



Latin American Journal of Energy Research – Lajer (2023) v. 10, n. 1, pp. 77–86  
<https://doi.org/10.21712/lajer.2023.v10.n1.p77-86>

**Panorama da mineração brasileira em relação a alguns dos principais  
minerais críticos necessários à transição energética**  
*Overview of Brazilian mining in relation to some of the main critical minerals  
needed for the n energy transition.*

Yolacir Carlos de Souza Santos<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Especialista em Recursos Minerais da Agência Nacional de Mineração

\*Autor para correspondência, E-mail: yolacir@yahoo.com.br

Received: 18 March 2023 | Accepted: 20 Mai 2023 | Published online: 10 June 2023

**Resumo:** A necessária transição energética ao encontro às matrizes de baixo carbono demandará o aumento de diversos metais, dentre estes, o cobalto, cobre, níquel e lítio. Assim, objetiva-se neste artigo, a abordagem dos principais minérios portadores destes elementos, os maiores produtores mundiais, reservas minerais e produção brasileira que porventura existam, os principais projetos e requerimentos protocolados na Agência Nacional de Mineração. A pesquisa das informações necessárias a este artigo, além das publicações científicas, baseou-se nos dados da *United States Geological Survey* e da Agência Nacional de Mineração. Neste sentido, o artigo concluiu pela existência de reservas aprovadas, projetos em andamento, produção mineral, ainda em volumes inferiores aos grandes produtores de cada um dos elementos, excetuado o cobalto, onde inexistiu produção deste o ano de 2017.

Palavras-chave: mineração, transição energética, minerais críticos.

**Abstract:** The necessary energy transition towards low-carbon will require an increase in several metals, including cobalt, copper, nickel and lithium. Thus, the objective of this article is to approach the main ores that carry these elements, the largest world producers, mineral reserves and Brazilian production that may exist, the main projects and requirements filed with the National Mining Agency. The research for the necessary information for this article, in addition to scientific publications, was based on data from the United States Geological Survey and the National Mining Agency. In this sense, the article concluded by the existence of approved reserves, projects in progress, mineral production, still in lower volumes than the large producers of each of the elements, except for cobalt, where there has been no production since 2017.

*Keywords:* mining, energy transition, critical minerals.

## 1 Introdução

A motivação para a transição ao encontro de soluções vinculadas a economia de baixo carbono, pode ser explicada, por dois acordos internacionais: o primeiro referente ao Acordo de Paris que atualmente possui 185 signatários e, o segundo, o alcance das metas estabelecidas pela Organização das Nações Unidas (ONU) por intermédio dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), principalmente, a ODS 13, que trata de ações que visem combater a mudança climática e seus impactos e, também a ODS 7, que objetiva a garantia do acesso à energia barata, confiável, sustentável e renovável (Church e Crawford, 2020). O alcance de soluções de economia de baixo carbono, passa obrigatoriamente pela necessidade do aumento do percentual de energias provenientes de fontes renováveis em relação ao consumo energético total de uma determinada economia; sabendo que 41% do total de emissões de gases de efeito estufa (GEE) são provenientes do setor de energia (Hund et al., 2020; Calvo e Valero, 2021). A *International Energy Agency* (IEA) publicaram que no ano de 2022, 30% de toda a geração de energia foram provenientes de fontes renováveis, ante ao percentual de 20% verificado em 2010; e que dentre as energias renováveis, os maiores crescimentos referem-se a fotovoltaica, hidráulica, eólica e a biomassa (International Energy Agency, 2022a).

A atividade de mineração exercerá um papel fundamental para a transição energética mundial, uma vez que o setor será o responsável pelo fornecimento dos materiais necessários às matrizes de baixo carbono, como: lítio, níquel, cobalto, manganês, grafita e minerais do grupo das terras raras (International Energy Agency, 2022). Hund, et. al (2020) fizeram algumas projeções que apontavam para um aumento da ordem 500% na demanda de grafita, lítio e cobalto, de 100% em relação ao níquel e de aproximadamente 30% de manganês, quando comparados a demanda do ano em 2018. Seguindo esta ideia, Santos e Gaspar Filho (2022) destacaram a disponibilidade dos minerais que contêm estes materiais como fator limitante para a transição energética que possa produzir energias mais limpas.

É inegável que o Brasil desponta como um dos grandes *players* mundiais de produção mineral, principalmente, no que se refere a nióbio, ferro, vanádio, bauxita, dentre outros; entretanto, o país ainda possui dependência externa de outros bens minerais, sobretudo, vinculados a fertilizantes, carvão mineral e alguns dos minerais necessários à transição energética (Instituto Brasileiro da Mineração, 2020; U.S. Geological Survey, 2023). Tal situação fez com que o Governo Federal, no ano de 2021, tendo como base o Decreto nº 10.657, de 24 de março de 2021, realizasse a definição dos minerais estratégicos, tendo como base a visão de três eixos distintos: i) bens minerais que o Brasil possua dependência externa; ii) aplicação em produtos e processos de alta tecnologia e iii) vantagens comparativas que o país detém e que sejam essenciais para a geração de superávit na balança comercial (Brasil, 2021).

Neste contexto, o objetivo do presente artigo é a descrição do panorama brasileiro em relação a extração de minerais vinculados ao cobalto, cobre, níquel e lítio, materiais estes, considerados como estratégicos, segundo o Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME). Assim, serão abordados os principais minérios portadores dos elementos, os maiores produtores mundiais, as reservas minerais e a produção mineral brasileira caso exista, os principais projetos e requerimentos para estas substâncias protocolados na Agência Nacional de Mineração (ANM).

## 2 Referencial teórico

O incentivo à transição para matrizes energéticas mais limpas surge inicialmente como uma forma de reduzir a dependência em relação a outros países, principalmente, no que se refere aos combustíveis fósseis, entretanto, é evidente que o benefício extrapola o escopo inicial, indo ao encontro à diminuição da pegada de carbono (Santos e Gaspar Filho, 2022). As discussões que permeavam a temática da transição energética em meados dos anos 2000, tinham como “pano de fundo” as tensões vinculadas à possível escassez com o consequente aumento nos preços dos combustíveis de origem fósseis, contudo, esta realidade ganhou novos contornos, principalmente em decorrência de avanços tecnológicos de processos, que está propiciando uma situação de relativa abundância destes energéticos (Castro et al., 2022). Por outro lado, a demanda de ações vinculadas à diminuição das emissões de GEE, faz com que a procura por energias “verdes” seja cada vez maior, apesar que, analisando do ponto de vista da necessidade de bens minerais, as tecnologias de baixo carbono são mais intensivas do que as tecnologias de combustíveis fósseis (Hund et al., 2020; Calvo e Valero, 2021). A este respeito, Castro et. al., (2022) trazem a possibilidade do reuso dos bens minerais não renováveis, no contexto das energias limpas, o que não ocorre nas fontes de energia convencionais.

Destaca-se como tecnologias energéticas de baixo carbono, os painéis fotovoltaicos, turbinas eólicas, veículos elétricos, baterias para armazenamento de energia, geração geotérmica e termossolar e hidrogênio (Church e Crawford, 2020; Hund et al., 2020). Calvo e Valero (2021) identificaram 13 (treze) elementos considerados como estratégico para o setor de energia renováveis, sendo estes: zinco, cádmio, índio, cromo, níquel, cobalto, cobre, prata, telúrio, gálio, lítio, manganês e estanho. Lítio, níquel, cobalto, manganês, grafita a serem utilizados principalmente para performance, longevidade e densidade energética das baterias; e minerais do grupo das terras raras, essenciais para a fabricação de elementos das turbinas eólicas e motores dos veículos elétricos (International Energy Agency, 2022). Contudo, Gielen (2021) e International Energy Agency (2022) asseveram a inexistência de consenso em relação à quais materiais que de fato seriam críticos, mas, ambos realizaram estudos que abordaram aspectos técnico-econômicos relacionados aos minerais necessário à transição energética, priorizando a análise do cobalto, cobre, níquel, lítio e terras raras, especificamente, neodímio e disprósio. Neste contexto, é inegável que o aumento da demanda dos minerais necessários à transição energética terá como consequência o aumento de impactos ambientais e sociais, assuntos estes, que deverão ser priorizados, conjuntamente, pelo setor mineral e órgãos governamentais e de controle (Marin e Goya, 2021; International Energy Agency, 2022). As respostas a estes desafios referem-se principalmente às questões sociais e de meio ambiente, tais como: mudança climática, uso da terra, gestão das águas de estêreis e rejeitos, governança, saúde e segurança e direitos humanos (International Energy Agency, 2022).

No contexto nacional, Castro et al. (2022) certificam-se que no âmbito da Resolução 02/2021 elaborada pelo Comitê Interministerial de Análise de Projetos de Minerais Estratégicos (CTAPME) e do programa Pró-minerais estratégicos, foram classificados no eixo “bens minerais importantes por sua aplicação em produtos de processos de alta tecnologia”, inciso II, da legislação supra citada, os minerais: cobalto, cobre, estanho, grafita, metais do grupo platina, lítio, nióbio, níquel, silício, tálio, tântalo, terras raras, titânio, tungstênio, urânio e vanádio. Assim, merece destacar, que nas discussões do Plano Nacional de Mineração (PNM) 2050, que compreende a agenda estratégia para o desenvolvimento sustentável da mineração no período de 2023-2050, foi certificado que a importância da temática dos minerais e metais necessários para a transição energética, extrapola o universo da mineração em si, por ser fundamental para o desenvolvimento do país, principalmente, no que concerne ao cumprimento das metas estabelecidas na 21ª Conferência das Partes (COP) definida no Acordo de Paris (Ministério de Minas e Energia, 2022).

Por sua vez, a Carta Magna brasileira define que os recursos minerais são propriedades da União, cabendo a atual ANM, a responsabilidade da gestão do patrimônio mineral Brasileiro (Brasil 1988; 2018). Pelo fato da União, via de regra, não ser a responsável pelas atividades de pesquisa e exploração mineral, esta viabiliza, por meio de autorizações, que pessoas físicas/jurídicas realizem as atividades de mineração. E neste contexto, o interesse privado se dá a partir do instituto do requerimento, quando de fato iniciará a tramitação de um determinado processo administrativo, denominado “minerário”, o qual estará vinculado a uma determinada área (em hectares) e à substância de interesse. O Sistema de Cadastro Mineiro (SCM), por sua vez, é a plataforma responsável pelo gerenciamento e disponibilização das informações dos processos minerários no âmbito da atual ANM (Santos, 2019). Por fim, a autorização para pesquisa mineral é dada por intermédio do Alvará de Pesquisa, e da lavra, pela outorga da Portaria de lavra, após cumpridos requisitos de ordem técnica disciplinados pelo regramento legal brasileiro.

### 3 Procedimentos metodológicos

Inicialmente foi realizada uma ampla pesquisa bibliográfica acerca da temática dos minerais estratégicos necessários à transição energética, utilizando-se como principal fonte de consulta a base de informações disponíveis pelo *Google Scholar*. Diferentemente de outras bases de dados como o *Web of Science* e *Scopus* em que o acesso não é universalizado, o *Google Scholar* é uma ferramenta gratuita de busca de publicações científicas em múltiplas línguas (Silva e Grácio, 2017). As pesquisas usaram os descritores dos bens minerais descritos no presente artigo, em língua inglesa, e em língua portuguesa.

Ademais, buscou-se informações relacionados as reservas e produções minerais mundiais a partir da United States Geological Survey, ao recolhimento da Compensação Financeira por Exploração de Recursos Minerais (CFEM) e produção mineral, a partir dos dados disponibilizadas pela ANM por intermédio do Observatório da CFEM e do Anuário Mineral Brasileiro Interativo.

Por outro lado, as informações referentes aos processos minerários requeridos juntos à ANM foram realizadas através do SCM. Este, encontra-se localizado no sítio <https://sistemas.anm.gov.br/scm/extra/site/admin/default.aspx>, sendo possível, além da obtenção de informações individualizadas, a realização de pesquisas vinculadas dentre outros, a localização dos requerimentos e a data em que estes foram requeridos, consoante ao verificado na Figura 1.

Desta feita, realizou-se pesquisas de todos os requerimentos que foram realizadas no Brasil, independente da situação atual destes, se ativos ou inativos, e referentes, aos principais minerais minérios relacionados a cada um dos elementos estudados. A resposta desta pesquisa é dada através de um documento em “formato xls”, onde são disponibilizadas as seguintes informações: número do processo, tipo de requerimento, fase atual, informações do requerente, municípios onde os processos foram requeridos, substâncias requeridas, tipo de uso e situação atual. A partir destes dados, e realizando alguns tratamentos na tabulação destes, foi possível, com o uso da ferramenta *Looker Studio*® disponibilizada de forma gratuito pelo *Google*®, analisar de forma dinâmica a grande quantidade de dados obtidos na fase anterior, e a partir desta ferramenta, realizar o exame dos requerimentos. Por fim, cabe ressaltar, que as informações e mesmo os procedimentos da ANM são bem dinâmicos, de modo que os dados utilizados neste artigo foram pesquisados em 06 de fevereiro de 2023, tendo como data final os requerimentos realizados entre 08/03/1934 e 31/12/2022.

The image shows a web interface for searching mining processes. At the top, there is a navigation bar with links: 'Ficha cadastral', 'Requerimentos', 'Consulta', and 'Atos Publicados'. Below this is a search form titled 'Pesquisar processos'. The form contains several sections of filters:

- Data de Protocolização:** Two input fields for date range.
- Município:** A dropdown menu.
- Substâncias:** A dropdown menu with an 'Adicionar' button.
- Tipo de requerimento:** A dropdown menu.
- Nome do titular:** An input field.
- Situação:** A dropdown menu.
- FICHA TÉCNICA ACORDO DNPM/CPRM/SGM:** A dropdown menu.
- Eventos:** A dropdown menu with 'Adicionar Evento Desejável' and 'Adicionar Evento Não Desejável' buttons.
- Unidade Protocolizadora:** A dropdown menu.
- NUP:** An input field.
- Tipo de Uso:** A dropdown menu with an 'Adicionar' button.
- Fase do processo:** A dropdown menu.
- CPF/CNPJ do titular:** An input field.
- Superintendência:** A dropdown menu.

At the bottom of the form, there is a CAPTCHA image and an 'Informe o código:' input field. Below the form, there is a disclaimer in Portuguese and several action buttons: 'Pesquisar', 'Pesquisar e exportar', 'Limpar', and 'Imprimir'.

Figura 1. Tela para realização de pesquisa de processos minerários que foram requeridos.

## 4 Resultados e discussões

Com a utilização dos procedimentos destacados na seção anterior, realizou-se, nos bancos de dados abertos da ANM, a pesquisa de todos os processos minerários que faziam menção aos minerais-minérios dos elementos cobalto, cobre, níquel e lítio. Os resultados, bem como das principais produtores e características destes, de forma individualizada, encontram-se a seguir.

### 4.1 Cobalto

O cobalto é utilizado em aplicações químicas e metalúrgicas, presente nas baterias recarregáveis, catalisadores, pigmentos, superligas. Sua maior aplicação refere-se à fabricação de baterias recarregáveis, com percentual de até 49%, fabricação de superligas com percentual de 26% e indústria cerâmica e pigmentos, com o percentual de 6% (Calvo e Valero, 2021; Alves et al., 2018).

A extração de minerais portadores de cobalto acontece fortemente nas regiões do Congo, Indonésia e Rússia, sendo o primeiro, responsável por 70% da produção mundial (U.S. Geological Survey, 2023). A respeito da mineração de cobalto congolense, verifica-se que há diversos impactos ambientais e sociais, inclusive com a existência de maciça utilização de mão-de-obra infantil e violação dos direitos humanos (Nkulu et al., 2018; Brink et al., 2020). Já a China possui uma posição de destaque na cadeia produtiva de refino do cobalto, sendo responsável por cerca de 80% dos sais de cobalto utilizados nas baterias de íon-lítio (Heider, 2018).

No Brasil, o cobalto geralmente encontra-se associado a minérios de níquel, e estes, por sua vez, podem estar vinculados a minérios lateríticos, sulfetados e leito marinho (Nascimento e Soares, 2019). Fonte-Boa (2018) destaca que o cobalto pode ser encontrado, dentre outros, nos seguintes minerais: ahlfeldita, cobaltita, glaucodoto, linneíta e saflorita. No território brasileiro, a produção do cobalto era realizada a partir do subproduto do níquel nas minas de Niquelândia e Barro Alto, estado de Goiás, e processado na unidade industrial de São Miguel Paulista estado de São Paulo (Heider, 2018). Contudo, dados da ANM apontam que desde o ano de 2017 não há produção deste material no Brasil (Agência Nacional de Mineração, 2023a). Em termos de reservas minerais aprovadas pela ANM, o Brasil possui 70 mil toneladas de metal contido, não figurando entre as maiores do mundo (Fonseca, 2016; U.S. Geological Survey, 2023).

Analisando os requerimentos de processos minerários realizados junto à ANM até o final do ano de 2022, relacionados aos principais minerais-minérios portadores de cobalto, consoante ao visualizado na Figura 2, verifica-se que foram requeridos 1644 processos minerários, estando a maioria inseridas no estado de Goiás (49,35%), como maior presença nos municípios de Niquelândia, Barro Alto, Uruaçu e Crixás. Em relação aos minerais/substâncias relacionados ao cobalto, observa-se, nos requerimentos analisados, os minerais níquel, cobre, ouro e cromo. Uma outra situação que merece destaque, é o fato que, os últimos

requerimentos para esta substância terem sido realizados a mais de 17 (dezessete) anos, o que pode ser explicado, em uma primeira análise por quatro fatores: i)- baixo interesse por parte da iniciativa privada, o que parecer ser pouco provável; ii)- inexistências de áreas livres no Brasil para esta substância, iii)- desconhecimento do subsolo brasileiro, em face da ausência de pesquisa mineral por parte do Estado e/ou iniciativas privadas (Nascimento e Soares, 2019) ou iv)- barreiras tecnológicas para o beneficiamento dos minérios de cobalto (Nascimento e Soares, 2019). Analisando os processos ativos, verifica-se a existência de apenas 5 processos, estando estes localizados no estado de Goiás e Minas Gerais.

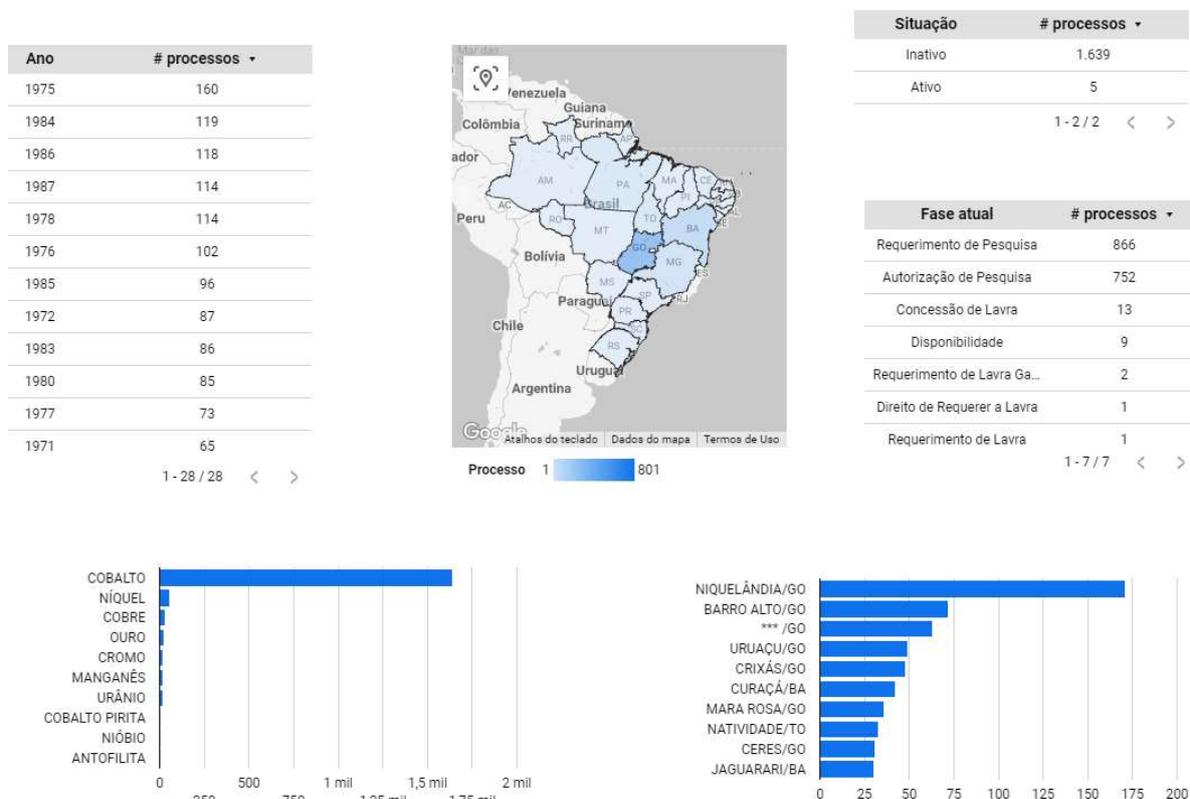


Figura 2. Processos minerários requeridos junto à ANM referente aos minerais-minérios portadores de cobalto. [fonte?]

## 4.2 Cobre

Os minerais de cobre podem ser divididos em diversas classes, os minerais sulfetados primários ou hipógenos, e os secundários, que abrange a classe dos óxidos, sulfetados secundários, silicatos, carbonatos, entre outros; e seus depósitos podem ser classificados em porfíricos e sedimentares. Entre os sulfetados, são conhecidas cerca de 170 espécies minerais, sendo os principais, a calcopirita, a calcocita, a bornita e a colivita; e entre os secundários, a cuprita, tenorita, malaquita, azurita e crisocola (Ribeiro, 2001; Rocio et al., 2012).

Juliani, Monteiro e Fernandes (2016) asseveram que a maior parte dos depósitos minerais brasileiros se encontra inserida na Província Mineral de Carajás, sendo estes, caracterizados como depósitos magmáticos-hidrotermais, contudo, são verificados ainda no país, depósitos de cobre polimetálicos, VHMS e sulfetos magmáticos associados a komatitos. No contexto das tecnologias energéticas de baixo carbono, o cobre é muito utilizado em painéis fotovoltaicos, eólica, bioenergia, sistemas de transmissões elétricas, carros elétricos e em baterias (International Energy Agency, 2022).

Os maiores produtores mundiais de cobre no ano de 2022 foram o Chile, Peru e Congo, estando as maiores reservas minerais no Chile, Austrália e Peru (U.S. Geological Survey, 2023). No ano de 2021, o Brasil produziu 99.573.449 toneladas ROM de minério de cobre, provenientes de 10 minas, tendo como principais produtores os estados do Pará, Goiás e Bahia, e em relação à produção beneficiada, o valor de 1.152.696 toneladas, com uma quantidade de 335.760 toneladas de cobre contido. As principais empresas produtoras foram a Salobo Metais, Vale, Mineração Maracá Indústria e Comércio e Mineração Caraíba, responsáveis por 97,47% da produção (Agência Nacional de Mineração, 2023c). Analisando, em termos de arrecadação da Compensação Financeira por Exploração de Recursos Minerais (CFEM), que vem a ser o royalty da mineração, no período de 2002 a 202, verifica-se que os municípios que mais arrecadaram foram

Marabá e Canaã dos Carajás no estado do Pará, Alto Horizonte no estado de Goiás e Jaguarari na Bahia (Agência Nacional de Mineração, 2023b).

Até o final de 2022, foram requeridos junto à ANM o total de 12.353 processos para a substância cobre e seus principais minerais, com a maioria destes, localizados nos estados do Pará (19,56%), Bahia (17,96%) e Goiás (10,42%) consoante ao verificado na Figura 3. Analisando os processos atualmente ativos, têm-se, em relação ao percentual de requerimentos, Pará (25,99%), Bahia (22,25%) e Roraima (11,45%), e entre estes, 33 encontram-se na fase de Concessão de Lavra, situação onde foi outorgada a Portaria de Lavra, estando estes localizados em Minas Gerais (27,27%), Bahia (24,24%) e Rio Grande do Sul (18,18%).

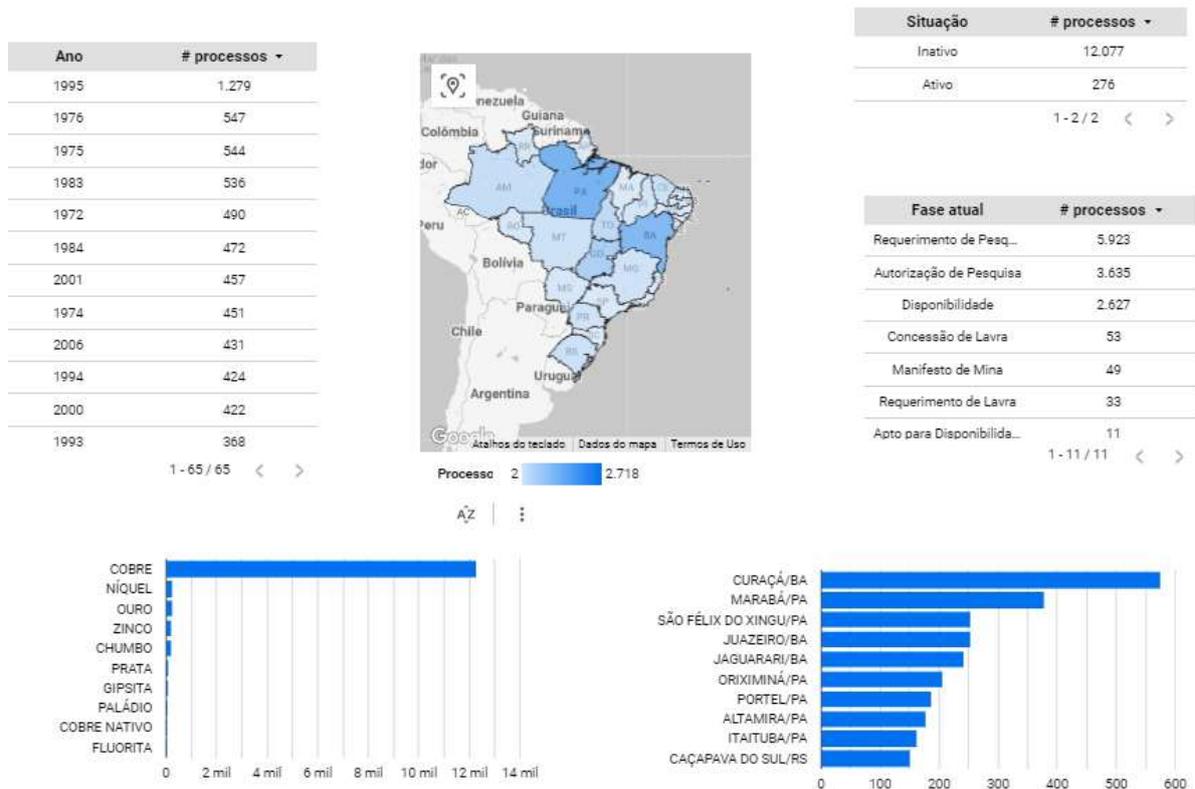


Figura 3. Processos minerários requeridos junto à ANM referente aos minerais-minérios portadores de cobre.

### 4.3 Níquel

Estimativas apontam que a demanda pelo níquel irá dobrar até o ano de 2050 em face da necessidade do metal no setor de veículos elétricos, principalmente, vinculados às baterias, sistema elétricos e eletrônicos e a parte estrutural destes equipamentos. Estima-se que, para soluções que envolvam energias geotérmicas, o níquel seja o metal mais utilizado e em sistemas de armazenamento de energia o segundo em volume, sendo ainda muito utilizado nas tecnologias vinculadas ao hidrogênio verde (Hund *et al.*, 2020; Calvo e Valero, 2021; International Energy Agency, 2022).

Os depósitos minerais de níquel podem ser classificados em sulfetados, lateríticos e nódulos magnesianos marinhos, este último, ainda não viável economicamente (Heider, 2022). Os depósitos sulfetados (primários) constituem 30% das reservas mundiais, e os lateríticos (oxidados) o restante das reservas minerais mundiais. No Brasil, existem apenas três depósitos de níquel sulfetados que encontram-se em operação, Americano do Brasil, em Goiás, Fortaleza de Minas, em Minas Gerais e o depósito de Santa Rita, na Bahia, ficando o restante, em depósitos lateríticos, sendo os principais: Vermelho, Onça-Puma e Jacaré, no Estado do Pará; Niquelândia, Americano do Brasil, Barro Alto, Crixás, Santa Fé e Montes Claros, em Goiás; Mirabela, na Bahia; Morro do Níquel, Liberdade, Fortaleza de Minas, Ipanema e Pratópolis, em Minas Gerais; Capitão Gervásio, então São João do Piauí, no Piauí; Morro Sem Boné e Morro . Os maiores produtores mundiais do metal, no ano de 2022, foram a Indonésia (48%), Filipinas (10%) e Rússia (7%), estando a maior parte das reservas minerais na Indonésia, Austrália e Brasil (U.S. Geological Survey, 2023). Atualmente três empresas de grande porte operam no Brasil, a Mineração Onça Puma (Vale S.A), Anglo American Níquel Brasil Ltda (Barro Alto/Codemin) e Atlantic Nickel, sendo estas, responsáveis por 99,98% do valor total comercializado da substância. (Agência Nacional de Mineração, 2023b; Heider, 2022).

Em termos de produção bruta de minério de níquel (ROM), foram produzidos no ano de 2021, aproximadamente 12,4 milhões de toneladas com um teor médio de 0,96%, e produzido nos estados de Goiás, Pará e Bahia, em 4 minas a céu aberto; e em termos de produto beneficiado, 342,2 mil toneladas, com uma quantidade de níquel contido, na ordem de 75,9 mil toneladas (Agência Nacional de Mineração, 2023, 2023b). Em relação ao recolhimento de CFEM, no período de 2002 a 2022, foram recolhidos 382 milhões de reais, com 80% destes recolhimentos realizados pelas empresas Anglo American Níquel Brasil Ltda, Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) e Votorantim Metais S.A (Agência Nacional de Mineração, 2023).

Analisando todos os requerimentos protocolados na ANM, consoante a Figura 4, verifica-se que foram requeridos 5975 processos, em sua maioria nos estados de Goiás (26,91%), Pará (13,32%) e Bahia (12,30%), e em sua maioria, tendo com substância requerida o níquel. Pesquisando tão somente os processos ativos, verifica-se que a maioria destes, encontram-se inseridos no Mato Grosso (37,91%), Goiás (20,92%), Pará (16,34%), contudo, os processos que possuem título autorizativo de lavra, encontram-se inseridos em Goiás (18), Minas Gerais (7), Bahia (1) e Piauí (1). Chama-se atenção a grande quantidade de processos no estado do Mato Grosso, que em sua maioria, encontra-se ainda em Requerimento de Pesquisa.

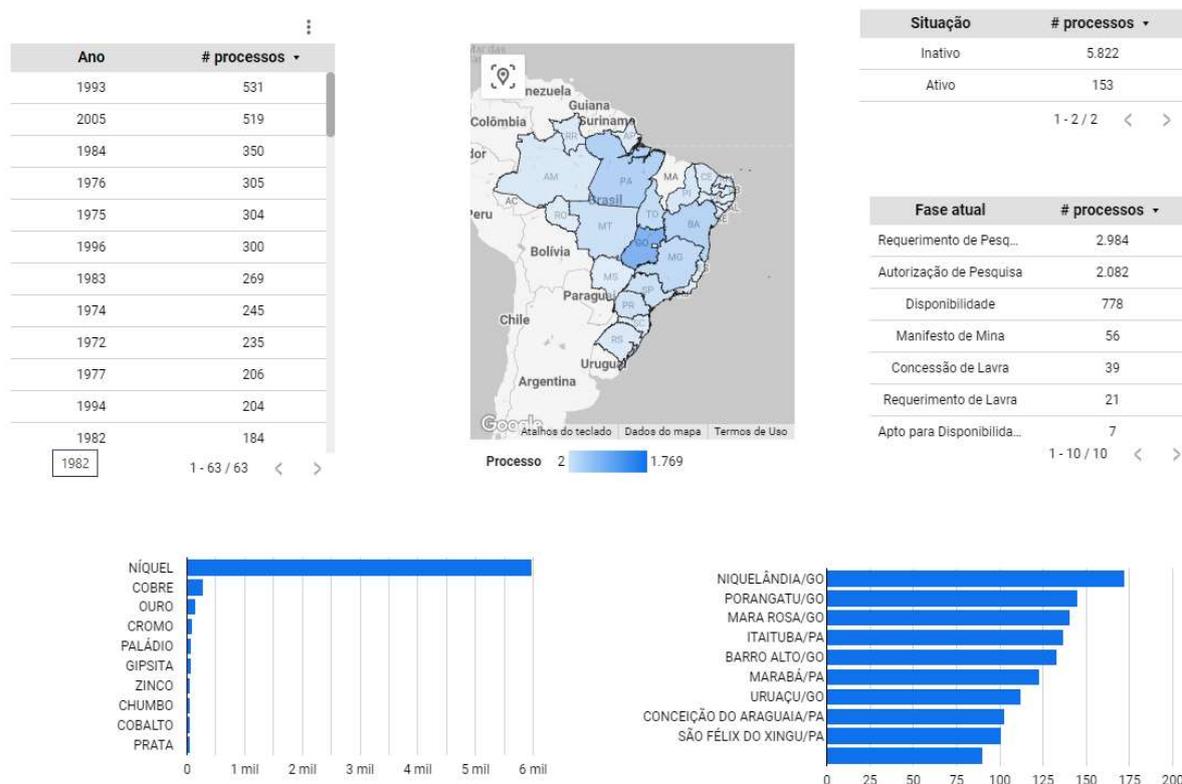


Figura 4. Processos minerários requeridos junto à ANM referente aos minerais-minérios portadores de níquel.

#### 4.4 Lítio

O lítio no contexto da transição energética tem o seu uso majoritariamente para a fabricação das baterias de íons de lítio, utilizados nos veículos elétricos e sistemas de armazenamento de energias renováveis, como é o caso da fotovoltaica (Tabelin et al., 2021). Apesar de existirem mais de 150 minerais onde pode ser encontrado o elemento lítio, apenas os minerais espodumênio, lepidolita, petalita e ambliognita apresentam viabilidade técnico-econômica para produção de compostos de lítios. De forma geral, os minerais acima destacados são encontrados em pegmatitos, contudo, existem grandes reservas mundiais de lítio em salmouras, de tal sorte, que apenas no “triângulo do lítio” formado pelos depósitos de evaporitos (salmouras) da Argentina, China e Bolívia têm-se 59% dos recursos minerais mundiais para o lítio (Brunhara e Braga, 2021; Tabelin et al., 2021). Os maiores produtores de lítio do mundo no ano de 2022 foram nesta ordem Austrália, Chile e China; com grandes reservas minerais na Argentina, Chile, Austrália, Brasil, Canadá, Bolívia (U.S. Geological Survey, 2023).

No Brasil, as ocorrências de lítio estão associadas às rochas pegmatíticas podendo ser encontradas em Minas Gerais, especificamente nos municípios de Araçuaí e Itinga, principais reservas brasileiras; e ainda no distrito pegmatítico de São João Del Rei, e nos estados do Ceará, Rio Grande do Norte e Paraíba, estando

associados aos minerais espodumênio, lepidolita, petalita e ambliognita, (Braga, França e Santos, 2010; Salomão e Borges, 2019; Chaves e Dias, 2022)

No que concerne aos requerimentos realizados junto à ANM, verifica-se que foram protocolados 709 processos minerários referentes a substância lítio, conforme pode ser verificado na Figura 3. Cabe aqui destacar, que além dos minerais minérios de lítio, os processos também fazem menção aos minerais berilo e feldspato, espécimes existentes em pegmatitos. A maior quantidade destes requerimentos fora realizada nos municípios de Araçuaí e Itinga no estado de Minas Gerais, existindo ainda, diversos requerimentos no município de Almerim no estado do Pará, bem como nos municípios de Paranã, Solonópole e Uruaçu, respectivamente, estado do Pará, Tocantins e Ceará. Analisando tão somente os processos 63 com situação ativo (lado direito parte superior da Figura 5, verifica-se, como de se esperar, que 50% dos processos encontram-se inseridos nos municípios de Araçuaí e Itinga.

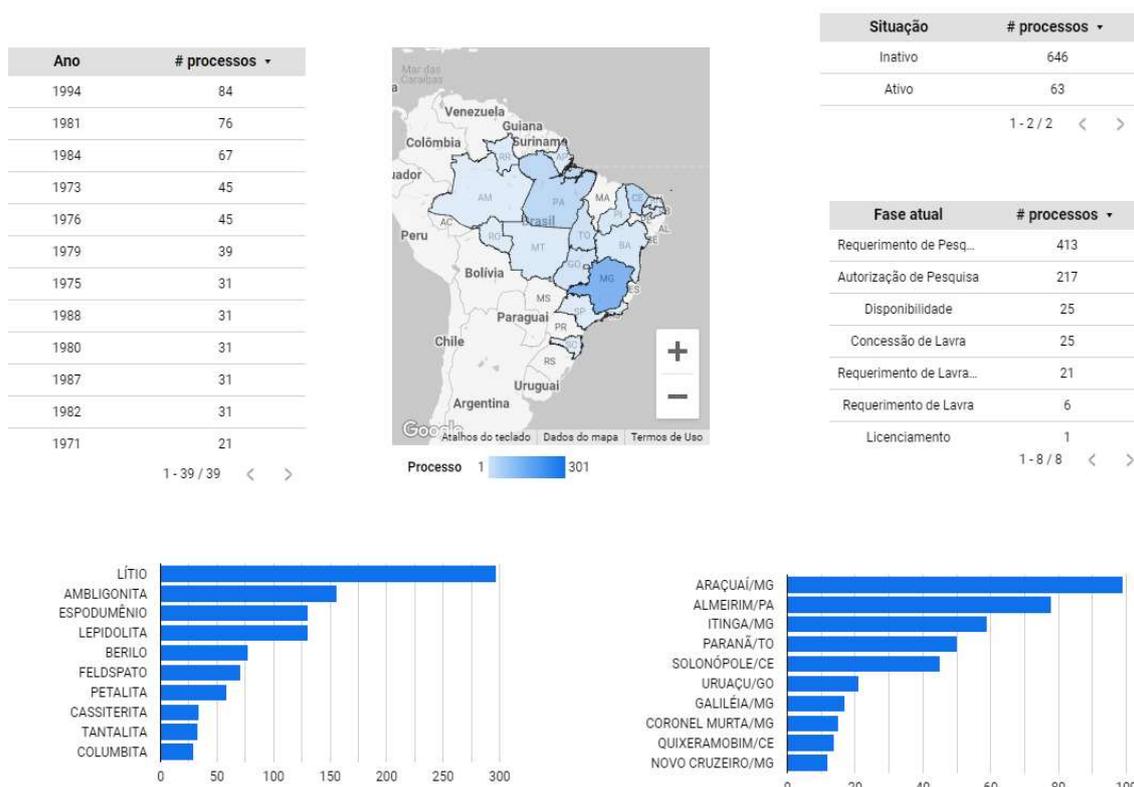


Figura 5. Processos minerários requeridos junto à ANM referente aos minerais-minérios portadores de lítio.

Em termos de valor da produção mineral beneficiada, verifica-se que no período de 2010 a 2021, um aumento da ordem de 64 vezes, saindo de 5 milhões para a faixa de 344 milhões de reais, com a produção realizada em sua totalidade no estado de Minas Gerais. No ano de 2021 foram produzidas 734.424 toneladas ROM de minério de lítio, com um total beneficiado de 102.937,74 toneladas referente a uma quantidade contida do elemento, da ordem de 5.669,95 toneladas (Agência Nacional de Mineração, 2023).

Em relação ao recolhimento da CFEM, verifica-se que valores da ordem de 40 milhões de reais no período de 2000 a 2022, com o percentual de 74% recolhido pela empresa Amg Brasil S.A, seguida pela Companhia Brasileiro de Lítio com um percentual de 25,1%, e o restante distribuída por 3 empresas, e referente a três municípios mineiros, Nazareno, Itinga e Araçuaí (Agência Nacional de Mineração, 2023a). Por fim, Heider (2020) destaca a existência de alguns novos projetos previstos para o Brasil, nos municípios de Salinas, Seletas e Vale do Jequitinhonha estado de Minas Gerais, e no município de Solonópole estado do Ceará, de responsabilidades das empresas Latin Resources, Brazil Minerals, Elektro Lithium e Cougar.

## 5 Conclusões

Com base nas informações do órgão gestor mineral brasileiro verifica-se que em exceção aos minerais-minérios de cobalto, o Brasil, mesmo sem ter relevância mundial em relação a produção de níquel, lítio e cobre, possui reservas minerais e uma indústria mineral em produção, e que de alguma forma, apresenta tendência no aumento de sua escala de produção frente ao aumento da demanda decorrente da transição energética de baixo carbono.

Por outro lado, estudos que busquem uma análise mais aprofundada da economia mineral brasileira em relação a estes metais se fazem bastante necessários, até mesmo para o subsídio de políticas minerais que tenham com objetivo o investimento em pesquisas minerais e desenvolvimento de rotas tecnológicas para o aproveitamento dos minérios brasileiros. A este respeito, pode ser citado o CTAPME, e o fato de o tema estar inserido dentro dos objetivos do PMN 2050.

## Referências Bibliográficas

Agência Nacional de Mineração (2023c) *Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas* /Brasília: ANM.

Agência Nacional de Mineração (2023) *Cadastro Mineiro*. Disponível em: <https://sistemas.anm.gov.br/scm/extra/site/admin/default.aspx>. (Acessado em 01 março 2023).

Agência Nacional de Mineração (2023a) *Anuário Mineral Brasileiro Interativo*. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWYyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. (Acessado em 01 janeiro 2023).

Agência Nacional de Mineração (2023b) *Observatório da CFEM*. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrIjoiZDA5NGMyYmYtOWQyMi00NzA1LWFhOTQtNmU5NjEyMTI3ZDMxliwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection7a43f884dc43352e5953>. (Acessado em 11 janeiro 2023).

Alves Dias, P, et al. (2018) ‘Cobalt: demand-supply balances in the transition to electric mobility’, *Publications Office of the European Union*, v. 10, p. 97710, 2018.

Banza L, et al. (2018) ‘Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo’, *Nature sustainability*, 1(9), 495-504.

Braga, PFA, França, SCA, Santos, RLCD (2010) Panorama da indústria de lítio no Brasil. In: Simpósio de Minerais Industriais do Nordeste, 2., 2010, Campina Grande, PB. Anais... Rio de Janeiro: CETEM; UFPE.

Brasil (2021) *Resolução nº 2, de 18 de junho de 2021*. Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-2-de-18-de-junho-de-2021-327352416>. (Acessado em 11 março 2023).

Brasil (1998). *Constituição da República Federativa do Brasil de 1988*. Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/constituicao/constituicao.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicao.htm). (Acessado em 11 março 2023).

Brasil (2018) *Decreto nº 9406, de 12 de junho de 2018*. Brasília, DF. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2015-2018/2018/decreto/d9406.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/decreto/d9406.htm). (Acessado em 11 março 2023).

Brink, VS, et al. (2020) ‘Identifying supply risks by mapping the cobalt supply chain’, *Resources, Conservation and Recycling*, 156, 104743.

Brunhara, GF e Braga, PFA (2021) *Tecnologias de extração de lítio de pegmatitos*. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2021.

Calvo, G and Valero, A (2022) ‘Strategic mineral resources: Availability and future estimations for the renewable energy sector’, *Environmental Development*, v. 41, p. 100640.

Castro, FF., et al. (2022) *Transição energética e dependência por minerais críticos: aspectos geopolíticos, socioambientais e a perspectiva brasileira*. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 62p.

Chaves, MLSC e Dias, C H (2022) ‘Lítio em Minas Gerais: mineralogia, depósitos e estágios de geração de espodumênio na província pegmatítica oriental brasileira’, *Terrae Didactica*, v. 18, n. 00, p. e022040.

Church, C and Crawford, A (2020) ‘Minerals and the metals for the energy transition: Exploring the conflict implications for mineral-rich, fragile states’, *The geopolitics of the global energy transition*, p. 279-304.

Fonte-Boa, TMR (2018) *Níquel e Cobalto*. Disponível em: [https://www.researchgate.net/profile/Tobias-Fonte-Boa/publication/330728763\\_Niquel\\_e\\_Cobalto/links/5c52e33b299bf12be3f07016/Niquel-e-Cobalto.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Tobias-Fonte-Boa/publication/330728763_Niquel_e_Cobalto/links/5c52e33b299bf12be3f07016/Niquel-e-Cobalto.pdf). (Acessado em 11 março 2023).

- Fonseca, DS (2018) *Cobalto Sumário Mineral 2018*. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/sumario-mineral/pasta-sumario-brasileiro-mineral-2018/cobalto>. (Acessado em 11 março 2023).
- Gielen, D. (2021) *Critical minerals for the energy transition*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- Heider, M (2018) ‘Perspectivas do Cobalto’, *Revista In the Mine*, 75: 10-12.
- Heider, M (2022). *Estrutura produtiva de níquel no Brasil*. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/estrutura-produtiva-do-niquel-no-brasil/> (Acessado em 01 março 2023).
- Heider, M (2020) *Cenários do lítio no Brasil*. Disponível em: <https://www.inthemine.com.br/site/cenarios-do-litio-no-brasil/> (Acessado em 15 março 2023).
- Hund, K., et al. (2020) *Minerals for Climate Action: The Mineral Intensity of the Clean Energy Transition*. World Bank: Washington, DC.
- Instituto Brasileiro De Mineração (2020) *Informações sobre a economia mineral brasileira 2020 - Ano base 2019*. Brasília: IBRAM, 80p.
- International Energy Agency (2022) *The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions*. Paris: IEA.
- International Energy Agency (2022a) *Energy Technology Perspectives 2023*. Paris: IEA.
- Juliani, C et al. (2016) *Potencial mineral: cobre. Recursos minerais no Brasil-problemas e desafios*. (Tradução). Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, p. 134-154.
- Gaspar Filho, V e Santos, T (2022) ‘Transição da Segurança Energética: energias limpas, minerais críticos e novas dependências’, *Ambiente & Sociedade*, v. 25.
- Marín, A and Goya, D (2021) ‘Mining-The dark side of the energy transition’, *Environmental Innovation and Societal Transitions*, v. 41, p. 86-88.
- Ministério de Minas e Energia (2022) *Plano Nacional de mineração 2050: Sustentabilidade e Competitividade* (Versão para Consulta Pública). Disponível em: [http://antigo.mme.gov.br/c/document\\_library/get\\_file?uuid=deaa585a-197a-f5e6-f347-b12d65ea878b&groupId=404993](http://antigo.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=deaa585a-197a-f5e6-f347-b12d65ea878b&groupId=404993). (Acessado em 11 março 2023).
- Nascimento, M e Soares, PSM (2019) *Cobalto no Brasil: metalurgia extrativa, ocorrências e projetos*. Rio de Janeiro: CETEM/MCTI, 2019. Série Estudos e Documentos, 100.
- Rocio, MAR., et al. (2012) ‘Perspectivas atuais da indústria de cobre no Brasil’. *BNDES Setorial*, n. 36, set. 2012.
- Ribeiro, JAS (2001) *Cobre: Balanço Mineral Brasileiro 2001*. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnpm/paginas/balanco-mineral/arquivos/balanco-mineral-brasileiro-2001-cobre> (Acessado em 02 março 2023).
- Salomão, P, Borges, E (2020) ‘Extração de Lítio nos municípios de Itinga e Araçuaí no Vale do Jequitinhonha em Minas Gerais’, *Research, Society and Development*. v9. 132911798.
- Santos, YCS (2019) ‘A Evolução do procedimento do requerimento inicial no âmbito do Departamento Nacional De Produção Mineral’, *Holos*, v. 3, p. 1-10.
- Silva, DD; Grácio, MCC (2017) ‘Índice h de Hirsch: análise comparativa entre as bases de dados Scopus, Web of Science e Google Acadêmico’, *Em questão*, v. 23, n. 5, p. 196-212.
- Tabelin, CB, et al. (2021) ‘Towards a low-carbon society: A review of lithium resource availability, challenges and innovations in mining, extraction and recycling, and future perspectives’, *Minerals Engineering*, v. 163, 106743.
- U.S. Geological Survey (2023) *Mineral commodity summaries*. Disponível em: <https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2023/mcs2023.pdf>. (Acessado em 01 março 2023)