



ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA APLICADA À SINTERIZAÇÃO E AO REUSO DE RESÍDUOS SIDERÚRGICOS

BIBLIOMETRIC ANALYSIS APPLIED TO SINTERING AND REUSE OF STEEL WASTE

ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO APLICADO A LA SINTERIZACIÓN Y REAPROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE ACERO

Brunna Carolina Brito de Sousa ^{1*}, Yuri Nascimento Nariyoshi ², & Taisa Shimosakai de Lira ³

^{1,2,3} Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário Norte do Espírito Santo

^{1*} carolbs_@outlook.com ² yuri.nariyoshi@ufes.br ³ taisa.lira@ufes.br

ARTIGO INFO.

Recebido: 26.07.2023

Aprovado: 11.10.2023

Disponibilizado: 08.11.2023

PALAVRAS-CHAVE: coprodutos da siderurgia; finos de minério de ferro; sinter; reciclagem; mapeamento sistemático.

KEYWORDS: steel by-products; iron ore fines; sinter; recycling; systematic mapping.

PALABRAS CLAVE: subproductos del acero; finos de mineral de hierro; sinterizar; reciclaje; mapeo sistemático.

*Autor Correspondente: Sousa, B. C. B., de.

RESUMO

A transformação de minérios de ferro em aço gera grandes volumes de diferentes tipos de resíduos. Esses são resultantes das mais diversas etapas deste processamento. Devido à crescente preocupação da sociedade com questões ambientais, as legislações ambientais estão ficando cada vez mais restritivas. Nesse cenário, as indústrias do setor siderúrgico estão buscando continuamente alternativas que atendam com margem essas restrições. Posto isso, ressalta-se que a sinterização dos minérios de ferro trata-se de um processo atrativo no que tange ao reuso de resíduos. Em tempo, por ser uma alternativa inteligente, segura e sustentável, o reuso de resíduos siderúrgicos na sinterização vem ganhando atenção da comunidade científica. Assim sendo, realiza-se neste trabalho uma revisão bibliométrica acerca da temática, tendo como base de dados a Scopus e Web of Science. Para isso, foi realizado um mapeamento sistemático da literatura, identificando os artigos de maior relevância e evidenciando aspectos de destaque. Os resultados obtidos indicam uma escassez de artigos voltados para o reuso de resíduos siderúrgicos no processo de sinterização, mesmo se tratando de uma alternativa promissora. Entretanto, os escassos estudos encontrados revelam que os resíduos da siderurgia, no geral, possuem características compatíveis para reuso na sinterização, ou seja, com potencial para serem explorados. Ademais, é importante atentar-se às limitações técnicas, pois essas podem tornar o reuso uma solução inviável.

ABSTRACT

The transformation of iron ores into steel generates large volumes of different types of waste. These are the result of the most diverse stages of this processing. Due to society's growing concern with environmental issues, environmental

legislation is becoming increasingly restrictive. In this scenario, the industries of the steel sector are continuously looking for alternatives that meet these restrictions with margin. That said, it should be noted that the sintering of iron ores is an attractive process in terms of waste reuse. In time, as an intelligent, safe and sustainable alternative, the reuse of steel waste in sintering has been gaining attention from the scientific community. Therefore, a bibliometric review on the subject is carried out in this work, based on Scopus and Web of Science. For this, a systematic mapping of the literature was carried out, identifying the most relevant articles and highlighting outstanding aspects. The results obtained indicate a scarcity of articles aimed at the reuse of steel waste in the sintering process, even though it is a promising alternative. Furthermore, it is important to pay attention to technical limitations, as these can make reuse an unfeasible solution.

RESUMEN

La transformación de minerales de hierro en acero genera grandes volúmenes de diferentes tipos de residuos. Estos son el resultado de las más diversas etapas de este procesamiento. Debido a la creciente preocupación de la sociedad por los temas ambientales, la legislación ambiental es cada vez más restrictiva. En este escenario, las industrias del sector siderúrgico buscan continuamente alternativas que cumplan con estas restricciones con margen. Dicho esto, cabe señalar que la sinterización de minerales de hierro es un proceso atractivo en términos de reutilización de residuos. Con el tiempo, como alternativa inteligente, segura y sostenible, la reutilización de residuos de acero en la sinterización ha ido ganando atención por parte de la comunidad científica. Por ello, en este trabajo se realiza una revisión bibliométrica sobre el tema, con base en Scopus y Web of Science. Para ello, se realizó un mapeo sistemático de la literatura, identificando los artículos más relevantes y destacando los aspectos destacados. Los resultados obtenidos indican una escasez de artículos destinados a la reutilización de residuos de acero en el proceso de sinterización, si bien es una alternativa prometedora. Sin embargo, los pocos estudios encontrados revelan que los residuos siderúrgicos, en general, tienen características compatibles para su reutilización en sinterización, es decir, con potencial para ser aprovechados. Además, es importante prestar atención a las limitaciones técnicas, ya que pueden hacer que la reutilización sea una solución inviable.



INTRODUÇÃO

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), a metalurgia consiste em uma atividade econômica que utiliza técnicas que permitem extrair e manipular metais e gerar ligas metálicas a partir da conversão de minérios ferrosos e não ferrosos em produtos metalúrgicos e produtos intermediários do processo. Dentro da metalurgia existe a indústria siderúrgica, que se dedica à fabricação e tratamento de aços (CETESB, 2015). Os aços são ligas metálicas compostas principalmente por ferro e carbono, com teores baixos deste último que normalmente variam de 0,008% até 2,06%, em peso (Brunatto, 2016).

O ferro não existe na sua forma livre na natureza, mas sim nas formas de seus minérios, como a hematita (Fe_2O_3), magnetita (Fe_3O_4), pirita (FeS_2), siderita (FeCO_3), entre outros. Os minérios de ferro na forma de hematita, de uma maneira geral, consistem na principal matéria-prima para produção de aço. No entanto, com o passar dos anos devido à grande demanda, as jazidas desses minérios vêm sofrendo uma exaustão gradual, principalmente dos materiais de maior qualidade em virtude da diminuição do tamanho de partículas. Como consequência, os preços dos minérios de ferro estão aumentando cada vez mais (Braga et al., 2020; Carvalho, 2012; Pereira & Policarpo, 2012).

As grandes flutuações nos preços, além do fato das parcelas finas desses minérios não serem utilizadas na produção de aço, têm gerado grandes incertezas nas decisões a respeito da aquisição de minérios no curto e médio prazo. Esse novo cenário vem obrigando as empresas a buscarem alternativas que diminuam o reflexo dessas oscilações no custo de produção do aço (Graças, 2017). Nesse contexto, processos de aglomeração como sinterização e pelotização, cujos produtos são, respectivamente, o sínter e a pelota, assumem papéis importantes na indústria siderúrgica, pois permitem o aproveitamento de finos oriundos do beneficiamento mineral (Oliveira, 2018).

As plantas de sinterização também possuem uma grande importância no que diz respeito ao processamento de resíduos de materiais gerados nesses processos. Elas permitem que vários resíduos gerados no processo siderúrgico, por suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, sejam reciclados e reintegrados de volta ao ciclo produtivo do aço. Esses materiais quando não aproveitados, são transportados e descartados em aterros a um alto custo (Campos et al., 2014; Umadevi et al., 2012). Além disso, as indústrias enfrentam grandes dificuldades para encontrar áreas destinadas aos aterros. Com isso, a sinterização corresponde a um processo estratégico para as siderúrgicas, pois além de trazer benefícios econômicos, contribui com a sustentabilidade do setor.

O esgotamento das reservas mundiais de minérios de ferro com a qualidade exigida pelas siderúrgicas, bem como o progressivo avanço das legislações ambientais, são questões que têm motivado pesquisas acerca do reuso de resíduos para a fabricação de sínter. Devido à grande relevância do reuso de resíduos siderúrgicos no processo de sinterização, torna-se importante realizar um levantamento de pesquisas científicas relacionadas a fim de diagnosticar quais são os avanços na área. Para esse fim, destaca-se a bibliometria, uma técnica que utiliza métodos quantitativos e qualitativos para realizar mapeamentos em



torno de um campo de pesquisa (Santos, 2021; Ye et al., 2014). Em razão de não existirem estudos bibliométricos sobre a sinterização e o reuso de resíduos siderúrgicos, este trabalho tem por objetivo preencher essa lacuna através de uma revisão bibliométrica nesta temática.

METODOLOGIA

O estudo bibliométrico utilizado pode ser definido como uma técnica quantitativa e estatística que possibilita medir os índices de produção e disseminação do conhecimento científico e tecnológico (Araújo, 2006). Sua aplicação auxilia no entendimento de novas temáticas, podendo auxiliar na identificação de tendências para pesquisas futuras (Silva et al., 2016). Assim sendo, realizou-se neste trabalho uma busca nos bancos de dados das plataformas Scopus e Web of Science (WOS), acessadas através do Portal de Periódicos Capes. Isto possibilitou coletar, selecionar e analisar criticamente as publicações que estavam relacionadas ao tema.

Inicialmente, efetuou-se uma busca de caráter exploratório, utilizando-se somente a palavra-chave *sintering*, de modo a incluir apenas publicações relacionadas ao processo de sinterização e, então, obteve-se a base de dados brutos. Em seguida, esse banco de dados brutos foi refinado com as palavras-chave *steelworks or steel industry or steel mill* e limitado a artigos, resultando em um segundo banco de dados. Estes foram avaliados em termos do desenvolvimento das temáticas ao longo dos anos, por localidade (países), escritórios de patentes, tipo de documento e área de pesquisa. Para mais, utilizou-se o programa VOSviewer, que se baseia em uma técnica de mapeamento bidimensional definida como VOS (Eck et al., 2010), para exibir a relação entre os documentos com base na coautoria de países.

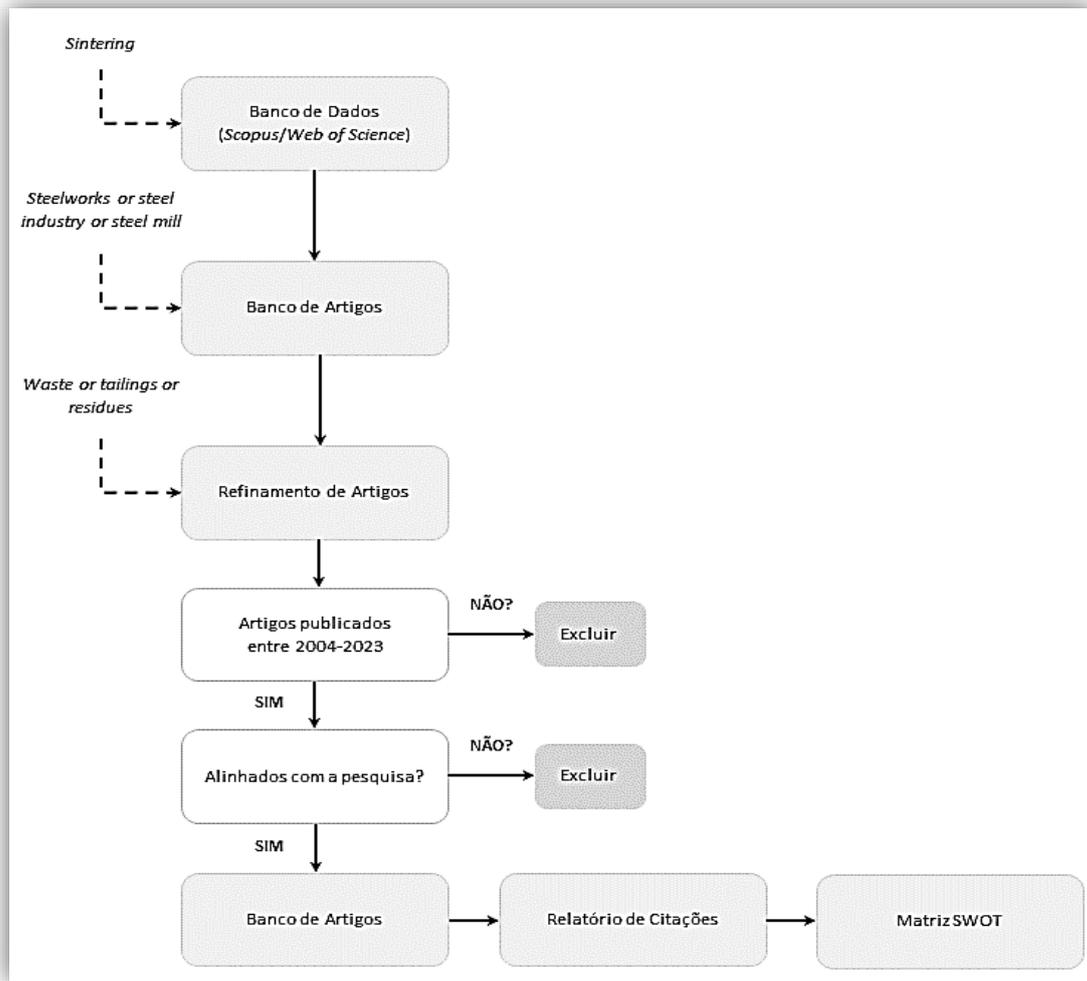
A fim de refinar ainda mais as publicações de acordo com o tema principal, acrescentaram-se as palavras-chave *waste or tailings or residues* e, delimitou-se a busca por artigos em um intervalo de tempo de 2004 a 2023. Com base nos resultados encontrados, foi realizada uma análise mais acurada, a partir da leitura e compreensão dos títulos, resumos e textos das publicações de artigos, criando um portfólio de artigos representativos de acordo com a temática principal. Dentre esses, identificou-se os artigos de maior relevância de acordo com o número bruto de citações.

Por fim, foi realizada uma Matriz SWOT com a finalidade de evidenciar os pontos positivos e negativos, expondo as forças, oportunidades, fraquezas e ameaças do reuso de resíduos siderúrgicos no processo de sinterização.

A Figura 1 exibe o fluxograma com a sequência de etapas do processo de seleção de artigos utilizada para esta revisão bibliométrica.



Figura 1. Fluxograma do processo de seleção dos artigos.



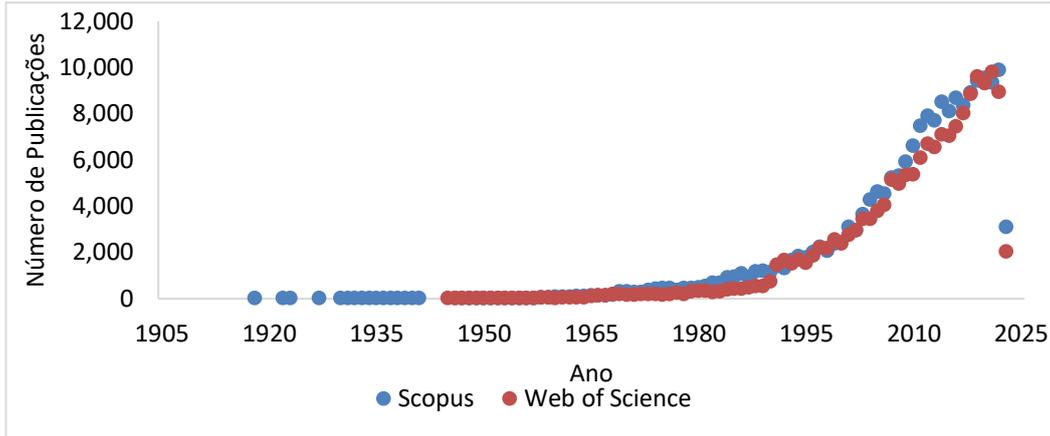
Fonte: Autores (2023).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A busca pelo termo *sintering* resultou em 187.035 e 165.282 publicações nas bases de dados Scopus e WOS, respectivamente. Ressalta-se que tais bases possuem critérios de seleção específicos, resultando num percentual de abrangência díspar. A Scopus possui uma base de dados internacional mais abrangente quando comparada a WOS. Então, quando se trata de produtividade, a Scopus mostra-se mais representativa. Em vista disso, o nível de cobertura expresso pela primeira coleção pode incluir uma quantidade maior de documentos e registros mais antigos que a segunda (Santana & Mugnaini, 2018). O Gráfico 1 mostra a evolução do número de publicações ao longo do tempo. O primeiro registro na base Scopus foi realizado em 1918 enquanto na WOS, em 1945, ano de início de indexação de publicações na base (Haeffner & Guimarães, 2015). No entanto, somente a partir de 1980 houve um aumento expressivo no interesse pelo tema em ambas as bases de dados, graças ao amadurecimento da ciência da sinterização (German, 2013). Ressalta-se que em 2023 houve um grande decaimento no número de publicações. Isso é justificável, visto que os dados foram extraídos das bases no dia 09/04/2023, ou seja, os resultados incluem apenas uma parte do 1º quadrimestre do ano de 2023.



Gráfico 1. Número de publicações com a palavra-chave *sintering* ao longo do tempo.



Fonte: Autores (2023).

Diversos países vêm desenvolvendo pesquisas relacionadas à sinterização. A Tabela 1 mostra os dez países que possuem o maior número de publicações sobre a temática. Desses, os três com maior número de publicações são China, Estados Unidos e Japão. Segundo a National Science Board, NSB (2019), os respectivos países aparecem como principais produtores mundiais de publicações para diversos temas. De acordo com a ordem disposta, é possível observar que as bases se diferenciam a partir da 4ª colocação. Ainda, apenas Reino Unido, Espanha, Inglaterra e Taiwan não aparecem simultaneamente em ambas. Com relação ao Brasil, este ocupa simultaneamente a 13ª posição com 3.649 e 3.558 publicações nas bases Scopus e WOS, respectivamente.

Tabela 1. Número de publicações com a palavra-chave *sintering* por países.

Base de Dados			
Scopus		Web of Science	
Países	Nº de Publicações	Países	Nº de Publicações
China	56.242	China	48.490
Estados Unidos	20.503	Estados Unidos	18.182
Japão	18.455	Japão	17.053
Índia	10.513	Índia	10.724
Alemanha	9.537	Coreia do Sul	9.197
Coreia do Sul	9.164	Alemanha	8.558
Rússia	6.833	França	6.093
Reino Unido	6.051	Inglaterra	5.514
França	5.842	Rússia	5.238
Espanha	4.034	Taiwan	4.020

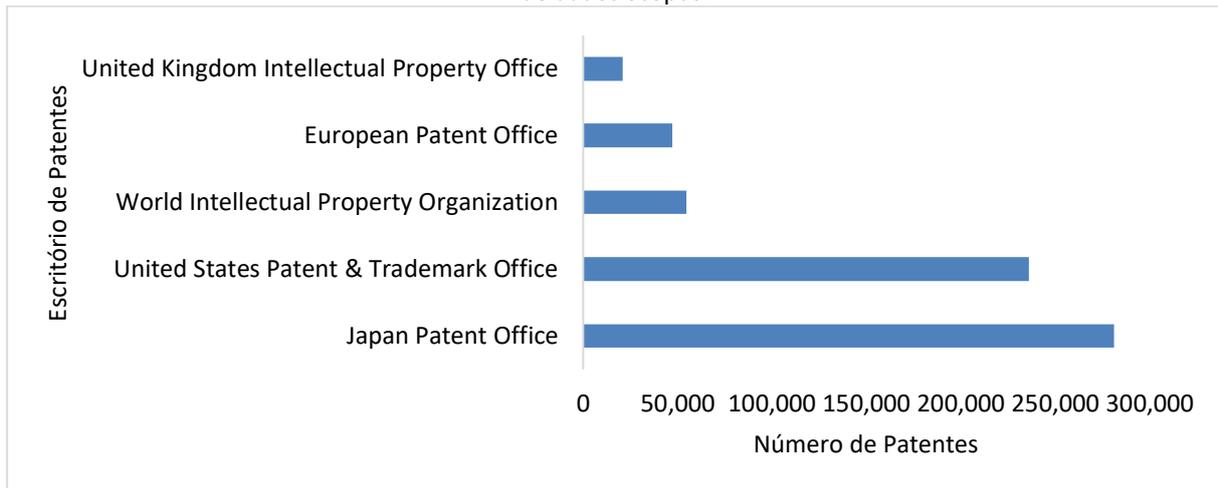
Fonte: Autores (2023).

A coautoria foi o indicador usado para mensurar a colaboração entre os países. Entretanto, para a primeira busca não foi possível elaborar as redes de coautoria no VOSviewer, programa escolhido. Isso visto que as coleções bibliográficas adotadas possuem limitações de exportação de dados, de no máximo 20.000 registros por vez para a Scopus e 1.000 registros por vez para WOS, para os formatos de arquivos suportados pelo programa, sendo o arquivo CSV para Scopus e arquivo Text para WOS. Esses limites máximos são bem inferiores ao número de publicações obtidos com a busca pela sinterização.



Diferente da WOS, a base de dados Scopus conta com resultados dos cinco maiores escritórios de patentes do mundo (Elsevier, n.d.). A utilização da palavra-chave *sintering* resultou em 640.661 registros de patentes. O Gráfico 2 ilustra o número de patentes cadastradas sobre sinterização por escritório de patentes entre 1.865 até o dia 09/04/2023, data na qual os dados foram extraídos das bases. Nota-se um maior número de registros de patentes nos escritórios do Japão e dos Estados Unidos (EUA) em relação aos demais.

Gráfico 2. Número de patentes com a palavra-chave *sintering* por escritório de patentes de acordo com a base de dados Scopus.

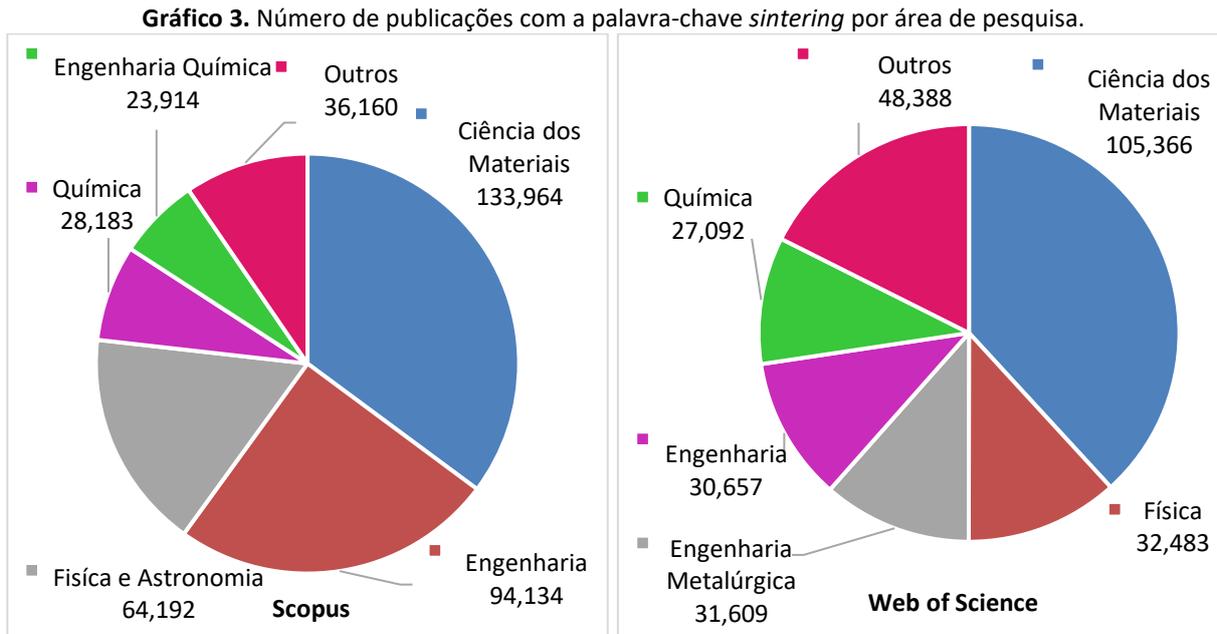


Fonte: Autores (2023).

A patente é um título de posse sobre uma criação que garante exclusividade na exploração comercial de um produto, um processo de fabricação ou aperfeiçoamento de produtos e processos já existentes (GOV, 2021). O ato de patentear é uma forma de incentivar o processo de evolução tecnológica, de impulsionar a competitividade, ampliar um negócio e conquistar investidores. Além disso, depósitos de pedidos de patentes refletem no grau de inovação e desenvolvimento econômico de um país. Então, como reflexo do desenvolvimento tecnológico do Japão e dos EUA e do fomento à pesquisa e inovação, existe uma preferência por parte dos escritórios dos respectivos países em expor seus resultados em registros de patentes.

A sinterização vem sendo investigada por diversas frentes de pesquisa. As 5 frentes (áreas) com os maiores números de publicações são apresentadas no Gráfico 3. Observa-se que a área de maior destaque é a relacionada à Ciência dos Materiais, visto que ela tem como objetivo principal o estudo da estrutura, das propriedades e do processamento de materiais (Callister & Rethwisch, 2016). O produto da sinterização deve atender a especificações controladas, de modo a obter a qualidade final desejada. Sendo assim, é de extrema importância que se possam prever as propriedades do sinter produto, de modo a avaliar o uso de diferentes misturas de materiais para a sua obtenção (Oliveira, 2018).

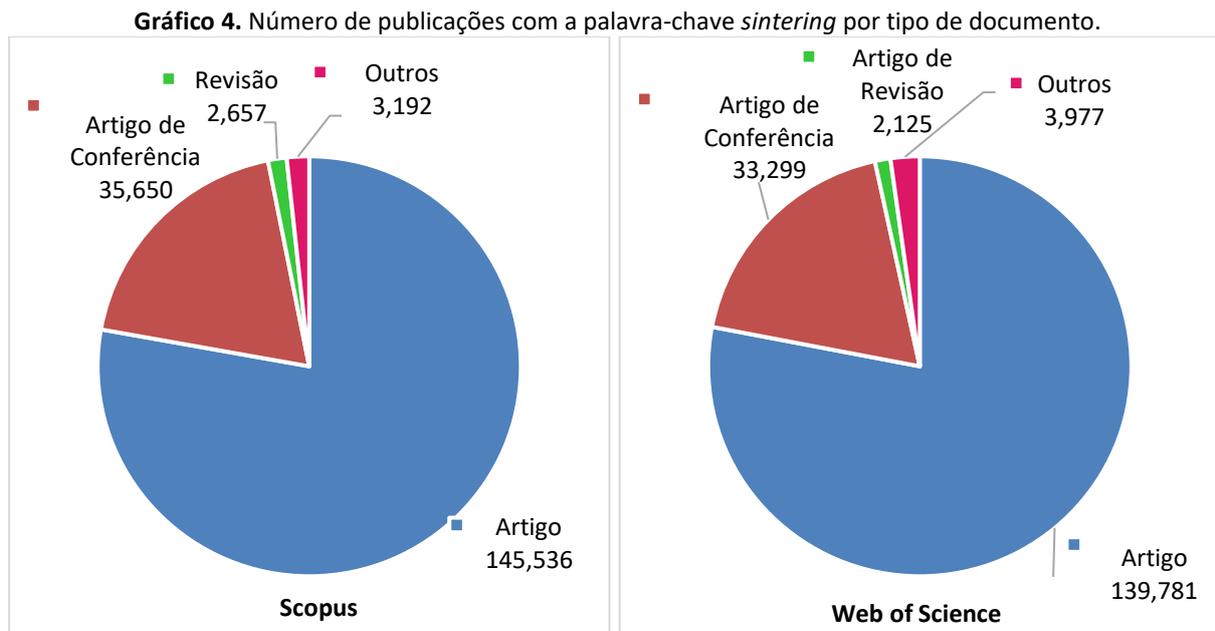




Fonte: Autores (2023).

É importante ressaltar que a soma de todas as publicações separadas por área de pesquisa é maior do que o número de publicações da respectiva base de dados, já que um mesmo documento pode estar relacionado a mais de uma área de pesquisa.

A análise documental sobre sinterização abrangeu diversos tipos de documentos. Segundo a Scopus, as publicações podem ser divididas em 16 tipos de documentos, ao passo que a WOS, em 21 tipos de documentos. O Gráfico 4 apresenta os três tipos de documentos com maior número de publicações encontrados na pesquisa. Como é o esperado, houve uma predominância de artigos nas duas bases, visto que esses correspondem ao gênero textual de divulgação mais utilizado por pesquisadores, acadêmicos e cientistas (Dorsa, 2013).



Fonte: Autores (2023).

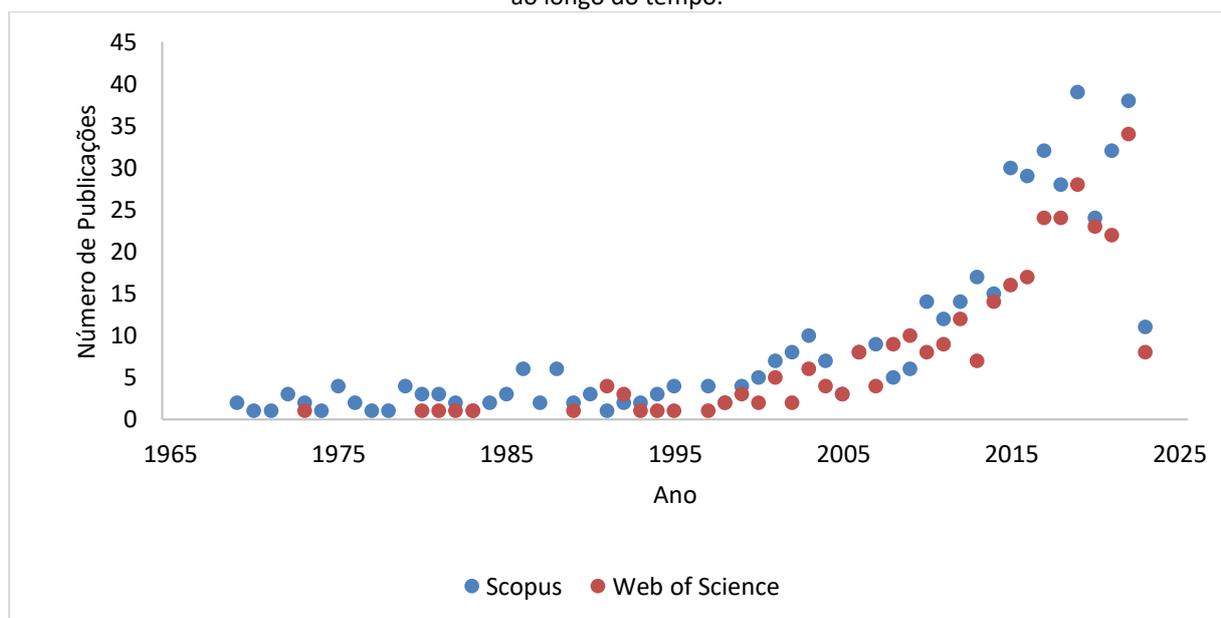


Com o objetivo de refinar este banco de dados, incluiu-se a palavra-chave *steelworks* e seus sinônimos, *steel industry* e *steel mill*, utilizando o recurso *or* (ou) que possibilita encontrar publicações que utilizaram pelo menos uma dessas opções, e filtrou-se por artigos. O resultado foi um total de 717 documentos na base Scopus e 405 documentos na WOS, o que compreendeu 480 e 321 artigos, respectivamente. O Gráfico 5 exibe a tendência do número de publicações de artigos ao longo do tempo que estão relacionadas às palavras-chave *sintering* e *steelworks* ou *steel industry* ou *steel mill*. Observa-se que o primeiro registro na base Scopus foi realizado em 1969, enquanto na WOS em 1973 e, apesar de não haver uma constância de crescimento, é evidente que o número de publicações tem aumentado de maneira substancial ao longo dos anos.

O aço se destaca como um dos materiais mais amplamente utilizados no mundo, em todas as indústrias, desde a construção à ferraria e à costura (Wang et al., 2019). Assim sendo, a disponibilidade de minério de ferro tem diminuído devido à intensa exploração. Como consequência, a produção de aço vem reduzindo e os preços aumentando (Mourão, 2008; Pereira & Policarpo, 2012). Com base nisso, o perfil crescente de publicações pode estar relacionado com a necessidade de otimizar o uso dos minérios de ferro. Muitas vezes através da exploração dos finos, que além de ser uma abordagem economicamente viável, reduz a demanda por esse recurso.

O desenvolvimento dos processos de aglomeração possibilitou que os finos de minério de ferro, antes considerados rejeitos de lavra, passassem a ter valor econômico (Silva, 2011). O que permitiu a expansão da vida útil de quase todas as jazidas de minério de ferro (Takehara, 2004). Apesar de existirem outros processos de aglomeração, a sinterização geralmente é utilizada por ser um o processo mais maduro, mais facilmente integrado à usina e energeticamente eficiente (Pal, 2019).

Gráfico 5. Número de publicações com as palavras-chave *sintering* e *steelworks* ou *steel industry* ou *steel mill* ao longo do tempo.



Fonte: Autores (2023).



A Tabela 2 apresenta os 10 países que mais publicaram artigos neste banco de dados refinado. Destes 10 países, o país com maior número de publicações é a China. Nos últimos anos a região asiática vem se destacando no que tange à produção e consumo mundial de aço bruto. A China é líder na produção de aço e, portanto, é a maior demandante de minérios de ferro. De acordo com o Instituto Aço Brasil (2023), a nação é responsável por mais de 50% de toda a produção de aço bruto mundial. Apesar de sua grande produção e de possuir uma reserva expressiva, o minério chinês é de qualidade considerada inferior, ou seja, possui menor percentual de ferro contido. E para serem utilizados, requerem beneficiamento. Geralmente, necessitam de moagem mais fina para serem concentrados e isso torna o custo do minério granulado elevado (Andrade, 2018, Carvalho, 2017 & Pena, 2017). Ainda, praticamente em toda usina integrada chinesa existe uma planta de sinterização (Pereira, 2004). Dessa forma, fica evidente o esforço do país em fomentar pesquisas na temática.

O Brasil ocupa a 11ª posição com 12 publicações na base Scopus e 14ª posição com 8 publicações na WOS. Segundo o Instituto Aço Brasil (2023), o país está entre os maiores produtores de aço do mundo, ocupando o 9º lugar no cenário mundial e 1º lugar da América Latina. Este contexto poderia resultar no maior interesse, por parte das siderúrgicas do país, por pesquisas relacionadas à sinterização. Porém, devido a uma série de problemas comumente relacionados à administração e à infraestrutura, as atividades de pesquisa no país apresentam grandes dificuldades. Quando se analisa os índices de produtividade, verifica-se que o Brasil está longe dos números dos países mais desenvolvidos, sobretudo no que se refere ao impacto de suas publicações (Unicamp, 2002).

Tabela 2. Número de publicações com as palavras-chave *sintering e steelworks* ou *steel industry* ou *steel mill* por países.

Base de Dados			
Scopus		Web of Science	
Países	Nº de Publicações	Países	Nº de Publicações
China	208	China	131
Japão	28	Japão	25
Alemanha	20	Inglaterra	19
Austrália	17	Alemanha	15
Coreia do Sul	17	Itália	14
Reino Unido	16	Coreia do Sul	13
Índia	15	Taiwan	13
Estados Unidos	15	Estados Unidos	13
Itália	13	Suécia	12
Áustria	12	Polônia	11

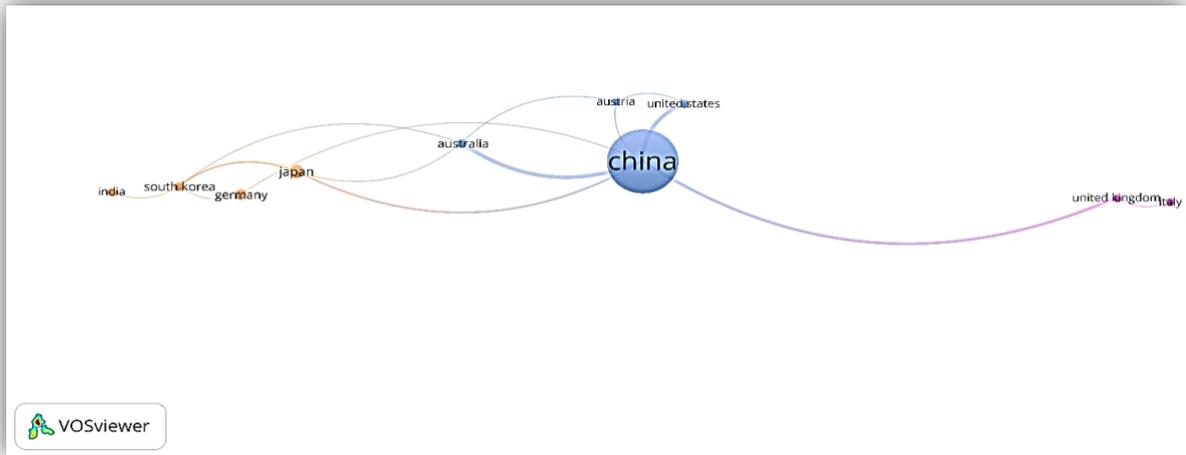
Fonte: Autores (2023).

De acordo com a ordem disposta na Tabela 2, é possível observar que as bases de dados se diferenciam a partir da 2ª colocação, entretanto, apenas Austrália, Reino Unido, Índia, Áustria, Inglaterra, Taiwan, Suécia e Polônia não aparecem simultaneamente em ambas.



As Figuras 2 e 3 ilustram, respectivamente, as redes de coautoria dos países de acordo com as bases de dados Scopus e WOS. Os tamanhos dos rótulos e dos círculos foram determinados de acordo com o número de publicações de artigos em cada país, a cor dos círculos representa os agrupamentos definidos pelo programa VoSviewer, e a espessura das linhas entre dois nós, a força da colaboração. Então, quanto mais espessas as linhas, mais forte é a colaboração entre os países (Eck & Waltman, 2022).

Figura 2. Rede de coautoria dos dez países que mais publicaram artigos sobre *sintering* e *steelworks* ou *steel industry* ou *steel mill* de acordo com a base de dados Scopus.



Fonte: Autores (2023).

Figura 3. Rede de coautoria dos dez países que mais publicaram artigos sobre *sintering* e *steelworks* ou *steel industry* ou *steel mill* de acordo com a base de dados WOS.



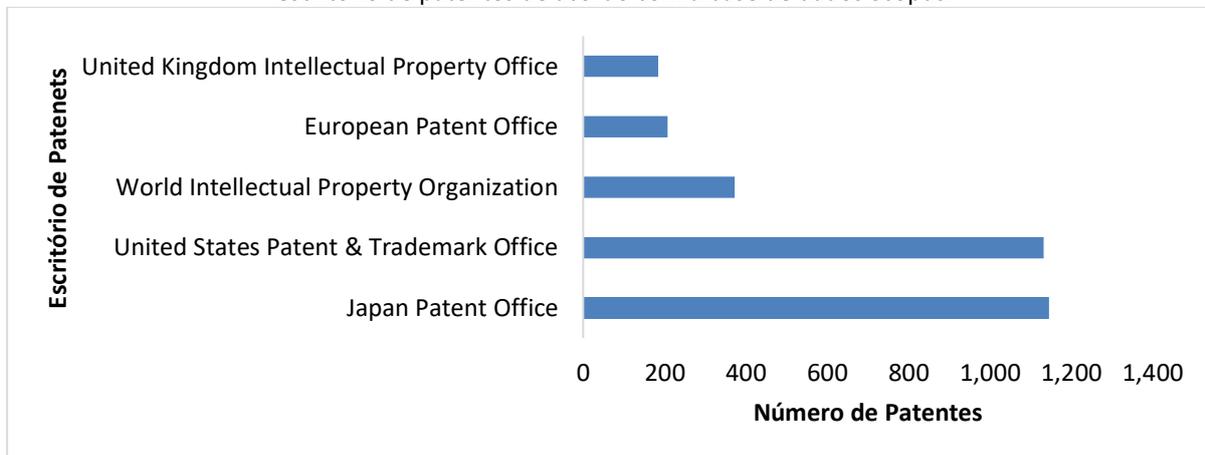
Fonte: Autores (2023).



As Figuras 2 e 3 complementam de forma ilustrativa os dados exibidos na Tabela 2. Percebe-se em ambas as redes a presença de linhas mais grossas entre a China e os Estados Unidos, indicando a existência de um relacionamento cooperativo mais intenso nas pesquisas. Percebe-se que mesmo sendo países com políticas antagônicas, no que tange à área científica são parceiros. As redes se mostram centralizadas, tendo em vista que a China está como o país central, representando o grupo de maior interesse ou foco de pesquisa. Ainda que existam outras redes de colaboração, observa-se que as demais correlações obtidas são relativamente fracas.

Da análise de patentes na base Scopus, a busca resultou em um total de 3.043 registros. O Gráfico 6 ilustra o número de patentes cadastradas por escritório de patentes entre 1914 até a data na qual os dados foram extraídos das bases. Como esperado, observa-se novamente um maior número de registros de patentes nos escritórios do Japão e dos Estados Unidos.

Gráfico 6. Número de patentes com as palavras-chave *sintering* e *steelworks* ou *steel industry* ou *steel mill* por escritório de patentes de acordo com a base de dados Scopus.

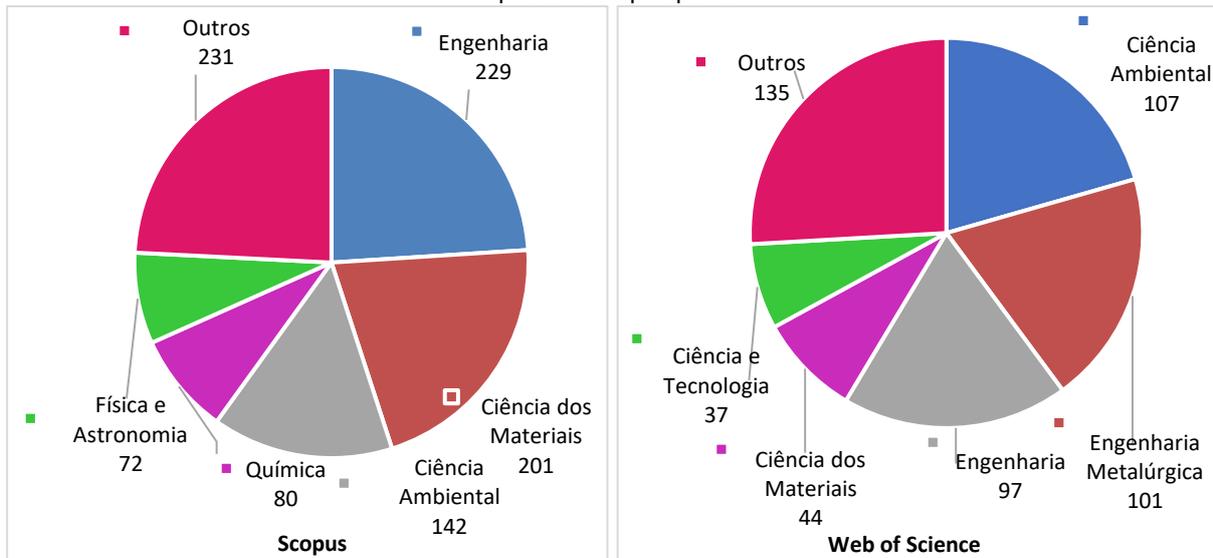


Fonte: Autores (2023).

O Gráfico 7 apresenta as 5 áreas (frentes de pesquisa) com os maiores números de publicações. Observa-se que os esforços da comunidade científica têm se voltado majoritariamente ao conhecimento de engenharia, ciência dos materiais e ciência ambiental. Acredita-se que isso ocorra porque as siderúrgicas passaram a adequar os respectivos processos de fabricação do sínter, de acordo com as novas exigências dos altos-fornos, com as diferentes realidades das fornecedoras de matéria-prima e com a legislação ambiental cada vez mais restritiva. A princípio, o maior interesse era somente de melhorar a eficiência do processo de sinterização. Mas, ao verificar que o sínter consiste em uma excelente carga para o alto-forno, buscou-se otimizar o processo de sinterização para se obter um melhor desempenho, reduzindo o consumo de energia, entregando um produto de alta qualidade e diminuindo o impacto ambiental da produção. Para tal fim, a atenção foi direcionada principalmente para as propriedades do sínter (Pereira & Takehara, 2004).



Gráfico 7. Número de publicações com as palavras-chave *sintering* e *steelworks* ou *steel industry* ou *steel mill* por área de pesquisa.



Fonte: Autores (2023).

Adiante, com o intuito de refinar ainda mais o segundo banco de dados obtido, incluiu-se a palavra-chave *waste* e seus sinônimos, *tailings* e *residues*, o que resultou em um total de 133 artigos na base Scopus e 103 artigos na WOS. Depois, delimitou-se a busca de artigos para os últimos 20 anos, com intervalo de tempo de 2004 a 2023, o que gerou 114 artigos na base Scopus e 96 artigos na WOS. A partir daí, foi realizada uma análise qualitativa dos artigos, que consistiu na leitura e compreensão dos títulos, resumos e textos das publicações, identificando se existe ou não relação com o tema abordado. Ainda, as publicações foram selecionadas conforme o maior número de citações. Desta análise, apenas 6 artigos estavam alinhados diretamente com a temática em questão. Entretanto, optou-se pela exclusão de um desses por apresentar uma relação fraca com a temática, ou seja, não tinha como foco principal o processo de sinterização.

A Tabela 3 informa o título dos artigos, os seus autores, o ano de publicação, o número de citações e a base de dados das publicações que foram selecionadas. Observa-se que apenas 2 dos artigos estão presentes juntamente em ambas as bases de dados.

Tabela 3. Artigos mais citados com as palavras-chave *sintering*, *steelworks* ou *steel industry* ou *steel mill* e *waste* ou *tailings* ou *residues* no período 2004 a 2023.

Títulos	Autores	Ano	Base	Citações
<i>Utilizing of the oiled rolling mills scale in iron ore sintering process</i>	Shatokhaa et al.	2011	Scopus	36
<i>Recycling of steel plant mill scale via iron ore sintering plant</i>	Umadevi, et al.	2012	Scopus	31
<i>Optimization of By-Products Reuse in the Steel Industry: Valorization of Secondary Resources with a Particular Attention on Their Pelletization</i>	Matino et al.	2017	WOS	18
<i>Co-utilization of converter sludge-containing dedust wastewater in iron ore sintering to save fresh water, enhance quality and reduce pollution</i>	Wang et al.	2019	Scopus/WOS	14/9
<i>Enhancement of in-plant recycling of integrated steel mill offgas solid wastes by reallocating crucial zinc-bearing materials</i>	Ma e Sammon	2020	Scopus/WOS	5/4

Fonte: Autores (2023).



Shatokhaa et al. (2011) realizaram um estudo para estimar o efeito do preparo de carepa de laminação oleada com aplicação de turfa, material orgânico proveniente da decomposição de vegetais, para utilização não perigosa no processo de sinterização do minério de ferro. Formada pela oxidação na superfície do metal na operação de laminação, a carepa é removida por um jato d'água juntamente com o óleo usado para lubrificação de equipamentos de rolamento. Essas incrustações oleadas, quando tratadas pelo processo de decantação, resultam na carepa de laminação oleada e representam um perigo para o meio ambiente, em particular devido à possível infiltração de óleo nas águas subterrâneas. Ainda, a implementação direta da carepa de laminadores oleados na mistura de sinterização facilita a aderência de partículas de poeira nas superfícies do equipamento de limpeza de gás. Isso porque o óleo segue o fluxo de gás para baixo no leito sinterizado e grande parte dele deixa a planta de sinterização sem queimar. O consumo de carepa oleada na forma de mistura de carepa com turfa resultou no aumento do grau de combustão do óleo na sinterização em 2,7 vezes mais. O que permitiu que o consumo de carepa oleada passasse de zero para 12,8 kg por tonelada de sínter, indicando a possibilidade de utilizá-la na fabricação de sínter.

Umadevi et al. (2012) investigaram o potencial de reciclagem de carepa de laminação no processo de sinterização de minério de ferro. Os resultados obtidos revelam que os teores totais de Fe e FeO do sínter cresciam à medida que a quantidade de carepa utilizada aumentava e, como consequência do FeO, o índice de degradação da redução (RDI) de sínter e a redutibilidade diminuía. Isso porque existia a formação de uma microestrutura do tipo fundida que reduzia a porosidade do leito, aumentando a resistência à difusão de gás. O rendimento e a produtividade também diminuía devido à maior geração de finos e a deterioração da permeabilidade do leito de sinterização, respectivamente. O enfraquecimento e a degradação do sínter estão associados à expansão de volume ocorrida pela transformação de fase no sínter, de hematita para magnetita, em que diversas trincas são geradas. Ainda assim, obedecendo ao limite máximo de carepa encontrado (40-50 kg por tonelada de sínter), a carepa de laminação pôde ser utilizada na sinterização para obter propriedades aceitáveis do sínter.

Matino et al. (2017) apresentam uma análise voltada para a otimização do reaproveitamento de subprodutos em uma siderurgia italiana. Este estudo mostra que um determinado cenário é capaz de minimizar simultaneamente custos e impacto ambiental, bem como produzir pelotas de alta qualidade a partir de subprodutos, de forma que sejam viáveis para reutilização na planta de sinterização. Especificamente, foram realizados testes com frações processadas da escória de BOF (forno básico de oxigênio) na planta de sinterização, resultando em produtos com alto teor de ferro que podem ser utilizados na produção de ferro-gusa no alto-forno.

O artigo de Wang et al. (2019) discorre acerca de um novo método para a reutilização de águas residuais de despoeiramento contendo lama de conversor (CSDW) na sinterização de minério de ferro. Os resultados reportados revelam que o aumento da concentração no CSDW reduz a tensão superficial da água, o que reduz o teor de umidade do minério,



aumenta a permeabilidade do gás no leito e melhora o potencial do oxigênio durante a sinterização. Dessa forma, os autores concluem que quanto maior a eficiência da combustão do combustível, mais rápida será a taxa de sinterização vertical e menor o teor de água necessário na sinterização do minério de ferro, resultando na economia de água. Ainda, sobre a concentração de CSDW de 30-40%, a qualidade do síter tem margem para melhoria, pois os elementos nocivos (como ZnO, K₂O, Na₂O e Cl), presentes sob alto teor no CSDW, podem ser removidos e coletados durante a sinterização.

Finalmente, no estudo realizado por Ma e Sammon (2020) foi proposto um programa para melhorar expressivamente a reciclagem interna dos resíduos sólidos de gás de exaustão de uma usina siderúrgica integrada da ArcelorMittal USA. A alta concentração de zinco nesses resíduos é uma das principais barreiras que impedem a sua reciclagem. Pensando nisso, os autores utilizaram uma estratégia para realocar materiais que são fontes cruciais de zinco (sucata de aço contendo zinco, síter e resíduos sólidos de gás de exaustão), demonstrando que é uma estratégia oportuna para reciclagem no processo de sinterização e fabricação de ferro no alto forno.

A partir da avaliação qualitativa dos artigos apontados como mais relevantes, foram identificados pontos positivos e negativos em relação ao tema “sinterização e reuso de resíduos siderúrgicos” (Tabela 4).

Tabela 4. Matriz SWOT elaborada a partir da análise dos artigos mais relevantes sobre sinterização e o reuso de resíduos siderúrgicos.

POSITIVO <i>Forças</i>	NEGATIVO <i>Fraquezas</i>
<ul style="list-style-type: none">❖ Substituição de matérias-primas a partir do reuso de resíduos siderúrgicos;❖ Redução dos custos com destinação de resíduos gerados pela indústria, dos custos com aquisição de matérias-primas e, como consequência, redução do custo de fabricação do aço.	<ul style="list-style-type: none">❖ Necessidade de equipamentos inovadores e investimentos substanciais de capital;❖ Limitação processual de elementos químicos indesejáveis (como zinco e álcalis);❖ Limitação no uso de matéria-prima ultrafina.
Oportunidades	Ameaças
<ul style="list-style-type: none">❖ Conservação dos recursos naturais e redução dos impactos ambientais;❖ Melhora da relação do setor siderúrgico com a sociedade e órgãos ambientais;❖ Incentivo ao desenvolvimento de tecnologias para remoção de elementos nocivos e para aumentar a aceitabilidade de ultrafinos na sinterização.	<ul style="list-style-type: none">❖ Qualidade das matérias-primas tanto da natureza quanto de resíduos siderúrgicos.

Fonte: Autores (2023).

Após realização da Matriz SWOT (Tabela 4), foram discutidas as forças, oportunidades, fraquezas e ameaças deste tema.

❖ **Forças**

A sinterização representa, de modo geral, uma importante unidade de reciclagem. Isso porque grande parte dos resíduos de usinas siderúrgicas é reciclada por meio da sinterização na maioria dos países. A depender de suas propriedades físicas, químicas e mineralógicas, tais resíduos podem ser reutilizados como matéria-prima através do processo de



sinterização substituindo, por exemplo, minérios de ferro, combustíveis, calcários, entre outros (Umadevi et al., 2012). Arelado a isso, é possível reduzir os custos associados à destinação de resíduos e os custos associados com a aquisição de matéria-prima o que impacta diretamente no custo de fabricação do aço.

❖ Oportunidades

O reuso de resíduos siderúrgicos contribui de maneira substancial para a sustentabilidade do setor. Isso porque, reduz a necessidade de exploração de recursos naturais, que são finitos e, muitas vezes escassos, além de reduzir o descarte de resíduos no meio ambiente. Em tempo, visto que a sociedade, mercado consumidor e os órgãos ambientais estão cada vez mais exigentes quanto à sustentabilidade, essa prática acaba favorecendo a imagem das siderúrgicas, o que certamente agrega bastante valor. Por fim, destaca-se a necessidade de tecnologias cada vez mais inovadoras e sustentáveis para remoção de elementos nocivos e para aumentar a aceitabilidade de ultrafinos a fim de ampliar a utilização de resíduos siderúrgicos na sinterização.

❖ Fraquezas

O processo de sinterização de minérios de ferro apresenta como limitação uma baixa taxa de remoção de elementos nocivos. Posto isso, a presença de elementos químicos indesejáveis, mesmo que em pequenas concentrações, pode comprometer a permeabilidade do leito de sinterização, ocasionando perda de produtividade. Ainda, pode fazer com que a composição do sínter varie acima de níveis aceitáveis, além de muitas vezes comprometer as estruturas das instalações. As consequências também se estendem aos processos a jusante da produção de aço, como para o alto forno, por exemplo. Essa limitação faz com que ainda hoje uma quantidade expressiva de resíduos seja descartada em aterros. Além disso, o pré-tratamento de resíduos muitas vezes é complexo, necessitando de equipamentos inovadores e elevados investimentos de capital. Em tempo, vale mencionar a dificuldade em se processar materiais ultrafinos (<0,5 mm) na sinterização. Assim sendo, o excesso destes pode causar a perda de permeabilidade do leito de sinterização, a diminuição da produtividade e eventual deterioração da qualidade do sínter (PAL, 2019). Portanto, é de suma importância controlar as porcentagens das partículas ultrafinas na mistura a sinterizar.

❖ Ameaças

Os tipos de resíduos gerados na indústria siderúrgica são os mais variados. Desse modo, é prática comum considerar que esses não vão ter sempre a mesma composição química, a mesma granulometria e/ou mineralogia. Assim sendo, ressalta-se que uma menor qualidade das matérias-primas utilizadas na fabricação do sínter (como a presença indesejável de contaminantes e partículas ultrafinas) pode vir a restringir a sua utilização. Ou ainda, faz com que seja necessário que processos sejam modificados com o intuito de atender as novas condições de processo enfrentadas.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio desta análise bibliométrica, foi possível identificar os principais países, escritórios de patentes e frentes de pesquisas que se destacam no campo de “sinterização”. Além disso, verificou-se um aumento no número de publicações ao longo dos anos. Entretanto, ao refinar o assunto para “sinterização” e “reuso de resíduos siderúrgicos” o portfólio obtido evidenciou uma escassez de artigos que realmente estão aderidos ao assunto em pauta quando comparado ao portfólio inicial. Em tempo, esses poucos artigos revelam que a sinterização se trata de uma alternativa tanto economicamente quanto ambientalmente mais atrativa do que a destinação de resíduos siderúrgicos.

A análise SWOT pôde revelar a potencialidade que existe nos estudos referentes ao reuso de resíduos siderúrgicos no processo de sinterização de uma siderúrgica. As publicações encontradas revelaram que o procedimento é possível e sua viabilidade depende primordialmente de quais resíduos são utilizados, suas composições químicas, granulométricas e mineralógicas. Da perspectiva ambiental, nota-se a relevância da temática por ser uma solução que contribui para a conservação dos recursos naturais e diminuição dos impactos ambientais. Da perspectiva econômica, consiste em uma alternativa atrativa uma vez que possibilita a geração de um produto com menor custo de fabricação.

Conclui-se, desse modo, que apesar de existirem vantagens econômicas e ambientais, diversas limitações técnicas ainda não foram superadas. Essas, em determinadas situações podem tornar o reuso de resíduos na sinterização uma solução inviável. Posto isso, é importante que sejam fomentadas mais pesquisas a fim de se elevar o grau de maturidade tecnológico no assunto. Com isso, possibilitar avanços neste campo de pesquisa em prol de um futuro mais sustentável.

REFERÊNCIAS

- Andrade, W. F. (2018). Beneficiamento de minério de ferro: A importância da caracterização tecnológica na definição de rota de processo. (Trabalho de Conclusão de Curso). *Fundação Presidente Antônio Carlos*, Conselheiro Lafaiete, MG, Brasil.
- Araújo, C. A. A. (2006). Bibliometria: evolução histórica e questões atuais. *Revista Em Questão*, 12(1), 11-31. Recuperado de <https://seer.ufrgs.br/index.php/EmQuestao/article/view/16>
- Braga, D. V., Lourenço, M. C., & Silva, N. R. (2020). *Produção industrial de ferro e aço*. Recuperado de https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5682718/mod_resource/content/1/Produ%C3%A7%C3%A3o%20industrial%20de%20ferro%20e%20a%C3%A7o.pdf
- Brunatto, S. F. (2016). *Introdução ao estudo dos aços*. Recuperado de <http://ftp.demec.ufpr.br/disciplinas/TM052/Prof.Silvio/INTRODU%C3%87%C3%83O%20AO%20ESTUDO%20DOS%20A%C3%87OS-Parte%201.pdf>
- Callister, W. D & Rethwisch, D. G. (2016). *Ciência e Engenharia de Materiais, uma introdução*. 9a ed, cap. 1, 1-17p. Rio de Janeiro: LTC.
- Campos, V. O., Morais, F. F., Oliveira, U. G., & Júnior, D. N. (2014). Produção de sinter a partir de resíduos siderúrgicos. In: *44º Seminário de Redução de Minério de Ferro e Matérias-primas, 15º Simpósio Brasileiro de Minério de Ferro e 2º Simpósio Brasileiro de Aglomeração de Minério de Ferro*, 44(44), 5696-5703. <https://doi.org/10.5151/2594-357X-25619>
- Carvalho, R. L. N. (2012). *As novas fronteiras da exploração mineral: os desafios na comercialização de minérios antes tratados como estéreis* (Dissertação de mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Carvalho, V. V. (2017). *Mercado Internacional de Minério de Ferro* (Monografia). Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, MG, Brasil.
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. (2015). *Plano de redução de emissões de fontes*



- estacionárias. *Guia de melhor tecnologia prática disponível*. Cap. 7, 133-164. Recuperado de <https://cetesb.sp.gov.br/ar/wp-content/uploads/sites/28/2015/09/GUIA-PREFE-020517.pdf>
- Dorça, A. C. (2013). Os diferentes gêneros textuais utilizados na universidade: O papel docente e discente neste caminhar. *XVII Congresso Nacional de Linguística e Filologia*, 17(3), 101-110. Recuperado de http://www.filologia.org.br/xvii_cnlf/min_ofic/08.pdf
- Eck, N. J. V., Waltman, L., Dekker, R., & Berg, J. V. D. (2010). A comparison of two techniques for bibliometric mapping: Multidimensional Scaling and VOS. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 61, 2405–2416. <https://doi.org/10.1002/asi.21421>
- Eck, N. J. V. & Waltman, L. (2023). *VOSviewer Manual. Manual for VOSviewer version 1.6.19* [Manual]. Universiteit Leiden and CWTS Meaningful metrics.
- Elsevier. (n.d.). *Scopus, content coverage guide*. Recuperado de https://www.elsevier.com/data/assets/pdf_file/0007/69451/ScopusContentCoverageGuideWEB.pdf
- Enago. (2021, março 25). *Pubmed, Scopus e Web of Science: um guia rápido para pesquisas bibliográficas*. Recuperado de <https://www.enago.com.br/academy/popular-databases-for-researchers/>
- German, R. M. (2013). History of sintering: empirical phase. *Powder Metallurgy*, 56(2), 117-123. <https://doi.org/10.1179/1743290112Y.0000000025>
- Gov. (2021, julho 21). *Manual Básico para Proteção por Patentes de Invenções, Modelos de Utilidade e Certificados de Adição*. Recuperado de <https://www.gov.br/inpi/pt-br/servicos/patentes/guia-basico/ManualdePatentes20210706.pdf>
- Graças, B. H. (2017). *Otimização da mistura de minérios no processo de sinterização objetivando minimização de custo* (Monografia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Indústria Santa Luzia. (2018, fevereiro 02). Importância da reciclagem para as empresas e natureza. Recuperado de <https://www.industriasantaluzia.com.br/blog/reciclagem-a-favor-dos-negocios-e-da-natureza/>
- Haefner, C. & Guimarães, J. A. (2015). Produção científica indexada na base Web of Science na área de Neurociências e Comportamento relacionada com o tema Educação. *Revista Brasileira de Pós-Graduação*, 12(29), 773-801. <https://doi.org/10.21713/2358-2332.2015.v12.852>
- Infomet. (n.d.). Processos de Aglomeração de Minérios: Sinterização e Pelotização. [Recuperado de https://www.infomet.com.br/site/acos-e-ligas-conteudo-ler.php?codConteudo=232](https://www.infomet.com.br/site/acos-e-ligas-conteudo-ler.php?codConteudo=232)
- Instituto Aço Brasil. (2023). Indústria do Aço em Números. Recuperado de https://acobrasil.org.br/site/wp-content/uploads/2023/06/AcoBrasil_Minianuario_2023.pdf
- Ma, N. & Sammon, W. J. (2020). Enhancement of in-plant recycling of integrated steel mill offgas solid wastes by reallocating crucial zinc-bearing materials. *Journal of Cleaner Production*, 251(119783). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119783>
- Matino, I., Colla, V., Branca, T. A., & Romaniello, L. (2017). Optimization of By-Products Reuse in the Steel Industry: Valorization of Secondary Resources with a Particular Attention on Their Pelletization. *Waste Biomass Valorization*, 8, 2569–2581. <https://doi.org/10.1007/s12649-016-9768-x>
- Monteiro, R. (2022, maio 13). Brasil deixa patentes na mão dos gringos — e isso pode ser um problema. Recuperado de <https://veja.abril.com.br/economia/brasil-deixa-patentes-na-mao-dos-gringos-e-isso-pode-ser-um-problema>
- Mourão, J. M. (2008). *Estudo Prospectivo do Setor Metalúrgico* (Relatório de Situação/2008), Brasília, DF, Centro de Gestão e Estudos Estratégicos, Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais.
- NSB. (2019). Publications Output: U.S. Trends and International Comparisons. Recuperado de <https://nces.nsf.gov/pubs/nsb20206/publication-output-by-region-country-or-economy>
- Oliveira, V. F. (2018). *Avaliação teórica e experimental do uso de resíduos siderúrgicos na sinterização* (Dissertação de mestrado em Engenharia Metalúrgica, Materiais e de Minas). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Pal, J. (2019). Innovative Development on Agglomeration of Iron Ore Fines and Iron Oxide Wastes. *Mineral Processing and Extractive Metallurgy Review*, 40(4), 248-264. <https://doi.org/10.1080/08827508.2018.1518222>
- Pena, R.B. (2017). *O crescimento chinês e sua influência no mercado siderúrgico e mineral brasileiro* (Monografia). Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.
- Pereira, H. C. (2004). *Avaliação em escala piloto do comportamento dos produtos pellet feed, pellet screenings e micro pellet em substituição ao sinter feed em uma mistura de sinterização* (Dissertação de mestrado em Engenharia Metalúrgica e de Minas). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.



- Pereira, S. A. C. (2012). *O Mercado de Minério de Ferro* (Monografia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Policarpo, F. F. (2012). *Minério de ferro: desafios para as indústrias mineral e siderúrgica* (Monografia). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- Rizzo, E.M.S. (2007). *Pátios de matérias-primas e sinterização de minério de ferro: Operações básicas* [Apostila]. Serra, ES, Brasil.
- Santana, A. & Mugnaini, R. (2018). A internacionalização nas Geociências da USP: comparação entre coberturas da Web of Science e da Scopus no nível micro. *Revista Em Questão*, 24(6), 111-133. <https://doi.org/10.19132/1808-5245240.111-133>
- Santos, F. A. (2021). *Análise bibliométrica aplicada ao processo de dessalinização solar da água* (Trabalho de Conclusão de Curso I). Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, ES, Brasil.
- Shatokha, V. I., Gogenko, O. O., & Kripak, S. M. (2011). Utilising of the oiled rolling mills scale in iron ore sintering process. *Resources, Conservation and Recycling*, 55, 435-440. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.11.006>
- Silva, F.Q., Santos, E.B.A.S., Brandão M.M., & Vils, L. (2016). Estudo Bibliométrico: Orientações sobre sua Aplicação. *Revista Brasileira de Marketing – ReMark*, 15(2), 246-262. <https://doi.org/10.5585/remark.v15i2.3274>
- Silva, J. N. S. (2011). *Siderurgia* [Apostila do Curso de Metalurgia]. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Pará, Belém, PA, Brasil.
- Silva, O. R., Rainatto, G., Santos, F. A., & Venanzi, D. (2019). Análise comparativa do processo de patente brasileiro considerando as variáveis tempo e custo de concessão dos pedidos. *Revista Cafi*, 2(2), 211-225. <https://doi.org/10.23925/cafi.v2i2.41064>
- Takehara, L. (2004). *Caracterização geometalúrgica dos principais minérios de ferro brasileiros – fração sinter feed* (Tese de doutorado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil.
- Umadevi, T., Brahmacharyulu, A., Karthik, P., Mahapatra, P.C., Prabhu, M., & Ranjan, M. (2012). Recycling of steel plant mill scale via iron ore sintering plant. *Ironmaking and Steelmaking*, 39, 222-227. <https://doi.org/10.1179/1743281211Y.0000000063>
- Unicamp. (2002). Desafios da pesquisa no Brasil: uma construção ao debate. *Revista São Paulo Em Perspectiva*, 16(4), 15-23. <https://doi.org/10.1590/S0102-88392002000400004>
- Wang, Y., Zhang, J., Liu, Z., Du, C., Schenk, J., Shao, J., & Zhang, Y. (2019). Co-utilization of converter sludge-containing dedust wastewater in iron ore sintering to save fresh water, enhance quality and reduce pollution. *Journal of Cleaner Production*, 234, 157-170. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.06.186>
- Ye, Z., Zhang, B., Liu, Y., Zhang, J., Wang, Z., & Bi, H. (2014). A bibliometric investigation of research trends on sulfate removal. *Desalination and Water Treatment*. Vol. 52, 31-33a ed., 6040-6049. <https://doi.org/10.1080/19443994.2013.812991>
- ZanESCO, L. (2021, fevereiro 12). Entenda a diferença entre registro de marca e patente. Recuperado de <https://www.companyhero.com/blog/diferenca-registro-de-marca-e-patente>
-

