação, com 40 citações em cinco anos.

No artigo de Caves e Chistensen (1980), pesquisadores da universidade norte-americana de Wisconsin-Madison, analisaram a eficiência relativa de duas ferrovias canadenses, uma pública e a outra privada. No estudo, não foram encontrados resultados que comprovassem a hipótese de ineficiência da ferrovia pública. Neste íterim, vale destacar que trabalhos recentes mantem viva essa relação entre transporte e eficiência energética, como as pesquisas de Wangai, Rohacs e Boros (2020), Yang et al. (2023) e Benga et al. (2023).

Já o trabalho de Calle-Sanchez et al. (2013), desenvolvido por pesquisadores espanhóis que atuam na Universidade Politécnica de Madri, traz uma alternativa para a comunicação no ambiente ferroviário, que pode trazer mais segurança e rapidez na comunicação, seja ela em grupo ou nas chamadas

de emergências.

Figura 1
Número de artigos sobre transporte ferroviário e meio ambiente publicados por ano



Fonte: dados da pesquisa, 2018.

Tabela 1
Artigos mais citados sobre transporte ferroviário e meio ambiente na base Web of Science

	Título	Autores/Ano	País	Periódico (ISSN)	Cit.
1	The relative efficiency of public and private firms in a competitive environment - the case of canadian railroads	Caves e Christensen (1980)	EUA	Journal of Political Economy (0022-3808)	145
2	Environmental variation, strategic change and firm performance - a study of railroad deregulation	Smith e Grimm (1987)	EUA	Strategic Management Journal (1097-0266)	138
3	Simulation of railway wheel profile development due to wear - influence of disc braking and contact environment	Enblom e Berg (2005)	Suécia	Wear (0043-1648)	63
4	Long Term Evolution in High Speed Railway Environments: Feasibility and Challenges	Calle-Sanchez et al. (2013)	Espanha	Bell Labs Technical Journal (1538-7305)	40
5	A distributed surveillance system for detection of abandoned objects in unmanned railway environments	Sacchi e Regazzoni (2000)	Itália	IEEE Transactions On Vehicular Technology (0018-9545)	36
6	A thermodynamic, environmental and material flow analysis of the Italian highway and railway transport systems	Federici, Ulgiati e Basosi (2008)	Itália	Energy (0360-5442)	34
7	Economic-performance in regulated and unregulated environments - a comparison of united-states and canadian railroads	Caves, Christensen e Swanson (1981)	EUA	Quarterly Journal Of Economics (1531-4650)	32
8	Underground railway environment in the UK Part 2: Investigation of heat load	Ampofo, Maidmente Missenden (2004)	Inglaterra	Applied Thermal Engineering (1359-4311)	27

Fonte: dados da pesquisa, 2018 (Obs.: ISSN da versão online do periódico).

O segundo trabalho mais citado foi desenvolvido por Smith Grimm, em 1987, que faz um comparativo entre empresas ferroviárias que mudaram suas estratégias, ou não, em resposta à variação ambiental, seguido pelo trabalho escrito por Roger Enblom e Mats Berg, na década de 2000, que trata de fatores ambientais como a umidade e a contaminação e suas interferências no processo de frenagem das locomotivas.

Caves e Christensen também publicaram outra obra de destaque no Quarterly Journal Of Economics, em 1981, juntamente com Swanson, o que os tornaram dois pesquisadores de destaque na temática em questão. Nota-se que os trabalhos dos autores americanos foram mais citados na década de 1980, com três trabalhos, e os dos italianos tiveram mais relevância nos anos 2000, também com três trabalhos entre os dez mais citados sobre a temática.

Embora os trabalhos de autores chineses não

estejam entre os mais citados, suas universidades têm se dedicado aos estudos sobre transporte ferroviário e meio ambiente,

sendo que, das instituições que mais publicam sobre o assunto, três são da China, como pode ser visto na Figura 2.

Figura 2

Universidades dos autores que mais publicaram sobre transporte ferroviário e meio ambiente



Fonte: elaborado pelos autores com dados da Web of Science (Ponto de corte ≥ 2), analisados no software CitiSpace.

A universidade que mais publicou sobre o assunto foi a Beijing Jiaotong University, situada na cidade de Pequim, com oito artigos publicados sobre a temática na Web of Science no período da análise, todos eles relacionados a engenharia, com destaque para He, Mol, Zhang e Lu (2015), com dez citações, desenvolvido por pesquisadores que atuam no departamento de Controle de tráfico ferroviário e segurança da universidade e Pu, Wang e Zhang (2010), com 7 citações, que tratam da comunicação no ambiente ferroviário. Outro fato importante é que todas essas publicações se concentram a partir do ano de 2010, e duas delas no ano de 2017, mostrando o interesse atual dos pesquisadores dessa instituição sobre o assunto. A universidade conta com o pesquisador Ruisi He, que publicou vários trabalhos de destaque nessa temática, como apresentado na rede de trabalhos mais citados da amostra.

Em segundo lugar nesse ranking está a Chinese Academy of Science, Instituição do Conselho de Estado da China, também com sede em Pequim, que possui seis trabalhos na área, todos publicados a partir do ano de 2011. Dentre os trabalhos, vale destacar o artigo de Zhnag et al. (2012) que possui 13 citações. O trabalho aborda a frequente danificação da Estrada de Ferro Qinghai-Tibet, causada pela areia abundante soprada pelos fortes ventos da região e mostra o ambiente dinâmico e natural nessa localidade.

Além das redes de publicações que essas duas universidades citadas formam com outras instituições, para publicar os artigos da amostra, pode se destacar, na Figura 2, a rede formada pela Central South University, também situada na China, com três trabalhos publicados, a Université de Montréal, no Canadá, com dois trabalhos, e outras sete universidades de menor expressão no assunto.

Observa-se que a relação entre transporte ferroviário e meio ambiente é abordada em diferentes áreas, demonstrando ser um tema transdisciplinar. Assim como há várias universidades publicando sobre o assunto, também há muitos periódicos que publicam esses trabalhos, com pesquisadores de diferentes áreas de atuação.

Como se pode notar na Tabela 2, o Journal of Sound and Vibration, periódico que publica trabalhos sobre temas relacionados ao som e vibração, foi o que mais publicou na amostra com 10 trabalhos, com destaque para o trabalho de Schulte-Werning, Beier, Degen e Stiebel (2006), que pesquisaram sobre a redução de ruído e vibração no tráfego ferroviário para melhorar a compatibilidade com o ambiente, além do trabalho de Kurra, Morimoto e Maekawa (1999), citado 20 vezes até o momento da coleta dos dados, que analisaram os incômodos causados pelo ruído proveniente dos meios de transporte, dentre eles o ferroviário.

No cenário brasileiro, também há pesquisas interessadas em relacionar a poluição sonora causada pelas ferrovias e o meio ambiente, como ocorre nos trabalhos de Grotto (2022) e Lima et al. (2021).

Tabela 2

Periódicos que mais publicaram sobre transporte ferroviário e meio ambiente na base Web of Science

Periódicos	Publicações	Freq.	JCR 2016	ISSN
Journal of Sound and Vibration	10	8,85%	2,192	0022-460X
IEEE Transactions on Vehicular Technology	5	4,42%	3,615	0018-9545
Transportation Research Part D-Transport and Environment	4	3,54%	1,962	1361-9209
Journal of Rail and Rapid Transit	3	2,66%	1,264	0954-4097
Applied Thermal Engineering	3	2,66%	2,375	1359-4311
Parcial	25	22,13%		
Publicações em outros periódicos	116	77,87%		
Total (amostra)	141	100%		

Fonte: elaborado pelos autores, com base em dados da Web of Science (Obs.: ISSN online).

Nota. Total de periódicos: 113.

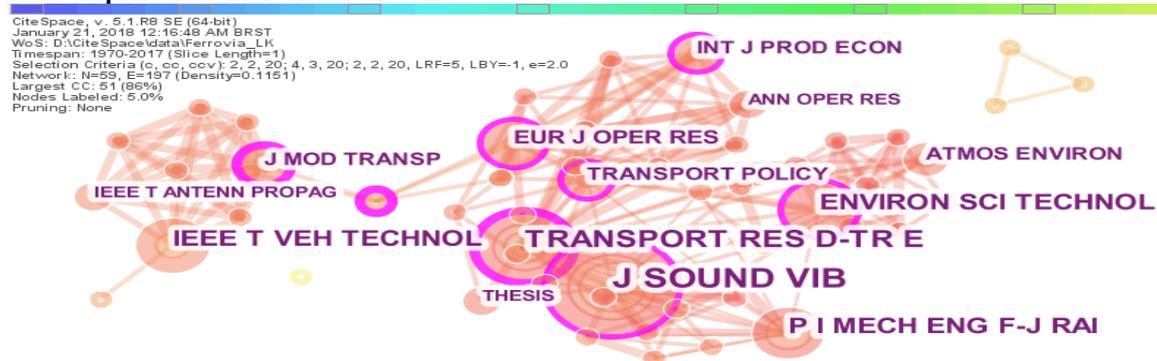
No IEEE Transactions on Vehicular Technology, periódico que possui um Journal Citation Reports (JCR) de 3,615, foram publicados cinco artigos da amostra, estando um deles, de Sacchi e Regazzoni (2000), presente na lista dos mais citados sobre o assunto na Web os Science, com 36 citações. É um estudo sobre o sistema de vigilância para detectar objetos abandonados em locais ferroviários não tripulados e, assim, reduzir problemas mais graves ocasionados por esses objetos.

Comprovando a diversificação de áreas nas quais os artigos vêm sendo publicados, pela Tabela 2 nota-se que 22,13% das publicações da amostra estão concentradas em cinco periódicos de um total de 113. Ou seja, há 116 trabalhos publicados em 108 periódicos de

diversas áreas, como engenharia, transporte, economia, administração, geologia, ciência da computação, entre outras.

A diversificação de temáticas entre os trabalhos em estudo também se confirma na grande quantidade de periódicos citados na amostra, conforme vemos na Figura 3. A rede de citações se forma entre os periódicos mais citados pela amostra, demonstrando a intensidade de citações entre eles. Pode-se constatar ainda que os mais representativos na amostra também estão presentes em suas citações, como o Journal of Sound and Vibration, que foi o mais citado, com 11 trabalhos, seguido pelo Transportation Research Part D-Transport and Environment, com oito citações, e pelo IEEE Transactions on Vehicular Technology, com seis citações.

Figura 3

Rede de periódicos mais citados na amostra

Fonte: elaborado pelos autores com dados da Web of Science (Ponto de corte ≥ 3), analisados no software CitiSpace.

Observa-se, na Figura 3, a predominância de periódicos na área de transporte, tecnologia

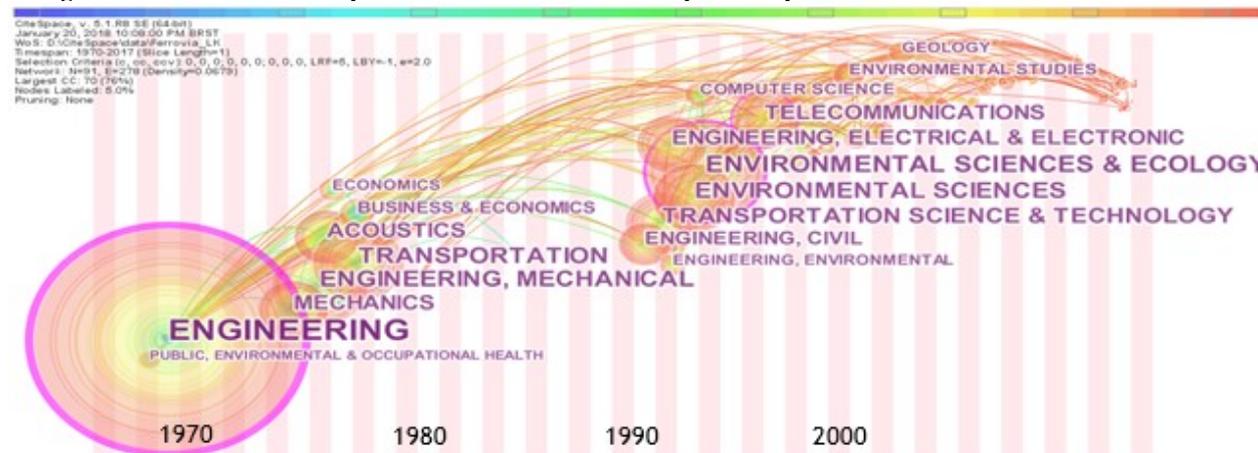
e engenharia, não tendo destaque as áreas dos dois trabalhos mais citados da amostra: a economia, na

qual foi publicada o estudo de Caves e Christensen (1980), e a área de gestão estratégica, na qual Smith e Grimm (1987) publicaram seu estudo. No intuito de compreender um pouco mais essa dinâmica das áreas de publicações, elaborou-se a Figura 4,

que representa as categorias (áreas) da Web of Science por time zone, ou seja, pela sequência de anos nos quais cada área publicou pela primeira vez sobre o tema, assim como o respectivo volume de publicações representado pelo tamanho do círculo representativo de cada categoria.

Figura 4

Categorias da Web of Science por time zone sobre as áreas que mais publicaram



Fonte: elaborado pelos autores com dados da Web of Science (Ponto de corte ≥ 6), analisados no software CitiSpace.

Pela Figura 4 pode-se inferir que a engenharia foi o marco principal para esses trabalhos na década de 1970, porém, seus trabalhos começaram a ser mais citados apenas no final da década de 1990 e anos 2000, como é o caso do trabalho de Enblom e Berg (2005) que conta hoje com 63 citações. Em segundo lugar, com 26 citações, está a categoria sobre ciências ambientais e ecologia, uma área que começou a publicar no ano 1997 e alcançou seu ápice em 2015 e 2016, com 5 publicações em cada ano.

Pôde-se constatar, também a partir da Figura 4, que as áreas de ciências ambientais e ecologia, geologia, estudos ambientais, transporte e engenharia estão publicando mais sobre o assunto na atualidade e são tendências para o desenvolvimento de estudos que relacionem o transporte ferroviário ao meio ambiente.

Outras categorias que obtiveram destaque foram a engenharia mecânica, com 23 citações, seguida pelo transporte e ciências ambientais, com 21 e 19 citações, respectivamente. Um fato que vale ressaltar é que a abordagem econômica possui o artigo mais citado da amostra, de Caves e Christensen (1980), além de outras 5 publicações, e a área de negócios e economia contêm os dois artigos mais citados, Cave e Chistensen (1980) e Smith e Grimm (1987). Esse fato acontece porque o periódico que publicou o artigo está classificado nas duas categorias e o mesmo aparece em ambas as áreas.

Outra análise interessante, feita no CitiSpace por time zone, foi a representada na Figura 5, indicando os países que mais publicaram sobre o assunto na base Web of Science. Embora seus trabalhos e periódicos não estejam entre os mais citados, a China é o país que mais publicou sobre o assunto, com 31 trabalhos, e intensificou essas pesquisas a partir do ano de 2013.

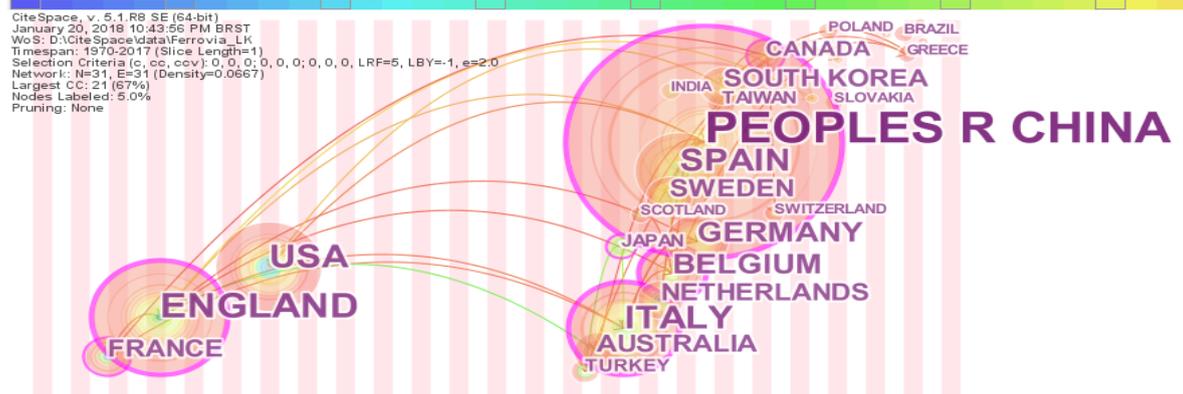
O segundo país que mais se destacou na amostra foi a Inglaterra, com 15 publicações. Dentre elas está o trabalho de Ampofo, Maidment e Missenden (2004), publicado no Applied Thermal Engineering, que investiga a carga de calor em uma rede ferroviária subterrânea usando um modelo matemático propositalmente desenvolvido, oitavo artigo mais citado da amostra, com 27 citações. Em terceiro lugar nessa lista, estão os Estados Unidos, juntamente com a Itália, países que tiveram mais trabalhos entre os dez mais citados da amostra, três

em cada um, mostrando que os países têm um bom índice de publicação e com obras de

qualidade e referência em suas áreas.

Figura 5

Países que mais publicaram artigos relacionando transporte ferroviário e meio ambiente



Fonte: elaborado pelos autores com dados da Web of Science (Ponto de corte ≥ 2), analisados no software CitiSpace.

Essa lista segue com Espanha, Bélgica e Alemanha, a primeira delas com dez citações e as outras duas com sete cada uma. O Brasil teve apenas dois artigos publicados relacionando transporte ferroviário e meio ambiente durante todo o período analisado, sendo o primeiro deles publicado por Bruzaca e Sousa (2015), retratando os conflitos socioambientais na Amazônia frente a duplicação da estrada de ferro Carajás no Maranhão, e o segundo trabalho de Ferreira et al. (2017), na área de engenharia, que descreve uma solução baseada em componentes

portáteis para a segurança do pessoal de manutenção nas vias férreas.

Por último, foi analisada a rede de artigos citados nos 141 trabalhos, como representado na Figura 6. Ruise He, que atua na Beijing Jiaotong University, foi o pesquisador que possui o maior número de trabalhos. Seu principal trabalho, no qual foi feita uma análise de frequência em um canal ferroviário de trens de alta velocidade (He, Zhong, Ai & Ding, 2011a), foi citado 5 vezes. Ruise He desenvolve trabalhos nas áreas de wireless channels, rádio indoor, comunicação móvel, entre outras.

Figura 6

Rede de referências citadas que relacionam transporte ferroviário e meio ambiente



Fonte: elaborado pelos autores com dados da Web of Science (Ponto de corte ≥ 3), analisados no software CitiSpace.

Em segundo lugar, temos 4 trabalhos com 4 citações cada: o estudo de Charnes, Cooper e William (1978), que mensura a eficiência de Unidades Tomadoras de Decisão (DMU) com

referência especial para o possível uso na avaliação de programas públicos; o de Lui et al. (2012), no qual apresenta um estudo inovador e prático sobre um canal de propagação de rádio baseado em posição

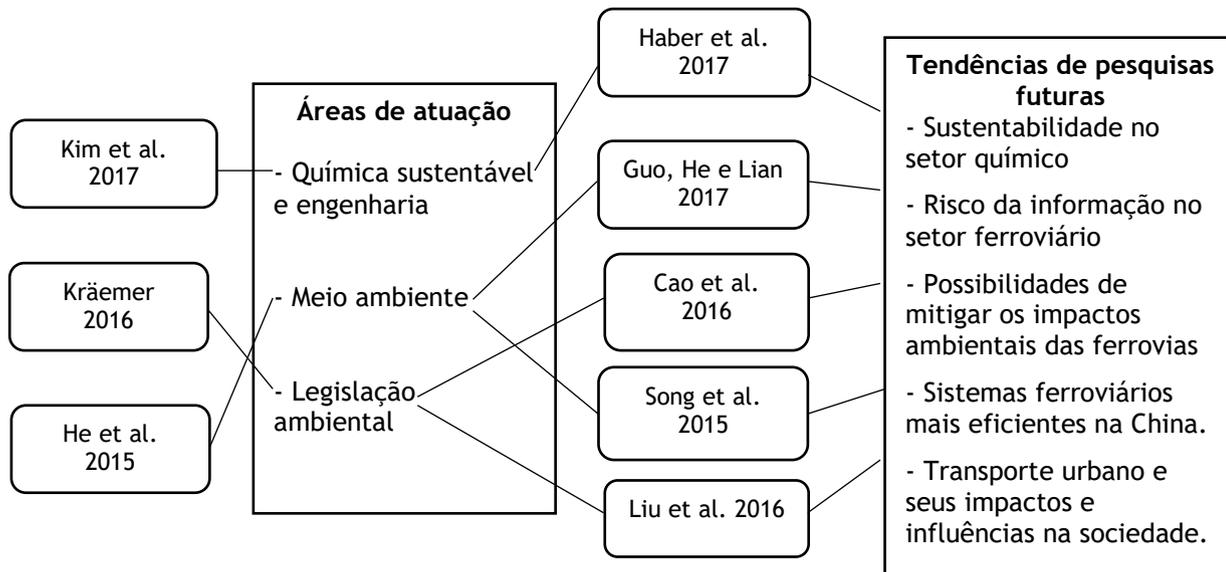
para uma estrada de ferro de alta velocidade na China; o trabalho de He, Zhong, Ai e Ding. (2011b), que propõe um modelo de perdas de caminho realizadas ao longo de ferrovias de alta velocidade; e, por fim, o de Garg e Dukkipati (1984), no qual é analisada a dinâmica dos sistemas de veículos ferroviários.

Tendências para estudos futuros

Na identificação das tendências para futuras pesquisas, destacamos, na Figura 7, os artigos de maior relevância com o tema dessa pesquisa, presentes na amostra e publicados a partir de 2015. Foram identificadas suas áreas de interesse e atuação, além das lacunas na literatura científica identificadas por alguns autores dos trabalhos. Foi escolhido este período por ser os anos mais recentes da análise e, devido a isto, as propostas são atuais e relevantes.

Figura 7

Diagramados principais pesquisadores sobre as temáticas, suas áreas de interesses e tendências de pesquisas futuras



Fonte: elaborado pelos autores.

As áreas que vêm se destacando nos últimos anos são a engenharia, legislação e química, todas elas ligadas diretamente com as questões ambientais. Os pesquisadores estão situados em universidades americanas e chinesas, em sua maior parte, e utilizaram de metodologias qualitativas, como a pesquisa exploratória no qual se destaca He et al. (2015) e a revisão de literatura de Kräemer (2016), além dos trabalhos quantitativos de Liu et al. (2016) e Song et al. (2015), que trabalharam com a regressão e a análise envoltória de dados (DEA).

Os autores situados na coluna entre as "áreas de atuação" e as "tendências de pesquisas futuras", são aqueles que identificaram em seus trabalhos possíveis gaps na literatura em questão. Pode-se notar certa tendência dos estudos em sustentabilidade

relacionados ao setor químico, à redução dos impactos ambientais e a sistemas ferroviários mais eficientes, nos trabalhos de Haber et al. (2017), Cao et al. (2016) e Song et al. (2015), respectivamente. Além dessas sugestões, destaca-se a importância em se trabalhar o transporte urbano e sua relação com a sociedade (Liu et al., 2016) e os riscos de informação pertinentes ao setor ferroviário, apontado por Guo, He e Lian (2017).

Embora não se tenha discutido nos trabalhos da amostra ou mesmo encontrado destaque nas análises feitas, pode-se mencionara necessidade de mais pesquisas em países em desenvolvimento, sendo esses os principais investidores no transporte ferroviário (Morales, 2008).

Questões ambientais também interferem diretamente na lucratividade das empresas. A cada dia que passa, mais investidores estão procurando informações a esse respeito nos demonstrativos

contábeis e financeiros. Eles estão cientes que não é justo retirar lucro da sociedade sem uma contrapartida justa de responsabilidade social. Estudos que abordem como as questões ambientais são tratadas nas empresas de transporte e como isso é transmitido nos balanços sociais dessas firmas, são tendências de pesquisas que têm muito a contribuir para o meio acadêmico e empresarial.

Considerações Finais

Objetivou-se, neste trabalho, descrever, por meio de uma revisão sistemática da literatura, como está configurada a produção científica sobre transporte ferroviário relacionado a temáticas ligadas ao meio ambiente e, posteriormente, mapear o direcionamento desses estudos e identificar seus principais pesquisadores.

A bibliometria, como metodologia, é um robusto instrumento de avaliação das produções científicas. Neste trabalho, ela contribuiu para identificar como o campo de pesquisa evoluiu ao longo dos anos, na identificação de novos tópicos de pesquisa, na interdisciplinaridade entre transporte ferroviário e meio ambiente, e na identificação de áreas que receberam pouca atenção e outras que podem representar oportunidades para pesquisas futuras.

Como principal avanço teórico deste trabalho, destacam-se seus apontamentos sobre as principais áreas temáticas que estão pesquisando meio ambiente e transporte ferroviário nos últimos anos, as tendências de pesquisas futuras, e a relação dos principais pesquisadores sobre o assunto no mundo.

Constatou-se que, a partir da década de 1970, surgiram os primeiros estudos na base Web of Science sobre os temas de estudo em questão, ainda que, somente a partir de 2006, as publicações foram se tornando mais frequentes. Embora as publicações sejam mais expressivas entre os chineses, os trabalhos mais citados ainda são dos norte-americanos.

Outra particularidade do assunto é a diversidade de áreas que o abordam em seu

escopo, desde estudos de engenharia, até ciência da computação, economia, administração, geologia, telecomunicação e estudos sociais, entre outros. Isso mostra a diversidade de áreas nas quais esses trabalhos vêm sendo publicados.

Observou-se ainda a disseminação dos estudos em questão para diversos países do mundo nos últimos anos, mesmo que de forma modesta. Esse fato demonstra a preocupação dos pesquisadores em trabalhar, de forma conjunta, o transporte ferroviário e as questões ambientais, mesmo que indiretamente, como ocorre nas discussões sobre a criação de ferramentas tecnológicas ou econômicas. Embora não seja a finalidade última desses trabalhos, certamente os fenômenos relatados irão repercutir no meio ambiente.

Dada a urgência dos atuais problemas ambientais e sua relação com todas as atividades humanas, considera-se que as relações entre essas questões e o transporte, de forma geral, e o transporte ferroviário, em particular, são áreas ainda pouco exploradas e que podem ser investigadas em diferentes perspectivas. Compreender como os diferentes modais de transporte impactam no ambiente é fundamental e deveria ser um dos principais critérios na seleção dos mesmos pelos países, ao se estimular por meio de investimentos e outras políticas de incentivo. Explorar como esses modais impactam o ambiente, como tais impactos podem ser mensurados e poderiam ser reduzidos, são importantes questões ainda pouco analisadas em estudos acadêmicos e devem ser considerados como fundamentais nos estudos sobre o transporte.

Como limitações da pesquisa, o estudo se restringiu a uma única base de dados científica. Ainda que a Web of Science (ISI Web of Knowledge) possua mais de 12.000 periódicos, existem outras bases que poderiam contribuir para melhor visualização do campo de estudo em questão. Estudos futuros podem vir a utilizar outras bases de dados para a análise sistemática das categorias mais representativas ou países que mais publicaram sobre o assunto. A presente pesquisa não teve por finalidade generalizar os resultados acerca desta temática, ou compreender toda sua produção, o que pode ser feito em um mapeamento futuro da produção científica sobre transportes ferroviários.

Referências

- Adler, H. A. (1978), *Avaliação econômica dos projetos de transportes: metodologia e exemplos*. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos, 171 p.
- Agência Nacional de Transportes Terrestres [ANTT] (2017). *Ferrovias*. Recuperado de <http://www.antt.gov.br/>
- Ai, B., He, R., Li, G., Guan, K., He, D., Shi, G., & Zhong, Z. (2017). Determination of Cell Coverage Area and its Applications in High-Speed Railway Environments. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 66(5), 3515-3525. <https://doi.org/10.1109/TVT.2016.2599113>
- Alvarenga, A. C., & Novaes, A. G. N. (2000). *Logística aplicada: suprimento e distribuição física*. São Paulo: Edgar Blücher.
- Ampofo, F., Maidment, G., & Missenden, J. (2004). Underground railway environment in the UK Part 2: Investigation of heat load. *Applied Thermal Engineering*, 24(5), 633-645.
- Aschauer, D. A. (1989). Is public expenditure productive? *Journal of Monetary Economics*, 2(2), 177-200.
- Associação Nacional dos Transportadores Ferroviários [ANTF] (2017). *Informações Gerais*. Recuperado de <http://www.antf.org.br/>
- Ballou, H. R. (2010). *Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos/Logística Empresarial*. Porto Alegre: ARTMED, 616 p.
- Barbosa, J. S. K., & Reinert, M. (2014). Open Innovation: Uma Análise Bibliométrica do Período de 2003 a 2013. *Anais do Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Administração*, Rio de Janeiro, RJ.
- Bardin, L. (2011). *Análise de conteúdo*. São Paulo: Edições 70.
- Barke, M. (1986). *Transport and Traded*. Edinburgh: Oliver & Boyd.
- Batista, A. B., Cruz, N. V. S., & Bruni, A. L. (2016). Fatores determinantes do nível de divulgação ambiental nas maiores transnacionais brasileiras. *Contextus - Revista Contemporânea de Economia e Gestão*, 14(3), 140-161.
- Benga, A., Delgado-Rodríguez, M. J., & De Lucas-Santos, S. (2023). Energy–environment efficiency analysis of railway transport: is Europe moving towards sustainable mobility?. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25(1), 105-124. <https://doi.org/10.1007/s10098-022-02390-2>
- Bittar, M., Da Silva, M. R., & Hayashi, M. C. P. I. (2011). Produção científica em dois periódicos da área de educação. *Avaliação: Revista da Avaliação da Educação Superior*, 16(3), 655-674.
- Bozoky, M. J., Oliveira, A. A. P., Deliberador, L. R., Formigoni, A., & Jacubavicius, C. (2014). Análise do modal ferroviário no transporte de soja do centro oeste aos portos. *INOVAE-Journal of Engineering and Technology Innovation*, 2(1), 50-61.
- Bruzaca, R. D. & Sousa, M. T. C. (2015). Socio-Environmental Conflicts in the Brazilian Amazon Development's Context: Protection of Quilombo Communities's Rights in Relation to Railroad Carajas's Duplication in Maranhao. *Veredas do Direito*, 12, 147-173.
- Castro, N. (2013). Mensuração de externalidades do transporte de carga brasileiro. *Journal of Transport Literature*, 7(1), 163-181.
- Calle-Sánchez, J., Molina-García, M., Alonso, J. I., & Fernández-Durán, A. (2013). Long term evolution in high speed railway environments: Feasibility and challenges. *Bell Labs Technical Journal*, 18(2), 237-253. <https://doi.org/10.1002/bltj.21615>
- Cao, W., Sheng, Y., Chou, Y.L., Wu, J. C., Li, J., & Wang, S. T. (2016). The status evaluation of the permafrost environment along the Chaidar-Muli Railway in southern Qilian Mountains in northern Qinghai Province, China. *Journal of Mountain Science*, 13(12), 2124-2134. <https://doi.org/10.1007/s11629-016-3947-x>
- Caves, D.W., & Christensen, L. R. (1980). The relative efficiency of public and private firms in a competitive environment: the case of Canadian railroads. *Journal of political Economy*, 88(5), 958-976.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Swanson, J. A. (1981). Economic performance in regulated and

unregulated environments: a comparison of US and Canadian railroads. *The Quarterly Journal of Economics*, 96(4), 559-581.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

Chen, C. (2004). Searching for intellectual turning points: Progressive knowledge domain visualization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(1), 5303-5310.

Chen, C. (2006). CiteSpace II: Detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature. *Journal of the American Society for information Science and Technology*, 57(3), 359-377.

Chopra, S., & Meindl, P. (2011). *Gestão da cadeia de suprimentos: estratégia, planejamento e operações*. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 536 p.

Coeli, C. C. M. (2004). *Análise da demanda por transporte ferroviário: o caso do transporte de grãos e farelo de soja na Ferronorte*. Dissertação (Mestrado em Administração) - Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ, Rio de Janeiro, RJ.

Do Prado, J. W., De Castro Alcântara, V., De Melo Carvalho, F., Vieira, K. C., Machado, L. K. C., & Tonelli, D. F. (2016). Multivariate analysis of credit risk and bankruptcy research data: a bibliometric study involving different knowledge fields (1968-2014). *Scientometrics*, 106(3), 1007-1029. <https://doi.org/10.1007/s11192-015-1829-6>

Eller, R. D. A. G., Sousa Junior, W. C., & Curi, M. L. C. (2011). Custos do transporte de carga no Brasil: rodoviário versus ferroviário. *Journal of Transport Literature*, 5(1), 50-64.

Enblom, R., & Berg, M. (2005). Simulation of railway wheel profile development due to wear - influence of disc braking and contact environment. *Wear*, 258(7), 1055-1063. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2004.03.055>

Farahani, R. Z., Rezapour, S., & Kardar, L. (2011). *Logistics operations and management: concepts*

and models. London: Elsevier.

Ferreira, B. V., Serejo, G., Ferreira, M. R., Ferreira, D. F., Cardoso, L., Yoshidome, E., & Pessin, G. (2017). Wearable computing for railway environments: proposal and evaluation of a safety solution. *IET Intelligent Transport Systems*, 11(6), 319-325. <https://doi.org/10.1049/iet-its.2016.0187>

Francisco, E. D. R. (2011). RAE-eletrônica: exploration of archive in the light of bibliometrics, geoanalysis and social network. *Revista de Administração de Empresas*, 51 (3), 280-306. <https://doi.org/10.1590/S0034-75902011000300008>

Gargvk, D. R. V. (1984). *Dynamics of Railway Vehicle Systems*". Orland: Academic Press.

Grotto, B. D. D. (2022). *Poluição sonora por ruído ferroviário em São Carlos e Ibaté-SP: impactos socioambientais e medidas mitigadoras*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.

Guo, D., He, G. & Lian, Z. (2017). Environmental Risk Perception and Public Trust—from Planning to Operation for China's High-Speed Railway. *International Journal of Sustainable Transportation*, 11(9), 696-706. <https://doi.org/10.1080/15568318.2017.1306761>

Haber, H. L., Kim, P., Chmely, S. C., Lloyd, J., Regmi, Y. N., Abdoulmoumine, N., & Labbé, N. (2017). Environmentally Friendly Process for Recovery of Wood Preservative from Used Copper Naphthenate-Treated Railroad Ties. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(11), 10806-10814. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02760>

Hassan, S. U., Haddawy, P., & Zhu, J. (2014). A bibliometric study of the world's research activity in sustainable development and its sub-areas using scientific literature. *Scientometrics*, 99(2), 549-579. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1193-3>

He, G., Mol, A. P., Zhang, L., & Lu, Y. (2015). Environmental risks of high-speed railway in China: public participation, perception and trust. *Environmental Development*, 14, 37-52. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.02.002>

He, R., Zhong, Z., Ai, B., & Ding, J., (a), (2011). Propagation measurements and analysis for high-speed railway cutting scenario. *Electronics Letters*, 47(21),

1167-1168.

He, R., Zhong, Z., Ai, B., & Ding, J., (b), (2011). An empirical path loss model and fading analysis for high-speed railway viaduct scenarios. *IEEE antennas and wireless propagation letters*, 10, 808-812.

Hijjar, M. F. (2017). *Logística, soja e comércio internacional [2004]*. Centro de Estudo em Logística - COPPEAD/UFRJ. Recuperado de <http://www.centrodelogistica.com.br/new/fs-public.htm>

Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada – IPEA (2010). *Transporte ferroviário de cargas no Brasil: gargalos e perspectivas para o desenvolvimento econômico e regional*. Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro, 50, Rio de Janeiro, RJ.

Jacobs, F. R., Chase, R. B. (2006). *Operations and supply management: the core*. Boston: McGraw Hill.

Kim, P., Taylor, A., Lloyd, J., Kim, J. W., Abdoulmoumine, N., & Labbé, N. (2017). Two-Step Thermochemical Process for Adding Value to Used Railroad Wood Ties and Reducing Environmental Impacts. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 5(10), 9485-9493. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b02666>

Krämer, L. (2016). EU Policy and Law Regarding Railways and the Environment. *Journal for European Environmental & Planning Law*, 13(1), 30-45. <https://doi.org/10.1163/18760104-01301003>

Kurra, S., Morimoto, M., & Maekawa, Z. I. (1999). Transportation noise annoyance - a simulated-environment study for road, railway and aircraft noises, Part 1: overall annoyance. *Journal of Sound and Vibration*, 220(2), 251-278.

Lima, C. M., Mafra, N. S. C., Santos, A. S., de Queiroz, L. L. M., Simão, S. R., & da Costa, V. X. (2021, dezembro). Aspectos de Sustentabilidade no Transporte Ferroviário no Brasil no contexto da mudança climática. In *XVIII Congresso Rio de Transportes*, online.

Liu, G. (2013). Visualization of patents and papers in terahertz technology: a comparative study.

Scientometrics, 94(3), 1037-1056. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11192-012-0782-x>

Liu, L., Tao, C., Qiu, J., Chen, H., Yu, L., Dong, W., Yuan, Y. (2012). Position-based modeling for wireless channel on high-speed railway under a viaduct at 2.35 GHz. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 30(4), 834-845. <https://doi.org/10.1109/JSAC.2012.120516>

Liu, W., Gu, M., Hu, G., Li, C., Liao, H., Tang, L., & Shapira, P. (2014). Profile of developments in biomass-based bioenergy research: a 20-year perspective. *Scientometrics*, 99(2), 507-521. <https://doi.org/10.1007/s11192-013-1152-z>

Liu, Z., Qin, C. X., & Zhang, Y. J. (2016). The energy-environment efficiency of road and railway sectors in China: Evidence from the provincial level. *Ecological indicators*, 69, 559-570. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2016.05.016>

Morais, A. C., & Aragão, J. J. G. (2007). Gasto público em infraestrutura de transporte é produtivo?. *Anais do Congresso Brasileiro de Transporte e Trânsito*, Maceió, AL.

Morales, P. R. D. (2008). *Documento Setorial: ferrovias*. Rio de Janeiro. Perspectivas do Investimento em Transportes, Sistema Produtivo. Recuperado de <http://www.projetopib.org/?p=documentos>

Nunes, I. (2006). Ferrovia brasileira: concessão pública para uso privado. *Revista Ibero-Americana de Estratégia*, 5(2), 109-119.

Pinto Júnior, H. Q. (2010). *Perspectivas do investimento em infraestrutura*. Rio de Janeiro: Campinas: Synergia: UFRJ, Instituto de Economia: UNICAMP, Instituto de Economia.

Pinto, C. F., Serra, F. R., & Ferreira, M. P. (2014). A bibliometric study on culture research in International Business. *BAR - Brazilian Administration Review*, 11(3), 340-363. <https://doi.org/10.1590/1807-7692bar2014309>

Quevedo-Silva, F., Santos, E. B. A., Brandão, M. M., & Vils, L. (2016). Estudo Bibliométrico: Orientações sobre sua Aplicação. *Revista Brasileira de Marketing*, 15(2), 246-262.

Sacchi, C., & Regazzoni, C. S. (2000). A distributed surveillance system for detection of abandoned objects in

unmanned railway environments. *IEEE transactions on vehicular technology*, 49(5), 2013-2026.

Salomão, A. (2006). Mais um ano no atoleiro. *Revista Exame*, 865(7), 48-50.

Santana, J. R., Garcia, F., & Souza, R. (2005). Efeitos da infraestrutura sobre o crescimento e sobre a produtividade. In *Anais do Encontro Regional de Economia*, Fortaleza, CE.

Schulte-Werning, B., Beier, M., Degen, K. G., & Stiebel, D. (2006). Research on noise and vibration reduction at DB to improve the environmental friendliness of railway traffic. *Journal of sound and vibration*, 293(3-5), 1058-1069.

<https://doi.org/10.1016/j.jsv.2005.08.065>

Smith, K. G., & Grimm, C. M. (1987). Environmental variation, strategic change and firm performance: A study of railroad deregulation. *Strategic Management Journal*, 8(4), 363-376.

Song, M., Zhang, G., Zeng, W., Liu, J., & Fang, K. (2016). Railway transportation and environmental efficiency in China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 48, 488-498.

<https://doi.org/10.1016/j.trd.2015.07.003>

Taskin, Z., & Al, U. (2014). Standardization problem of author affiliations in citation indexes. *Scientometrics*, 98(1), 347-368.

<https://doi.org/10.1007/s11192-013-1004-x>

Vanti, N.A.P. (2002). Da bibliometria à webometria: uma exploração conceitual dos mecanismos utilizados para medir o registro da informação e a difusão do conhecimento. *Ciência da Informação*, 31(2), 152-162.

Wangai, A. W., Rohacs, D., & Boros, A. (2020). Supporting the sustainable development of railway transport in developing countries. *Sustainability*, 12(9). <https://doi.org/10.3390/su12093572>

Waters, D. (2003). *Logistics: an introduction to supply chain management*. Basingstoke: Palgrave: Macmillan.

Yang, L., Zhang, C., & Wu, X. (2023). Multi-objective path optimization of highway-railway multimodal transport considering carbon emissions. *Applied Sciences*, 13(8).

<https://doi.org/10.3390/app13084731>

Zhang, K., Qu, J., Han, Q., & An, Z. (2012). Wind energy environments and aeolian sand characteristics along the Qinghai-Tibet Railway, China. *Sedimentary geology*, 273, 91-96.

<https://doi.org/10.1016/j.sedgeo.2012.07.003>