

# Prospecção de Patentes sobre o Cobre Refinado a Fogo

## *Patent Prospecting on Fire-Refined Copper*

*Maria Ivonete Nunes Costa<sup>1</sup>*

*Francisco Valdivino Rocha Lima<sup>1</sup>*

*Ayrton de Sá Brandim<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Instituto Federal do Piauí, Teresina, PI, Brasil

### Resumo

O cobre possui diversas aplicações, sobretudo nos seguimentos elétricos e na construção civil, devido às excelentes propriedades, como a alta condutividade térmica e elétrica. A prospecção tecnológica é um método de mapear o progresso científico e a tecnologia que facilita a orientação de empresas e pesquisadores. Este artigo discute uma busca por patentes de cobre refinado a fogo. A metodologia utilizada foi a revisão sistemática, tomando como base de dados a plataforma do EPO, INPI e o Google Patents e busca nas bases de artigos Web of Science e Science Direct® is Elsevier®. Os resultados foram 35 patentes e 27 artigos relacionados, dos quais se observou que nos últimos anos o campo permanece no estágio embrionário, não havendo uma evolução significativa da tecnologia, com tendências na China, nos Estados Unidos, na Austrália, na Polônia, na França e na Alemanha. Na última década, notou-se maior difusão do tema na China, além de observar a necessidade de maiores investimentos na área, a fim incentivar a conexão entre empresas e universidades para estimular o desenvolvimento e a produção de inovações de técnicas de refino.

Palavras-chave: Cobre Refinado a Fogo; Prospecção; Patentes.

### Abstract

Copper has several applications, especially in electrical segments and civil construction, due to its excellent properties, such as high thermal and electrical conductivity. Technological prospecting is a method of mapping scientific and technological progress that facilitates the orientation of companies and researchers. This article discusses a fire-refined copper patent search. The methodology used was a systematic review based on the EPO platform, INPI and Google Patents, and on the Web of Science and Science Direct® is Elsevier® article databases. The results were 35 patents and 27 related articles, in which it was observed that in recent years the field remains in the embryonic stage, with no significant evolution of technology, with trends in China, the United States, Australia, Poland, France and Germany. In the last decade, there has been a greater diffusion of the subject in China, in addition to observing the need for greater investments in the area, in order to encourage the connection between companies and universities to stimulate the development and production of innovations in refining techniques.

Keywords: Fire-refined Copper; Prospection; Patents.

Área Tecnológica: Propriedade Intelectual. Engenharia Metalúrgica. Inovação em Refinarías.



# 1 Introdução

O cobre é um dos metais mais utilizados, com inúmeras aplicações na indústria. Entre as características físico-químicas que promovem as diversas aplicações, estão a alta condutividade térmica e elétrica, a maleabilidade e a resistência à corrosão e à fadiga. A alta resistência e a conservação da flexão, consistentes com o monitoramento da alta condutividade, são determinantes para diversas aplicações (Saleh, 2011).

Dados da Associação Brasileira do Cobre (ABCOBRE) de 2019 sobre as principais aplicações do cobre, mostram que cerca de 63% do consumo de cobre brasileiro é destinado a indústria de fios e cabos. Segundo o Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM), em 2021, a produção mineral brasileira aumentou 7%, com o cobre atingindo 52% da produção. A possibilidade de formação de novos materiais por meio de combinações é um dos motivos para o aumento no consumo de cobre (Navarro, 2006).

De acordo com JFPasqua (2015), o cobre refinado a fogo normalmente apresenta alta condutividade térmica e elétrica, com 99,9% de pureza. Contudo, possui alto grau de impurezas e menor teor de oxigênio em sua composição química, em comparação a outros tipos de cobre utilizados para fins elétricos, a exemplo do cobre eletrolítico. Entre as aplicações, esse cobre pode ser utilizado em grande escala na produção de fios e cabos elétricos, construção civil, indústria automobilística, telefonia, eletroeletrônicos, barras coletoras, contatos elétricos e telecomunicações.

O refinamento a fogo de cobre consiste basicamente em dissolver oxigênio no metal de modo a reagir com as impurezas, quando ocorre a remoção tanto do oxigênio quanto das impurezas. O processo de refino é realizado em fornos a ar estacionários ou em fornos de balanço, compreendendo cinco estágios: carregamento, oxidação e escorificação de impurezas, redução e moldagem de ânodos (Marin *et al.*, 2005).

Apesar de os fornos rotativos serem os mais utilizados para o refino a fogo do cobre em fundições primárias, nas sucateiras secundárias, geralmente, são usados fornos a lareira, visto que são mais eficientes para fundir as sucatas e outros insumos sólidos (Alarcon, 2005; Hanusch, 2010; Rinnhofer; Zulehner, 2005).

A oxidação e a redução são dois subprocessos para a produção do cobre anódico por meio do refinamento a fogo do cobre blister de modo a remover o teor de enxofre excedente. A oxidação compreende em adicionar ar de modo a minimizar o teor de enxofre e outras impurezas presentes no cobre blister. No caso da redução, consiste em uma desoxidação em que é vital para a eliminação do óxido de cobre formado no decorrer do subprocesso de oxidação anterior, ou seja, a redução é um complemento do processo de oxidação, normalmente o gás natural é soprado no banho para essa finalidade (Pérez; Moreno-Ventas; Rios, 2018).

A purificação a fogo de cobre ou pirorefino envolve dois sistemas químicos: (a) sistema CueOeS (remoção de enxofre); e (b) sistema CueCeHeO (remoção de oxigênio). A maior parte do O dissolvido precipita como inclusões sólidas de Cu<sub>2</sub>O durante a fundição (Brandes; Brook, 1998), portanto, deve ser removido em níveis baixos. A precipitação de óxido de cobre pode ser minimizada removendo a maior parte do oxigênio do cobre fundido pela injeção de gás ou hidrocarbonetos líquidos. Liu e Wen (2014) propõem a utilização de um agente redutor NFA para a desoxidação profunda de cobre pirorefinado de modo a reduzir o oxigênio residual 30

~ 1500 ppm. Zhou e Hao (2007) sugerem um processo de refino de cobre a fogo não oxidante e não redutor, em que o oxigênio reage com as impurezas para obter uma remoção única de impurezas e oxigênio. Ao refinar o cobre pelo método de queima de dióxido de carbono, a taxa de fluxo de oxigênio pode ser ajustada para evitar a oxidação excessiva do cobre líquido, consequentemente reduzindo os riscos de emissões excessivas (Wang; Gao; Wang, 2021). Já Balocci (2005) apresenta um método de pirorrefino intensivo e contínuo de injeção de gás natural com ar, oferecendo uma melhor solução para redução de oxigênio gasoso.

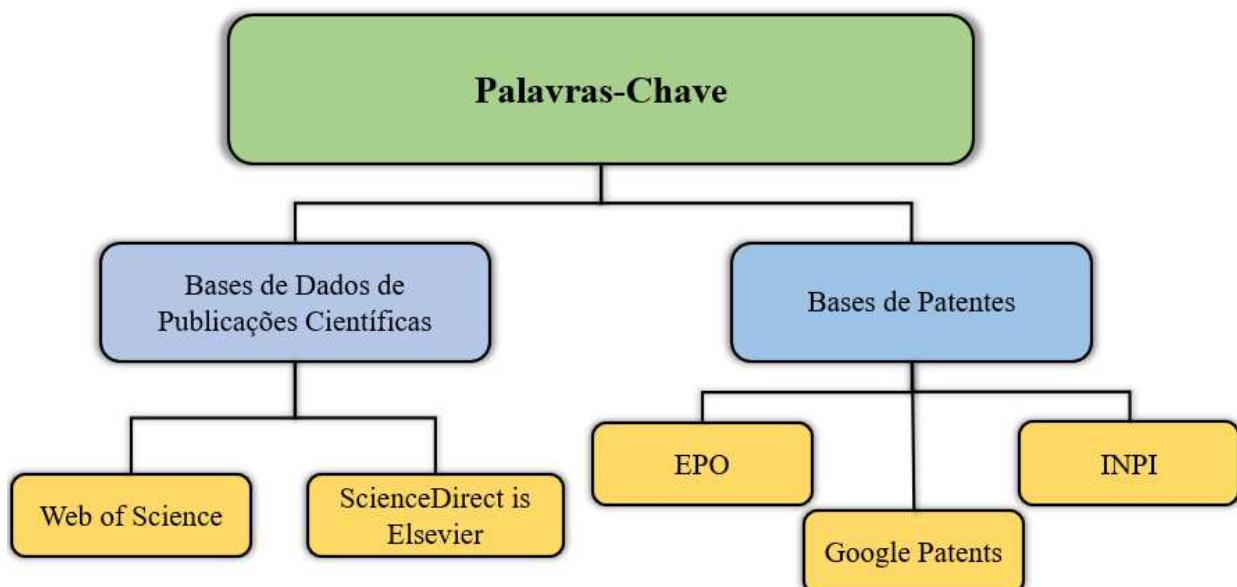
Durante o refino eletrolítico do cobre metalúrgico, o cobre com teor de enxofre significativamente reduzido é obtido aumentando a densidade de corrente para 600A/m<sup>2</sup>, o eletrólito é baseado em uma solução aquosa de sulfato de cobre e ácido sulfúrico, contém grupos inibidores como aditivos e o diluente consiste em tioureia, colágeno na forma de cola de madeira e íons cloreto são derivados principalmente de cloreto de sódio (Kamiński; Szczepaniak; Mazanek, 1981).

Tendo em vista a necessidade da otimização das propriedades do cobre refinado a fogo para fins elétricos, o objetivo principal deste trabalho foi realizar uma prospecção científica e tecnológica sobre os métodos de refinamento a fogo de cobre, a fim de compreender alguns processos de formação do metal, que é normalmente utilizado na fabricação de fios e cabos elétricos.

## 2 Metodologia

O estudo prospectivo seguiu alguns métodos, como o uso de palavras-chave e termos conjugados para delinear a pesquisa, em nível nacional e internacional, procurando identificar todos os pedidos de patentes realizadas, destacando os métodos de refino a fogo do cobre. As buscas por patentes foram realizadas na plataforma da European Patent Office (EPO), Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI) e no Google Patents e busca de os artigos nas bases da Web of Science e Science Direct® is Elsevier®, conforme apresentado na Figura 1.

**Figura 1** – Fluxograma da metodologia para busca das palavras-chave e termos conjugados



Fonte: Elaborada pelos autores deste artigo (2023)

A pesquisa adotou métodos qualitativos e quantitativos de caráter exploratório. Análises bibliométrica e patentária foram realizadas para averiguar artigos científicos revisados por pares e pedidos de patentes, a fim de verificar os avanços no desenvolvimento de métodos de refinamento a fogo de cobre. As palavras-chave e os termos conjugados utilizadas nas bases de patentes e artigos científicos foram: *Fire refined copper* (Cobre refinado a fogo), *Copper fire refining process* (Processo de refino a fogo de cobre), *Copper fire refining and impurity removal* (“Refino a fogo de cobre” e “Remoção de impurezas”), *Copper fire refining process and energy saving* (Processo de refino de fogo de cobre e economia de energia). A partir da análise prospectiva, foi possível a elaboração da Tabela 1, que contém os resultados encontrados nas bases de artigos científicos Web of Science e Science Direct® is Elsevier® e de patentes EPO, Google Patents e INPI.

**Tabela 1** – Quantidade de palavras-chave encontradas nas buscas de artigos científicos e patentes

| PALAVRAS-CHAVE E TERMOS CONJUGADOS  | ARTIGOS CIENTÍFICOS |                              | PATENTES |                |      |
|---|---------------------|------------------------------|----------|----------------|------|
|   | WEB OF SCIENCE      | SCIENCE DIRECT IS ELSEVIER'S | EPO      | GOOGLE PATENTS | INPI |
| <i>“Fire Refined Copper”</i> (Cobre refinado a fogo)  | 4                   | 2                            | 82       | 76             | 0    |
| <i>“Copper fire refining process”</i> (Processo de refino a fogo de cobre)  | 18                  | 14                           | 34       | 25             | 0    |
| <i>Copper fire refining and impurity removal</i> (“Refino a fogo de cobre” e “Remoção de impurezas”)                  | 0                   | 0                            | 21       | 14             | 0    |
| <i>“Copper fire refining process” and “energy saving”</i> (Processo de refino de fogo de cobre e economia de energia) | 0                   | 0                            | 3        | 2              | 0    |

Fonte: Elaborada com dados coletados nas bases Web of Science, Science Direct® is Elsevier®, EPO, Google Patents e INPI

Depois do mapeamento patentário, foi realizada a identificação, a seleção e a elegibilidade das patentes, isto é, a apuração dos depósitos escolhidos e a quantidade final de patentes utilizadas no levantamento com o intuito de determinar os periódicos relevantes para o estudo. Após a busca nas bases, os dados foram classificados e selecionados de acordo com país de depósito da patente, o ano de depósito, as quantidades de patentes, os inventores e perfil dos depositantes conforme prevê a Classificação Internacional de Patentes (CIP).

### 3 Resultados e Discussão

A prospecção científica possibilitou mapear o progresso científico e a tecnologia acerca de técnicas de refino de cobre a fogo. A partir da análise da Tabela 1, que contém a quantidade de artigos e de patentes encontrados nas bases em estudo, é possível notar poucas publicações, especialmente na base da Science Direct® is Elsevier®, já que conta com apenas 16 artigos. Por outro lado, a Web of Science apresentou um resultado maior, mas sem tanta expressividade, com apenas 24 artigos. Com relação à quantidade de patentes encontrados nas bases EPO, Google Patents e INPI, verifica-se que os resultados encontrados na base de dados EPO são

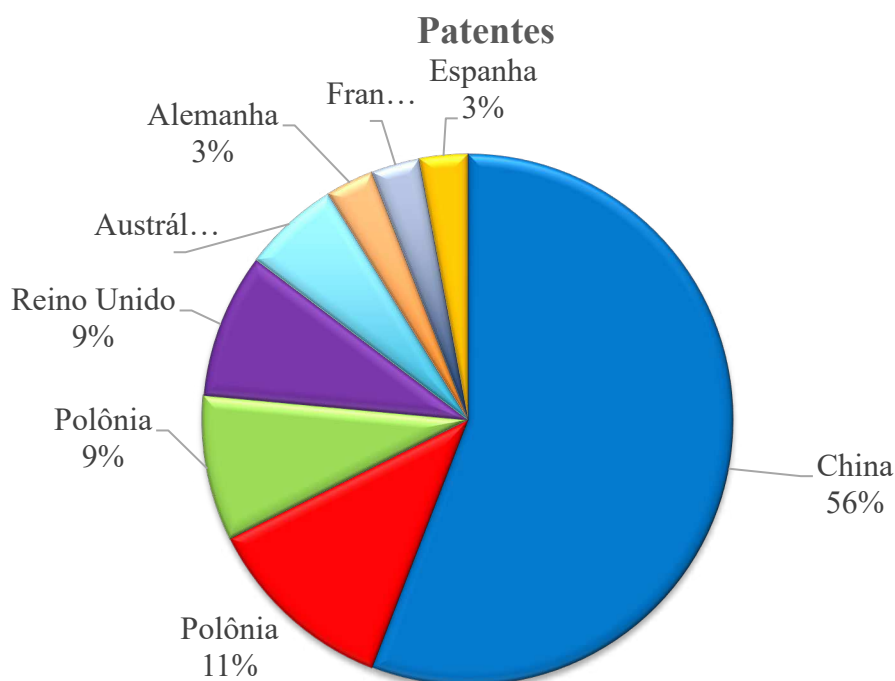
significativamente maiores e expressivos com 140 resultados. Na base do Google Patents, foram obtidos 117 depósitos. Já a busca no INPI até o momento da pesquisa não revelou resultados de patentes para nenhuma das palavras-chave pesquisadas, tanto em nível nacional quanto internacional.

O mapeamento mostra uma queda significativa no número de depósitos à medida que há combinação de termos associados a *“Fire refined copper”*. A busca por patentes nas bases EPO e do Google Patents resultou em 257 depósitos. Após o processo de identificação, seleção e elegibilidade, por serem irrelevantes para o assunto ou relacionados a metais que não o cobre refinado a fogo, 126 patentes foram excluídas, e os depósitos foram considerados inadequados para este trabalho, além disso, 94 duplicadas foram detectadas. Portanto, apenas 34 depósitos estavam disponíveis para análise. Em contrapartida, a análise bibliométrica resultou em apenas 40 artigos revisados por pares, sendo que 24 deles foram encontrados no banco de dados da Web of Science e apenas 16 na base da Science Direct® is Elsevier, em que apenas seis artigos tiveram alguma relevância para o objetivo do estudo.

Ao realizar a verificação individual para cada palavra-chave e termo conjugado, a pesquisa por *“Fire refined Copper”* obteve um resultado significativo em relação às patentes, com 158 resultados, sendo 82 encontrados na base de dados da EPO e 76 no Google Patents. Por outro lado, a busca por artigos obteve uma redução drástica, somente seis artigos foram encontrados na base de dados, sendo quatro na Web of Science e dois na Science Direct® is Elsevier. A busca por *“Copper fire refining process”* indica um resultado significativo em relação aos artigos científicos, com 32 resultados, 18 artigos na Web of Science e 14 na Science Direct® is Elsevier. Quanto à quantidade de patente, nota-se ser muito inferior em comparação a primeira palavra-chave, com 59 resultados, 34 referentes a dados da EPO e 25 do Google Patents. Em relação ao termo conjugado *“Copper fire refining and impurity removal”*, um termo de interesse para o levantamento, este apresenta uma baixa no número de patentes, obtendo como resultado 21 depósitos na EPO e 14 no Google Patents. Esse quadro piora de forma expressiva em relação ao outro termo *“Copper fire refining process and energy saving”*, sendo apenas três patentes na EPO e dois no Google Patents. Destaca-se que não houve resultados de artigos para nenhum dos dois últimos termos.

A avaliação dos artigos publicados na base Web of Science e Science Direct® is Elsevier® não apresentou mudanças significativas nos últimos anos, sendo que a última publicação foi em 2014. Esses dados indicam que a pesquisa do cobre refinado a fogo pelo menos nas bases de dados pesquisadas é mais comum em patentes do que em artigos científicos. Além do mais, é perceptível um equilíbrio entre os resultados encontrados nas bases em estudo. Quanto à avaliação das patentes depositadas nas bases EPO, Google Patents e INPI, acredita-se que a escolha da base de dados pode afetar significativamente os resultados da pesquisa.

Com base em um planejamento metodológico estruturado para a pesquisa, que teve como objetivo o levantamento científico e tecnológico sobre métodos de refino a fogo do cobre, foi possível realizar análises abrangentes sobre os países em que as patentes foram depositadas e quantificar as patentes e artigos identificados nas bases de dados escolhidas. Essas análises permitem entender melhor a distribuição geográfica do conhecimento e da pesquisa em relação aos métodos de refino a fogo do cobre, identificando os países mais ativos e relevantes nessa área.

**Figura 2** – Países que efetuaram depósitos de patentes

Fonte: Elaborada com dados coletados na base da EPO e Google Patents

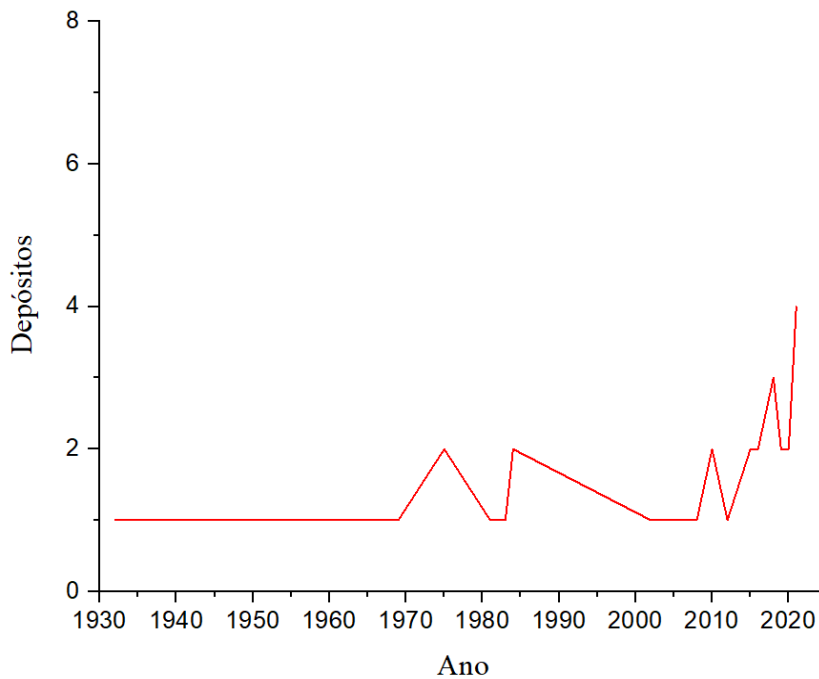
De acordo com os dados presentes na Figura 2, a China é responsável pelo maior número de depósitos de patentes sobre cobre refinado a fogo, especificamente métodos/processos de refinamento a fogo, com uma participação de 56%. Isso indica que a pesquisa e o desenvolvimento nessa área são mais avançados na China em comparação a outros países. Vale mencionar que, das 34 patentes analisadas, 19 são chinesas.

A Polônia ocupa o segundo lugar na lista, com uma participação de 11%, o que indica um esforço significativo na área de pesquisa de refino a fogo do cobre no país. Os Estados Unidos e Reino Unido ocupam o terceiro lugar com uma participação de 9% cada, o que demonstra que nesses países também têm uma presença considerável nessa área. A Austrália aparece em quarto lugar com participação de 6%, indicando pouca participação nessa área. A França, a Espanha e a Alemanha aparecem em último lugar com uma participação de apenas 3%, sugerindo que a pesquisa e o desenvolvimento nessa área não são tão avançados nesses três países quanto em outros.

O compromisso governamental com políticas de incentivo à inovação e proteção de propriedade intelectual, conforme destacado por Zhang (2008) e Zhang (2010), ao longo do último século de construção e desenvolvimento, a indústria chinesa do cobre estabeleceu um sistema integrado de produção e processamento de cobre. Como resultado, a China não apenas lidera o refino de cobre, mas também desempenha um papel crescente no cenário global de pesquisa e desenvolvimento tecnológico, como evidenciado por analistas internacionais.

A Figura 3 apresenta a evolução anual dos depósitos entre 1932 e 2021. O desenvolvimento da tecnologia baseada em refino de fogo de cobre apresenta poucas produções, em média uma publicação, com exceção de 1975, 1984 e 2010, com dois depósitos, indicando uma estagnação significativa entre 1932 e 2012. Todavia, desde 2015, houve crescente evolução nas quantidades de depósitos de patentes, sendo 2021 com o maior aumento, quatro patentes depositadas.

**Figura 3** – Evolução anual de depósitos de patentes no EPO e Google Patents



Fonte: Elaborada com dados coletados na base do EPO e Google Patents

A partir de 2015, o cobre refinado a fogo vem tendo destaque mundialmente, cenário animador para o setor industrial, visto que o cobre de maneira geral é um dos metais não ferrosos mais consumidos, especialmente na produção de condutores elétricos. Esse aumento nos últimos anos deve-se a países como a China, um dos maiores consumidores e produtores de cobre refinado do mundo.

A rápida expansão da indústria de fundição de cobre chinesa ocorreu de forma desordenada, estimulada pelo aumento dos preços e a forte procura interna (Zhou *et al.*, 2011), causando diversos problemas, como baixas reservas e minas de cobre de baixo teor, posse de cobre *per capita* muito inferior à média mundial e graves problemas ambientais. A busca por soluções oriundas do intenso consumo e as baixas nas jazidas de cobre intensificaram o desenvolvimento tecnológico por novos métodos de refino, tendo como base o reaproveitamento de alguns materiais, ou seja, a incorporação de sucatas. É importante ressaltar que os depósitos publicados na última década são todos chineses (Figura 3).

O processo de refino de cobre a fogo é uma prática industrial importante que possibilita a produção de cobre puro, que é a base do setor elétrico/eletrônico, e o Brasil é consumidor e produtor desse metal. As técnicas de obtenção de cobre com a pureza necessária são fundamentais para determinar sua aplicabilidade. A remoção de impurezas durante o refino do cobre começou a ser pautada desde 1975, quando foi emitida a primeira patente (US4010030A) para a remoção de arsênio, antimônio e bismuto do cobre fundido utilizando hexafluoreto de enxofre. O método envolve a remoção de impurezas de bismuto, antimônio e arsênio do cobre fundido, colocando o cobre fundido em contato com o gás hexafluoreto de enxofre, que reage diretamente com as impurezas específicas para formar fluoretos gasosos.

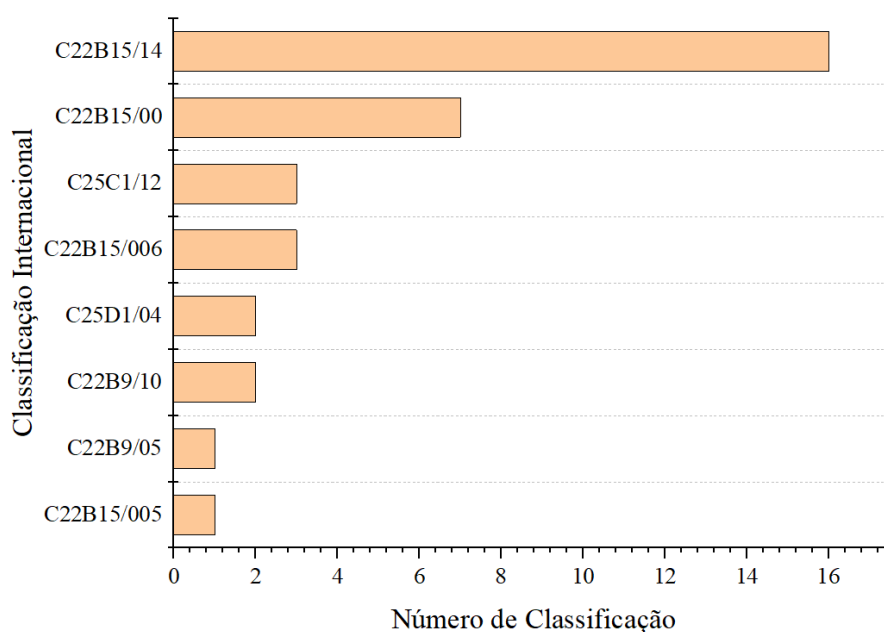
Dos depósitos analisados, duas patentes chinesas estão mais associadas à remoção de impurezas durante o refino. A primeira com o código CN113046565A propõe um método para

remoção adicional de impurezas do cobre refinado a fogo. O método pode remover com eficácia impurezas como arsênio, antimônio e chumbo durante o processo (Yuan *et al.*, 2021). A segunda com o código CN101638724A é um processo e dispositivo para agitar e refinar resíduos de cobre usando nitrogênio e oxigênio enriquecido com oxigênio, que é usado para melhorar a taxa de remoção de resíduos e a qualidade do produto e, ao mesmo tempo, melhorar a taxa de utilização de resíduos de cobre, combustíveis, agentes oxidantes e redutores. Esse processo é um método de tratamento de sucata sólida de cobre com baixo consumo de energia, alta eficiência e operação segura (Suping *et al.*, 2009).

Quanto a emissão de gases, um dos depósitos revela um processo de refino de fogo de cobre à base de dióxido de carbono (CN113481381A). Nesse processo o ar de admissão é misturado com oxigênio e dióxido de carbono, em que, por um lado, a taxa de fluxo de oxigênio do ar de admissão pode ser ajustada para evitar a oxidação excessiva do líquido de cobre; por outro lado, o dióxido de carbono é usado como um meio de processo para agitar e transportar o fundido, de modo que o risco de emissão de nitrogênio acima do padrão óxidos seja reduzido (Wang; Gao; Wang, 2021). Mao *et al.* (2021) propuseram um processo de refino a fogo de cobre de alta eficiência e economia de energia (CN114350968A). A invenção destaca-se pela solução de vazamento de gás de combustão, da má qualidade do ar e a grande quantidade de perda de calor.

A análise dos códigos de Classificação Internacional de Patentes (CIP) é ilustrada na Figura 4, na qual é possível verificar a C22B15/14 foi a classificação mais frequente nos dados encontrados nas bases do EPO e Google Patents. É importante enfatizar que somente foram verificadas as classificações que apareceram com mais ênfase nos depósitos de patentes estudados. No Quadro 1 estão exibidos os significados das CIPs, conforme apresentado na Figura 4.

**Figura 4** – Número de patentes por código de classificação internacional no EPO e Google Patents



Fonte: Elaborada com dados coletados na base do EPO e Google Patents

Nota-se que das oito grandes áreas (seções) que são destacadas nas classificações encontradas por meio da pesquisa no EPO e Google Patents, a única área que esteve presente nos



depósitos foi a seção C, referente à Química e metalurgia. Também se percebe a presença de apenas três subclasses, sendo que, as classificações que aparecem com maior frequência estão relacionadas à subclasse C22B, que envolve a produção e o refinamento de metais. Em seguida, a subclasse C25C abrangem processos de produção eletrolítica, recuperação ou refino de metais; aparelhos para essas aplicações. A outra subclasse recorrente foi C25D, referente aos processos de produção eletrolítica ou eletrofórica de revestimentos; eletroformação; aparelho para essas finalidades.

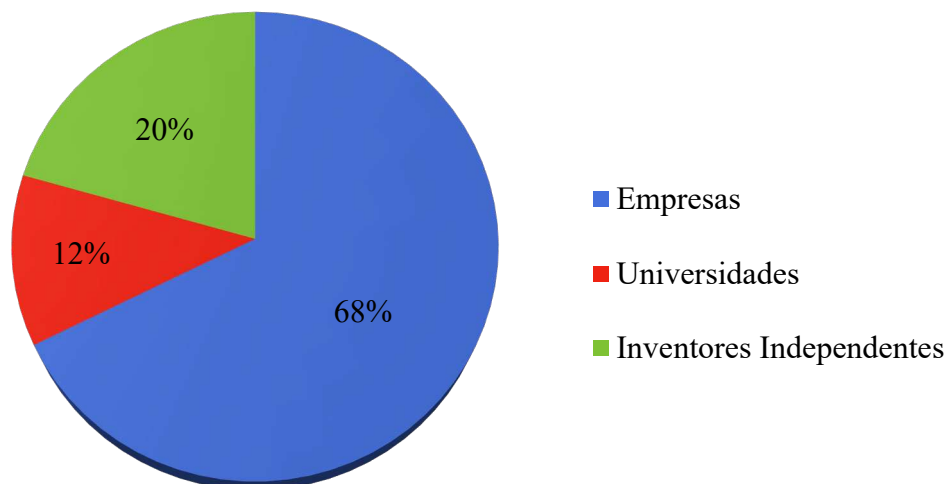
**Quadro 1** – Classificação Internacional de Patentes encontradas no EPO e Google Patents

| CÓDIGO DE CLASSIFICAÇÃO | SIGNIFICADO DAS CLASSIFICAÇÕES  |
|-------------------------|---|
| C22B15/14               | Refino de cobre.  |
| C22B15/00               | Obtenção de cobre.  |
| C22B15/006              | Tratamento pirometalúrgico de cobre fundido, por exemplo, refino.   |
| C25D1/04                | Processos de produção eletrolítica ou eletrofórica de revestimentos; eletroformação; aparelho para os mesmos: Fios; Tiras; Foils.   |
| C22B9/10                | Processos gerais de refino ou refusão de metais; Aparelho para eletroescória ou refusão de metais a arco com agentes de refino ou fundente; Uso de materiais, por exemplo, escória ou agentes escorificantes. |
| C22B15/005              | Obtenção de cobre em uma sucessão de fornos   |
| C25C1/12                | Produção eletrolítica, recuperação ou refino de metais por eletrólise de soluções de cobre.   |
| C22B9/05                | Refino por tratamento com gases, por exemplo, descarga de gás também refino por meio de um material gerando gás in situ.  |

Fonte: Elaborado pelos autores deste artigo a partir dos dados EPO e Google Patents

Além disso, a Figura 5 destaca o perfil dos depositantes encontrados nas bases do EPO e Google Patents, nos quais se observou que a maioria desses depositantes é de empresas com uma participação de 68%. Os inventores independentes possuem uma participação de 20%, e as Universidades, 12%.

**Figura 5** – Perfil dos depositantes na base do EPO e Google Patents



Fonte: Elaborada com dados coletados na base do EPO e Google Patents

A análise detalhada dos depositantes de patentes revela informações cruciais que lançam luz sobre a dinâmica da inovação nessa área específica. Notavelmente, a China Nerin Engineering Co., Ltd, uma empresa chinesa, emerge como líder com um total impressionante de três depósitos, o que evidencia seu compromisso robusto com a inovação nesse campo. Não obstante, não se pode subestimar o papel ativo de outras empresas, como a Jiangxi Terras Raras e Metais Raros Tungsten Group Holding Co. Ltd, também chinesa, e a Kennecott Copper Corp, uma empresa americana, ambas com dois depósitos cada. Essa diversidade de participantes ilustra um cenário em que a inovação é uma prioridade global.

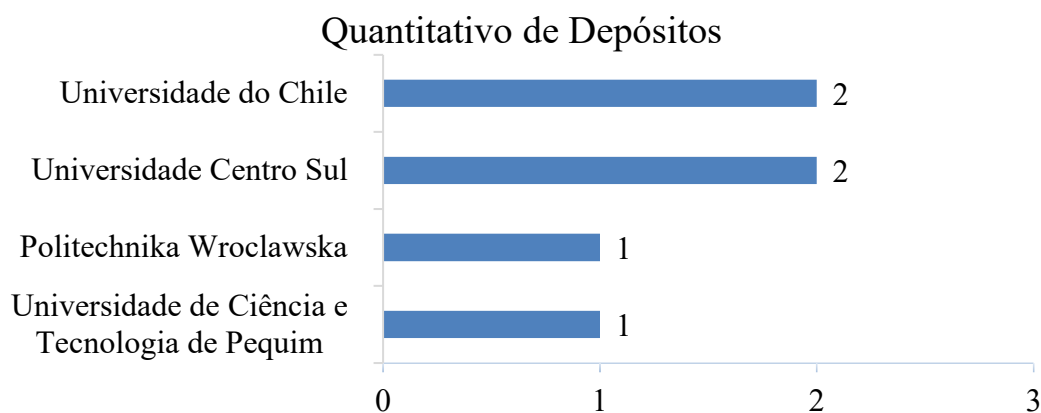
No entanto, vale a pena destacar que inventores independentes estão sub-representados, contando apenas com dois depósitos associados a Songlin Zhou e Wang Poyuan, ambos chineses. Esses indivíduos, apesar de sua menor presença, desempenham um papel significativo na paisagem da inovação, e suas contribuições merecem atenção especial.

A Figura 6 fornece dados valiosos que reforçam a importância de promover a colaboração entre empresas e instituições acadêmicas. Essa sinergia tem o potencial de ser um catalisador para o desenvolvimento e a produção de inovações. Isso ressalta a ideia de que parcerias estratégicas entre empresas e universidades podem criar oportunidades para novos produtos e processos industriais inovadores, além de gerar retornos financeiros significativos para ambas as partes envolvidas.

Estudos anteriores, como o realizado por Benedetti e Torkomian (2011), mostram que a cooperação entre universidades e empresas é uma fonte promissora de transferência de tecnologia e geração de inovações. Esses estudos evidenciam que, embora barreiras iniciais possam existir, o estreitamento do relacionamento ao longo do tempo pode minimizar essas divergências, acelerando a execução de projetos inovadores. Portanto, é fundamental reconhecer a importância dessa colaboração contínua para impulsionar a inovação em diversas esferas industriais.

A Figura 7 apresenta o quantitativo de depósitos de patentes por universidades na base do EPO e Google Patents. Também, pode-se verificar a superioridade chinesa com três depósitos em duas universidades.

**Figura 7** – Depósitos de patentes por universidades na base do EPO e Google Patents



Fonte: Elaborada com dados coletados na base do EPO e Google Patents

Além disso, quando se observa o número de depósitos de patentes por universidades na base de dados do EPO e Google Patents, também é evidente a liderança chinesa, com um total

de três depósitos distribuídos em duas universidades. A Universidade do Centro Sul [CN] e a Universidade do Chile [CL] se destacam cada uma com dois depósitos, respectivamente. Logo em seguida, encontra-se a Universidade de Ciência e Tecnologia de Pequim [CN] e a Politechnika Wroclawska [PL], ambas contribuindo com uma publicação cada (Figura 7).

É importante notar que, embora os números de depósitos de patentes em âmbito acadêmico sejam relativamente modestos, eles ainda revelam uma pequena vantagem para as universidades chinesas. Essa constatação ressalta uma dinâmica interessante no cenário global de inovação.

Ressalta-se que o baixo número de patentes acadêmicas pode ser atribuído, em parte, ao fato de que, em países como China, o setor corporativo tem um papel mais proeminente na pesquisa e desenvolvimento. Isso cria um ambiente no qual as empresas estão mais ativamente envolvidas na geração de propriedade intelectual, enquanto as universidades podem desempenhar um papel complementar nesse processo (Masiero; Coelho, 2014).

Por outro lado, em países como o Brasil, as pesquisas tendem a se concentrar mais nas universidades, dada a diferença no ecossistema de inovação. Isso pode explicar a maior presença de universidades brasileiras na criação de patentes. Essa diversidade nas abordagens de inovação entre diferentes nações ressalta a importância de compreender as dinâmicas específicas de cada contexto e adaptar as estratégias de inovação de acordo. Em última análise, a colaboração entre instituições acadêmicas e corporações em todo o mundo desempenha um papel crucial no avanço do conhecimento e na criação de soluções inovadoras para os desafios globais (Dias, 2020; Moura, 2019).

## 4 Considerações Finais

A prospecção tecnológica sobre cobre refinado a fogo revelou quantidade considerável de patentes nas bases em estudo. Contudo, são poucas as publicações de artigos científicos indicando uma estagnação no desenvolvimento da tecnologia, pelo menos nas bases de dados pesquisadas, evidente com o decréscimo na quantidade de documentos nos últimos anos. Entre as bases analisadas, os dados sugerem que as técnicas de refinamento a fogo são comumente encontradas em patentes do que em artigos científicos. Também se destaca que a escolha da base pode afetar significativamente os resultados da busca.

Entre as aplicações das patentes, foram encontradas invenções que utilizam processo de forno de ânodo rotativo de refino e carvão; um dispositivo de entrada de material a granel para o processo de pirorrefinação de cobre de diversos resíduos, também um aparelho para refinar sucatas de cobre usando agitação de gases. Tais informações se mostram um progresso científico e a tecnologia que indicam tendências para as refinarias. Outras patentes abordam preocupações com o aquecimento global, pois utilizam métodos menos nocivos ao meio ambiente, como tecnologias sem poluição por fumaça preta, injeção de gás natural e tecnologias que envolvem baixo consumo de energia.

O mapeamento e a análise patentário destaca a importância dos chineses no desenvolvimento de novas tecnologias, além de instrumentos que auxiliam nos processos, fato bastante plausível, uma vez que, é o país que mais consome e produz cobre refinado, desempenhando um papel vital na indústria global do cobre (Zhang; Wang; Wang, 2013; Xu, 2008). Mais de 90% das empresas industriais modernas da Chinas necessitam de produtos de cobre, e o

cobre tornou-se um importante recurso estratégico relacionado com a segurança econômica e social do país (Wang *et al.*, 2013; Xu, 2008), isso explica a hegemonia de depósitos na última década. O aumento recente de produções inovadoras é um cenário animador para o setor industrial de fundição de cobre.

Embora alguns resultados mostrem trabalhos voltadas para métodos/processos de refino de cobre, são necessárias pesquisas mais aprofundadas para especificar e quantificar os subtemas que estão sendo pesquisados nesse campo, a fim de orientar com mais precisão as possibilidades de pesquisas futuras, especialmente a estimulação do potencial dos recursos explorados, uma economia de reciclagem e inovação tecnológica.

## 5 Perspectivas Futuras

A incorporação de novos métodos e tecnologia no refino a fogo de cobre é um caminho a ser trilhado pelo setor. Nessa direção e a partir dos resultados encontrados, é notória a falta de inovação, por isso acredita-se que em breve tenha mais desenvolvimento científico nessa área, visto que o cobre de maneira geral é o terceiro metal mais consumido no mundo. Além disso, a China, uma das superpotências mundiais nos últimos anos, vem investindo em pesquisa e desenvolvimento nessa área. Assim, certamente poderão surgir novos métodos de refino que sejam mais simples, eficientes, acessíveis e com melhores propriedades.

## Referências

- ALARCON, V. R. Anode casting operation, process improvements and anode quality at the Ilo refinery. In: ROSS, A.; WARNER, T.; SCHOLEY, K. (ed.), **Converter and fire refining practice**. Warrendale, PA: TMS, 2005. p. 133-137.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO COBRE. **Anuário Brasileiro do Cobre**. São Paulo, dez. 2022.
- ARENTZEN, Charles. United States Patent. **Mpurity segregation in copper by Controlled cooling treatment**. Int. Cl. C25B 11/04. Feb. 14, 1983, oct. 2 1984, Tucson, Ariz.
- BALOCCI, Ariel *et al.* World Intellectual Property Organization. **Method of Continuous fire refining of copper**. Int C22B 15/14. Den. AU2005282475B2. 6 Sep. 2005, 16 Mar. 2006. International Application Published Under Cooperation Treaty (PCT), New York, P 14.
- BENEDETTI, Mauricio Henrique; TORKOMIAN, Ana Lúcia Vitale. Uma análise da influência da cooperação Universidade-Empresa sobre a inovação tecnológica. **Gestão & Produção**, [s.l.], v. 18, p. 145-158, 2011.
- BRANDES, E. A.; BROOK, G. B. **Smithells metals reference book** (7th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann, 1998.
- BUCZMA, Marian; GAWRON, Jozef; KALISZ, Tadeusz. Urząd Patentowy PRL. **Sposób Wytwarzania Miedzi Szybowej**. Int Cl.4 C22B 7/04 C22B 15/02. Den. PL 140355 B1. 25 kwiecień 1984, 05 listopad 1985. (P. 247424).
- DIAS, Ernandes Gonçalves. Proposta de instrumento para autoavaliação de projetos de pesquisa envolvendo seres humanos. **Revista de Graduação da USP**, São Paulo, v. 4, n. 1, p. 139-145, 2020.

JFPASQUA. **Vergalhões de Cobre**. [2015]. Disponível em: <https://www.jfpasqua.com.br/sobre-nos>. Acesso em: 6 abr. 2023.

HANUSCH, B. New highly efficient rotary furnace for environmentally friendly refining process. In Copper 2010, Vol. 2. **Pyrometallurgy I. Clausthal-Zellerfeld, Germany**: GDMB. 721e730.

KAMIŃSKI, Jan; SZCZEPANIAK, Stanisław; MAZANEK, Czesław. Urząd Patentowy PRL. **Sposób elektrorefinacji miedzi hutniczej**. Int. C1.3 C25C 1/12. Den. PL126784B2. 01 grudzień 1981, 27 wrzesień 1982. (P. 234063).

KAMINSKI, Jan; SZCZEPANIAK, Stanisław; MAZANEK, Czesław. Urząd Patentowy PRL. **Sposób elektrorefinacji miedzi hutniczej**. Int. C1. 3C25C1/12. Den. PL126784B2. 27 setembro de 1982, 30 jun. 1984. Urzędu Patentowego.

LIU, Zhonghua; CHEN, Wen. Escritório Estadual de Propriedades Intelectual da República da China. **Agente redutor de NFA para desoxidação profunda na indústria do cobre**. Int. Cl. C22B 9/10 C22B 15/14 (2006.01). Den. CN 103981371 A. 14 de May de 2014, 13 Aug. de 2014. Agência de Patentes Kunming Zhengyuan Patent and Trademark Agency Co, Ltd. Haiyuan Middle Road, província Yunnan, P 5.

MA, Jian *et al.* Escritório Estatal de Propriedade Intelectual da República Popular da China. **Dispositivo de alimentação de material a granel para processo de refino pirotécnico de sucata de cobre**. Int. Cl. B65D88/54; B65D88/68; C22B15/14. Den. CN214085906U. 25 nov. 2020, 31 Aug. 2021. Agência de Patentes Guangzhou Kewoyuan Patent Agency Co LTD.

MAO, Tie *et al.* Escritório Estatal de Propriedade Intelectual da República Popular da China. **Processo de refino de cobre a fogo altamente eficiente e com economia de energia**. Int. Cl. B01D46/02; B01D46/04; B01D53/50; B01D53/56; B01D53/86; C22B15/02; C22B9/05. Den. CN114350968A. 31 Dec. 2021, 15 Apr. 2022. Agência de Patentes Changsha Xinxixin Agência de Propriedade Intelectual.

MARIN, Tanai *et al.* World Intellectual Property Organization. **Method of Continuous fire refining of copper**. Int C22B 15/14. Den. AU2005282475B2. 6 September 2005, 16 March 2006. International Application Published Under Cooperation Treaty (PCT), New York, P 14.

MARIN, Tanai *et al.* World Intellectual Property Organization. **Installation for continuous fire refining of copper**. Int C22B 15/14. Den. AU 2005282368 B2. 6 September 2005b, 16 March 2006. International Application Published Under Cooperation Treaty (PCT), New York, P 14.

MASIERO, Gilmar; COELHO, Diego Bonaldo. A política industrial chinesa como determinante de sua estratégia going global. **Brazilian Journal of Political Economy**, [s.l.], v. 34, p. 139-157, 2014.

MOURA, Mariluce. **“Universidades Públicas Respondem por Mais de 95% da Produção Científica do Brasil”**. Blog, Política Científica e Tecnológica, Reportagens e Artigos. Ciência na Rua, 2019. Disponível em: <http://ciencianarua.net/universidades-publicas-respondem-por-mais-de-95-da-producao-cientifica-do-brasil/>. Acesso em: 11 set. 2023.

NAVARRO, R. F. **A evolução dos Materiais**. Parte 1: da Pré-história ao início da era moderna: Revista Eletrônica de Materiais e Processos, v. 1, 1 (2006) 01-11 ISSN 1809-8797. Disponível em: <https://aplicweb.feevale.br/site/files/documentos/pdf/32246.pdf>. Acesso em: 12 nov. 2022.

PÉREZ, I.; MORENO-VENTAS, I.; RÍOS, G. **Post-mortem study of magnesite-chromite refractory used in Peirce-Smith Converter for copper-making process, supported by thermochemical calculations**. Ceram. Int. 44 (2018) 13476–13486, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2018.04.168>.

RINNHOFFER, H.; ZULEHNER, U. Gas-fired furnaces for copper and copper alloys. In: VON STARCK, A.; MUHLBAUER, A.; KRAMER, C. (ed.), **Handbook of thermoprocessing technologies: Fundamentals, processes, components, safety**. Essen: VulkaneVerlag, 2005. p. 358e364.

SALEH, Joseph. World Intellectual Property Organization. **High Strength, High Conductivity Alloys and Electrical Conductors Made Therefrom Field and Background of the Invention**. Int. Cl. C22C 9/00 (2006.01). Den. WO2012074572A1. 29 Mar. 2011, 7 jun. 2012. WIPO/ PCT.

SUPING, Yao. Escritório Estatal de Propriedade Intelectual da República Popular da China. **Processo e dispositivo para agitação e refino de sucata de cobre com nitrogênio e oxigênio rico em oxigênio**. Int. Cl. C22B7/00. Den. CN101638724A. 24 Aug. 2009, 3 Feb. 2010. China Nerin Eng Co., LTD.

WANG, Qinglun; GAO, Dayin; WANG, Hao. Escritório Estatal de Propriedade Intelectual da República Popular da China. **Processo de refino de cobre à base de dióxido de carbono**. Int. Cl. C22B15/14. Den. CN113481381A. 17 jun. 2021, 08 Aug. 2021. Patent Agency Suzhou Chuangyuan Patent and Trademark Affairs Facility Ltda.

WANG, C. *et al.* Avaliação e análise de simulação da trajetória de evolução da segurança do cobre na China. **Trad. Não ferrosos Met. Soc.**, China, v. 23, p. 2.465-2.474, 2013.

XU, C. Study on copper consumption and GDP. **China Met**, Bull, v. 29, p. 32-35, 2008.

YUAN, Junzhi, *et al.* Escritório Estatal de Propriedade Intelectual da República Popular da China. **Um método para remover ainda mais impurezas no refino de cobre pelo método de sementeira**. Int. Cl. C22B9/00 (2006.01); C22B 5/12 (2006.01); C22B 15/14 (2006.01). Den. CN113046565A. 02 Mar. 2021, 29 Jun. 2021. Agência de Patentes Xi'an Yanchuang Tianxia.

YI ONG *et al.* Escritório Estatal de Propriedade Intelectual da República Popular da China. **Tecnologia de forno de ânodo rotativo para fundição de fosco e refino de combustível de carvão**. Int. Cl. C22B5/10; F24J3/00; C22B15/14. Den. CN100443602C. 08 Sep. 2006, 17 Dec. 2008. Yunnan Copper Co., Ltd, Wangjiaqiao, distrito de Wuhua, cidade de Kunming, província de Yunnan.

ZHANG, F.; WANG, J.; WANG, Y. A brief analysis of the problems existing in Chinese copper industry and some countermeasures. **China Min**, Mag, v. 2, p. 9-13, 2013.

ZHANG, M. Copper and development in China. **China Nonferrous**, Met, v. 23, p. 52-53, 2008.

ZHANG, M. Present and future of copper in China. **China Met**, Bull, v. 16, p. 42-45, 2010.

ZHOU, J., WANG, C., HU, Z. **A situação atual dos recursos minerais na China na perspectiva dos recursos de cobre**. Ciência da China. Tecnologia, Panor, Mag, v. 8, n. 17, 2011.

ZHOU, Songlin; ZHOU, Hao. Escritório Estadual de Propriedades Intelectual da República da China. **Processo de refino de cobre sem oxidação e sem redução**. Int. Cl. C22B 15/00; C22B 9/05 (2006.1). Den. CN 101314819 A. 28 de Maio 2007, 3 dezembro 2008. Agência de Patentes Tongling Patent Office. Tongling, província de Anhui.

## Sobre os Autores

### **Maria Ivonete Nunes Costa**

*E-mail:* mivonetenunes@gmail.com

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1930-2615>

Mestranda em Engenharia de Materiais.

Endereço profissional: Instituto Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Câmpus Teresina Central, Teresina, PI. CEP: 64000-040.

### **Francisco Valdivino Rocha Lima**

*E-mail:* valdivino@ifpi.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4827-2545>

Doutor em Ciência da Propriedade Intelectual pela Universidade Federal de Sergipe.

Endereço profissional: Instituto Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Câmpus Teresina Central, Teresina, PI. CEP: 64000-040.

### **Ayrton de Sá Brandim**

*E-mail:* brandim@ifpi.edu.br

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0626-6152>

Doutor em Ciências e Engenharia de Materiais pela Universidade Federal de São Carlos em 2002.

Endereço profissional: Instituto Federal do Piauí, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais, Câmpus Teresina Central, Teresina, PI. CEP: 64000-040.