

Transição Energética e a Demanda por Alumínio na Amazônia Brasileira



Comissão Pró-Índio
de São Paulo

© Comissão Pró-Índio de São Paulo
São Paulo, setembro de 2023

Autoria

Luiz Jardim Wanderley
Pedro Catanzaro Rocha Leão

Projeto gráfico

Irmãs de Criação

Apoio

**Ford
Foundation**



EMBAIXADA DA NORUEGA

As opiniões expressas nesta publicação são de responsabilidade dos autores e da Comissão Pró-Índio de São Paulo e não podem ser tomadas como expressão das posições dos financiadores.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)

Wanderley, Luiz Jardim
Comissão Pró-Índio de São Paulo (livro
eletrônico) / Luiz Jardim Wanderley, Pedro
Catanzaro Rocha Leão. -- 1. ed. -- São Paulo :
Comissão Pró Índio de São Paulo, 2023.
PDF

Bibliografia.
ISBN 978-65-992968-8-8

1. Alumínio – Aspectos econômicos 2. Alumínio –
Indústria - Amazônia 3. Bauxita – Minas e mineração –
Amazônia 3. Comunidades tradicionais 4. Mineração –
Aspectos ambientais 5. Mudanças climáticas
6. Impacto ambiental – Amazônia I. Leão, Pedro
Catanzaro Rocha. II. Título.

23-152086

CDD-338.209811

Índices para catálogo sistemático:

1. Amazônia : Alumínio : Indústria : Economia
338.209811

Aline Grazielle Benitez - Bibliotecária - CRB-1/3129



Comissão Pró-Índio
de São Paulo

cpisp@cpisp.org.br
www.cpisp.org.br

Índice

Introdução	05
Transição Energética e o Aumento na Demanda por Recursos Minerais	08
A Aceleração do Consumo de Alumínio	10
Aumento da Demanda por Bauxita	13
As Emissões da Atividade Minerária	15
Considerações Finais	19
Referências Bibliográficas	22

Introdução

Essa publicação discute as políticas de transição energética e os seus efeitos sobre a demanda de alumínio, com enfoque específico para a Amazônia Brasileira. O trabalho foi construído a partir de levantamentos bibliográficos e dados secundários produzidos por diferentes instituições privadas, não governamentais e multilaterais, que debatem e produzem informações sobre o tema do aquecimento global e das emissões de gases do efeito estufa.

No cenário de preocupação política e de irreversibilidade de algumas alterações nas condições do clima, uma série de soluções está sendo pensada, proposta e requisitada para reverter ou, pelo menos, desacelerar as mudanças em curso. Para o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (Intergovernmental Panel on Climate Change/IPCC), a principal meta do Acordo de Paris, de alcançar um crescimento máximo de 1,5°C nas temperaturas médias globais até 2100, exigiria uma redução de 45% das emissões de CO₂ até 2030 e zerar as emissões em 2050. Para tanto, se projeta uma política geral de transição energética de combustíveis fósseis para outras formas de energia – majoritariamente solar e eólica – e com a massificação de carros, maquinários e equipamentos elétricos, tanto em edificações como no processo produtivo. Contudo, essa transição demanda uma base mineral finita, não renovável e distribuída desigualmente pelo mundo (Milanez, 2021). Apesar dessa nova arquitetura tecnológica da energia renovável eletrificada demandar diferentes minérios para sua construção, a grande demanda ocorrerá principalmente sobre cobalto, lítio, cobre, chumbo, níquel, terras raras e alumínio.

Em razão disso, diferentes agentes e analistas do mercado vêm indicando a possibilidade de um novo ciclo de valorização das commodities minerais para atender a demanda da transição energética. Tais demandas extras vão reverberar, sobretudo, em busca de minerais ligados às novas tecnologias da economia de “baixo carbono” e deflagrarão conflitos territoriais em maior quantidade e intensidade (Milanez, 2021; Deniau, Herrera, Walter, 2021). Neste artigo, avaliamos o crescimento da demanda da transição energética sobre o consumo de alumínio e seus possíveis efeitos pela extração mineral na Amazônia brasileira e particularmente para o município de Oriximiná, no Pará, onde se encontra a maior produtora de bauxita do país.

Destques

- A transição energética para um sistema de energia “limpa” produzirá um aumento na demanda de minerais, uma vez que novas usinas solares fotovoltaicas, parques eólicos e veículos elétricos requerem mais recursos minerais, inclusive em composição mais elevadas do que outras instalações e veículos.
- As emissões de CO₂ relativas à extração mineral mundial cresceram 50% entre 2005 e 2018.
- No Brasil, processamentos de produtos minerais e de metais foram responsáveis por 1,9% e 3% das emissões totais do país em 2020.
- O alumínio é um dos metais-chave na transição energética e poderá ter um crescimento mundial de 29% na demanda até 2030.
- A emissão de CO₂ pela produção de alumínio quase duplicou entre 2005 e 2018 e já representa 2% das emissões globais.
- A Amazônia é importante produtora de bauxita – matéria prima do alumínio – e de alumínio e poderá sofrer com o crescimento dos conflitos socioambientais por conta da nova demanda, com desmatamento de áreas de floresta nativa habitada por populações tradicionais, elevação do número e volume de barragens de rejeitos e demanda por fontes de energia.
- Hoje, o Brasil é o quarto maior produtor de bauxita do mundo, bem como possui a quarta maior reserva internacional do minério, atrás de Austrália, Guiné e Vietnã. O Estado do Pará detém aproximadamente 75% das reservas nacionais
- A Mineração Rio do Norte (MRN) é a maior mineradora de bauxita do Brasil e atua na Amazônia brasileira, no estado do Pará, no município de Oriximiná.
- A MRN ao longo dos seus mais de 40 anos de operação, já causou a mudança da cobertura do solo em 10,8 mil hectares para instalação de minas de bauxita e barragens de rejeito dentro da atual Floresta Nacional de Saracá Taquera, em áreas originalmente utilizadas por comunidades quilombolas e ribeirinhas.
- Os eventos extremos, cada vez mais recorrentes por conta das mudanças climáticas, tendem a elevar os riscos de desastres com barragens de mineração. No caso da MRN, onde se encontra o maior complexo de barragens de mineração da Amazônia, as atenções necessitam ser redobradas
- A nova demanda por alumínio pode acelerar a extração e o esgotamento das minas da MRN, aumentando a produção de rejeitos, o desmatamento, e agravando os danos socioambientais sobre as comunidades locais.

Transição Energética e o Aumento na Demanda por Recursos Minerais

Sustentados nas propostas políticas de combate ao aquecimento global, cujo enfoque central encontra-se na transição energética e nas promessas de robustos pacotes econômicos dos grandes Estados Nações, generalizadamente conhecidos como “New Green Deal Global” (Polychroniou, Chomsky, Pollin, 2020), analistas do mercado apostam em um novo ciclo das commodities, em especial dos bens minerais.

A meta da União Europeia e dos Estados Unidos para atender o Acordo de Paris é atingir uma matriz energética de emissão zero e uma emissão líquida de impacto neutro até 2050. Para isso, o economista Robert Pollin (Polychroniou, Chomsky, Pollin, 2020) estima ser necessário um investimento de 2,5% do PIB mundial por ano ou 2 trilhões de dólares em investimentos públicos e privados, em cifras exageradas. De modo mais conservador, Flowers (2020) estima que só no setor mineral, para aumentar a produção dos cinco principais metais para as tecnologias de transição energética, serão necessários 1 trilhão de dólares em 15 anos: 525 bilhões para o cobre, 335 bilhões para o alumínio; 150 bilhões para o níquel, 50 bilhões para lítio e 5 bilhões para o cobalto.

A implementação de tais políticas econômicas poderá resultar em um movimento internacional de valorização tanto dos minérios referidos acima como de minérios tradicionais, como o minério de ferro, utilizados pelo setor industrial e de infraestrutura.

Segundo relatório da Agência Internacional de Energia (IEA, 2021), à medida que a transição energética é implementada e incentivada com mais intensidade, as indústrias de produção de tecnologias de “energia limpa” se tornarão um segmento relevante de consumo de minerais. Isso porque a transição energética para uma “economia verde sustentável” propõe, entre outras coisas, a substituição da dependência de combustíveis fósseis – como o petróleo – por fontes renováveis de energia, como a solar e a eólica. Nesse sentido, a participação da energia eólica e fotovoltaica na geração de energia elétrica no mundo precisará de um salto de 10% para 70% em 30 anos, se quisermos zerar a emissão líquida de carbono até 2050 (IEA, 2021).

A transição energética para um sistema de energia “limpa” produzirá um aumento na demanda de minerais, uma vez que usinas solares fotovoltaicas, parques eólicos e veículos elétricos requerem mais recursos minerais em sua composição do que outras instalações e veículos. Por exemplo, uma usina eólica onshore requer nove vezes mais recursos minerais do que uma termelétrica a gás (Fisher; Cuéllar, 2022). Ainda, para conectar as novas estruturas de geração de energia aos centros consumidores urbanos e industriais será preciso expandir a malha de transmissão de energia elétrica. Além disso, temos que acrescentar que a transição exigirá a substituição das frotas de veículos em circulação na atualidade, uma vez que não se pretende, a princípio, apostar na adaptação da frota existente.

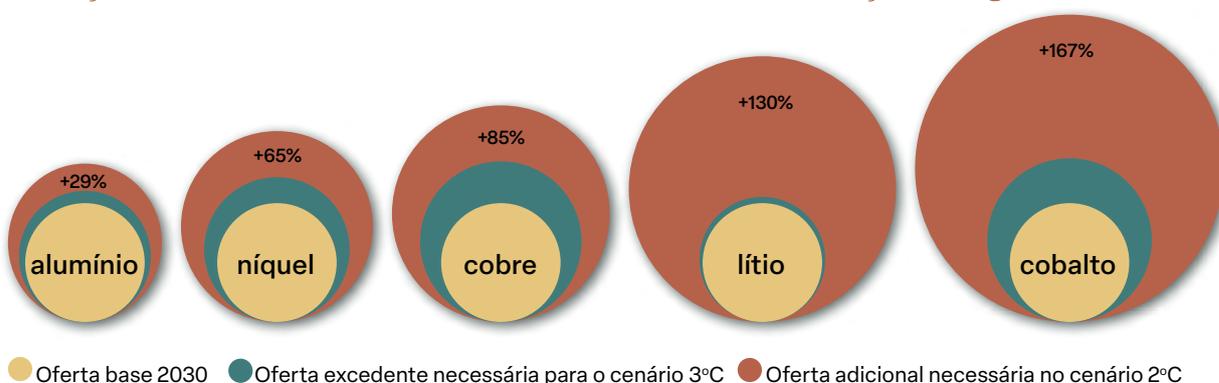
Desse modo, cobre, níquel, cobalto, lítio, manganês, grafite, zinco, terras raras e alumínio estão entre os minerais que mais serão exigidos para compor uma nova frota de automóveis no contexto da transição energética (Fisher; Cuéllar, 2022). O IEA (2021) mostra que o uso desses minerais críticos, leia-se de alta relevância para a indústria de transição, deve passar de cerca de 8 milhões de toneladas por ano, em 2020, para 40 milhões, em 2050.

A Aceleração do Consumo de Alumínio

O alumínio será cada vez mais um metal fundamental, associado à transição energética, cuja demanda tende a se elevar até 2050. Um futuro descarbonizado depende de um aumento da capacidade global de produção do metal, tendo em vista que é utilizado na fabricação de diferentes produtos e equipamentos de tecnologias de baixo carbono: embalagens de baterias; células de combustível de hidrogênio; pás de turbinas eólicas; ímãs permanentes; painéis fotovoltaicos; infraestrutura de transmissão de energia etc. (Hache, Barnett, Seck, 2021).

Deve-se considerar que, dentre os minerais críticos, o alumínio é o que sofrerá menos demandas proporcionalmente. O metal já é o segundo mais usado no mundo, depois do ferro (IFP Energies Nouvelles, 2021), com grande volume de circulação no mercado atual, com 67,2 milhões de toneladas produzidas em 2021 (International Aluminium, 2022). Ainda assim, até 2030, a produção de alumínio deverá ter aumentado cerca de 29% em relação ao fornecimento base esperado, se pensarmos em relação ao cenário de aumento de 2°C da temperatura média global nos próximos dez anos (Wood Mackenzie, 2021).

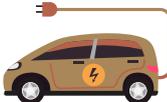
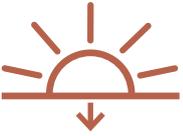
Elevação da Demanda de Minérios com as Políticas de Transição Energética



Fonte: Wood Mackenzie, 2021

Para se ter uma ideia, são necessários 236 kg de alumínio por unidade de Veículo Elétrico Inteligente (EVs). Para uma unidade produção de energia fotovoltaica (placas solares), são necessários 22 kg de alumínio por Kw gerado. Já em relação às plataformas de energia eólica offshore, a demanda é de 3 kg por Kw, além de cobre, níquel, zinco e cobalto (Wood Mackenzie, 2021). Ou seja, o alumínio é o metal com mais demanda, em volume absoluto, para a produção das tecnologias de energia indicadas abaixo.

Metais Usados nas Tecnologias de Energia de Transição

	 Veículo Elétrico Inteligente (EVs) + carregamento	 energia fotovoltaica	 plataformas de energia eólica offshore
Al	236kg/unit	22kg/Kw	3kg/Kw
Cu	140kg/unit	4kg/Kw	8kg/Kw
LCE	36kg/unit		
Ni	13kg/unit		
Co	5kg/unit		
Zn		5kg/Kw	0.7kg/Kw

Al = Alumínio, Cu = Cobre, LCE = Lítio, Ni = Níquel, Co = Cobalto, Zn = Zinco

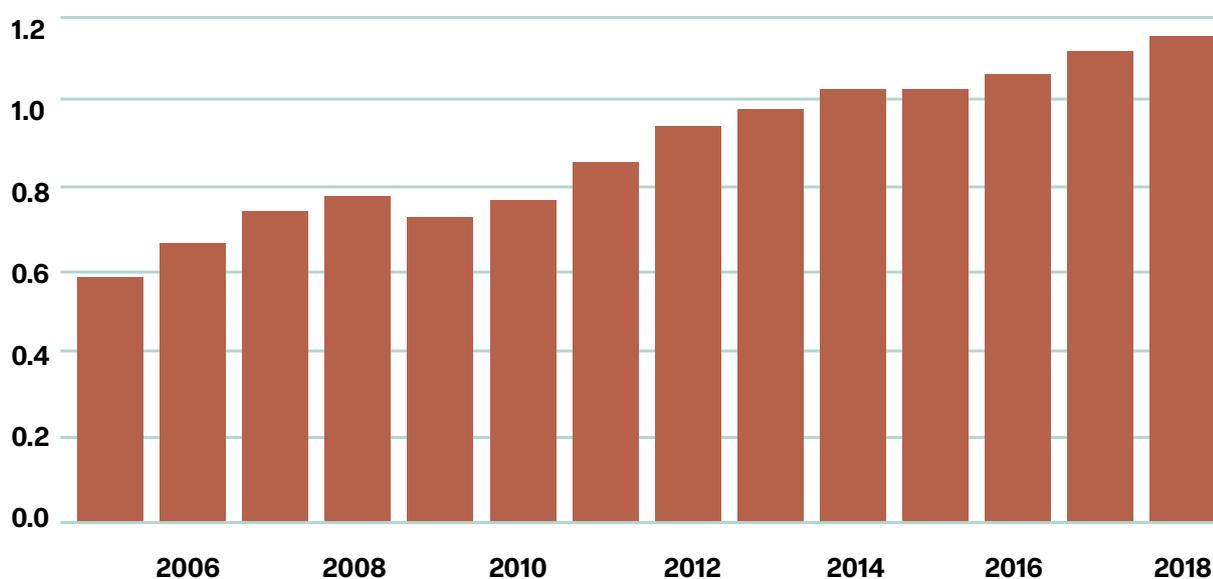
Fonte: Wood Mackenzie, 2021.

Todavia, o alumínio é também uma fonte de emissão de gases estufa, tendo em vista que o setor de produção desse metal foi responsável por 2% do total de emissão em 2018 (Hache, Barnet, Sech, 2021). Inclusive, o setor de produção de alumínio vem apresentando crescente nas emissões desde 2004, quase dobrando sua participação e alcançando 1,12 bilhões ton CO₂e, em 2018 (Davis, 2021), como pode ser visto no gráfico a seguir.

Assim, para cumprir as metas definidas no cenário 2°C, a pegada de carbono da produção de alumínio primário precisaria ser reduzida de 16,7 toneladas CO₂e/ton de alumínio (a partir da média global 2018) para 2,5 toneladas CO₂e/ton (IAI, 2021). De acordo com o IAI, isso exigiria um investimento estimado de 500 bilhões a 1,5 trilhão de dólares nos próximos 30 anos, em energia elétrica sem carbono, novas tecnologias de produção e reciclagem.

O setor de extração mineral associado ao alumínio no mundo, ainda que apresente uma pegada de carbono pequena em relação ao restante da cadeia, acresceu em 50% suas emissões ao ano, de 2 milhões de toneladas de CO₂ para 3 milhões, entre 2005 e 2018 (IAI, 2022).

Emissão Global do Setor de Alumínio (bilhões ton CO₂e)



Fonte: International Aluminium Institute apud DAVIS, 2021.

Aumento da Demanda por Bauxita

Em cenários de meta de aumento da temperatura média global de 4°C ou 2°C em relação aos níveis pré-industriais, a IFP Energies Nouvelles (2021) estima uma demanda acumulada por bauxita nas próximas décadas, minério rico em alumina (AL₂O₃) e óxidos de ferro. Sob a estimativa de recursos mais otimista, o nível de criticidade associado à bauxita varia de 25,2%, no cenário de 4°C, a 63,9%, no cenário de 2°C. Esses índices aumentam 34,4% e 87,1%, respectivamente, se for assumida a estimativa mais pessimista (Hache, Barnet, Seck, 2021). Após extraída, a bauxita é refinada em um produto intermediário, a alumina, para em seguida ser fundida em alumínio.

Hoje, o Brasil é o quarto maior produtor de bauxita do mundo, bem como, possui a quarta maior reserva internacional do minério, com 2,7 bilhões de toneladas, atrás de Austrália, Guiné e Vietnã (US Geological Society, 2022). O Brasil corresponde a 9,1% das reservas de bauxita do mundo e 9,4% da produção.

As reservas de bauxita estão distribuídas por nove estados com um total de 3,6 bilhões de toneladas, onde 3,3 bilhões são do tipo metalúrgico (mais de 90% das reservas), conforme o Anuário Mineral Brasileiro-AMB (DNPM, 2006). O estado do Pará detém aproximadamente 75% das reservas nacionais, seguido por Minas Gerais.

Registra-se que no país as reservas de bauxita são do tipo trihidratadas, que apresentam baixo custo na transformação em alumina, tendo em vista que requerem pressão e temperatura mais baixas do que as bauxitas mono-hidratadas encontradas na Grécia, por exemplo (Mártires, 2001).

Os dados da Associação Brasileira do Alumínio (2022) auxiliam na compreensão das empresas de mineração de bauxita e produção de alumínio no país. Em 2020, o total de bauxita produzido no Brasil foi de 32,9 milhões de toneladas. Desse total, a Mineração Rio Norte (MRN) foi responsável por 37%, seguida pela Hydro Brasil Ltda. (26,2%), pela Alcoa Alumínio S.A. (22,5%) e pela Companhia Brasileira de Alumínio (3,5%).

A MRN é a maior mineradora do minério no Brasil e atua na Amazônia brasileira, no estado do Pará, no município de Oriximiná, operando desde 1979. A empresa tem como acionistas a Vale (40% das ações); South32 (33%); Rio Tinto (12%); Companhia Brasileira de Alumínio (10%) e Hydro (5%)¹.

As operações da Hydro e da Alcoa junto com a MRN totalizam 90% dos minérios extraídos no Brasil, sendo o Pará o estado de origem. O restante está sendo extraído em Minas Gerais (4%) e Goiás (3,3%). Com números bem mais baixos, ainda aparecem São Paulo, Santa Catarina e Espírito Santo como estados produtores de alumínio (ANM, 2021).

1. Em 27 de abril de 2023, a empresa anglo-suíça Glencore anunciou que assumirá 45% da Mineração Rio do Norte através da compra das porções da Vale (40%) e da Hydro (5%) na empresa Glencore. Disponível em <<https://www.glencore.com/media-and-insights/news/glencore-announces-the-acquisition-of-equity-stakes-in-mineracao-rio-do-norte-s-a-and-alunorte-s-a-from-norsk-hydro-asa>> Acesso em 27 de abril de 2023.

As Emissões da Atividade Minerária

A extração mineral possui vários mecanismos de indução das mudanças climáticas. Os equipamentos utilizados na mineração de grande porte na escavação das minas (caminhões, retroescavadeiras e tratores) exigem um grande volume de combustíveis fósseis nas operações. Há equipamentos na mineração que consomem mais de 400 litros de combustível por hora, como os caminhões de transporte de minério².

No entanto, o maior efeito do setor sobre as mudanças climáticas está na transformação mineral, no âmbito da metalurgia e da siderurgia, onde a participação nas emissões é significativa. Estima-se que o setor de mineração e metalurgia já podem estar sendo responsáveis por 28% das emissões globais, sendo que o aporte da mineração pode alcançar até ¼ desse montante – de 4% a 7% (Delevingne et al, 2020). As 16 maiores mineradoras do mundo emitem cerca de 2,5 bilhões de toneladas de equivalente de carbono por ano (APIB e Amazon Watch, 2022).

No Brasil, os setores da minerometalúrgica brasileira consomem o equivalente a 9,2% do total da energia gerada no país, segundo dados de 2020 da Empresa de Pesquisa Energética (MME, 2022). Grande parte dessa energia é proveniente de hidrelétricas, como é o caso das indústrias de transformação de alumínio em Barcarena (PA) abastecidas pela Usina de Tucuruí, no Pará.

Só a Hydro, em Barcarena, consome de 50-150 MW na refinaria de alumina Hydro Alunorte e 800 MW na Albrás (Hydro, 2018). A metalúrgica produtora de alumínio, que é o principal destino do minério de bauxita da MRN, chegou a ser a maior consumidora livre de energia elétrica do Brasil (CCEE, 2018). Outra consumidora da bauxita da MRN é a Alumar, em São Luís do Maranhão. A metalúrgica pode consumir até 500 MW de energia na produção de alumina e alumínio (*O Estado do Maranhão*, 2012).

Segundo o Sistema de Estimativas de Emissões de Gases de Efeito Estufa (Potenza et al, 2021) do Observatório do Clima (2021), os processamentos de produtos minerais e de metais no Brasil foram responsáveis, respectivamente, por 29,1 milhões de toneladas de CO₂ e 46,3 milhões, em 2020. Isso corresponde a 1,9% e 3% das emissões totais do país, o que pode até não aparecer muito no total de emissão nacional. Contudo, ao compararmos com a participação da mineração e da siderurgia no Produto Interno Bruto nacional, identificamos que os setores contribuem menos com o PIB, especificamente, 1,1% e 1,3% (MME, 2019, dados de 2018), do que com as mudanças climáticas.

Deve-se salientar ainda que as emissões dos processamentos de produtos minerais e de metais no Brasil apresentam tendências de elevação nas últimas três décadas, com exceção da última década para a metalurgia. O processamento de produtos minerais quase dobrou suas emissões nesse período, saindo de 15 milhões em 1990, mais do que dobrando sua contribuição no balanço de CO₂ nacional, de 0,8% para 1,9%. Já a produção de metais elevou suas emissões em 60% e sua participação no total nacional dobrou, de 1,5% para 3%.

Ou seja, para olhar a plenitude das emissões de gases do efeito estufa do setor da mineração como um todo, e da MRN, em particular, temos que partir dos três escopos dentro da cadeia produtiva:

- **Escopo 1:** as emissões decorrentes da própria atividade de extração, em Oriximiná no caso, isto é, todo o combustível que é queimado para realizar a extração com maquinários (para extração e beneficiamento), sistemas de transportes (caminhões, trem ferroviário, esteiras e automóveis) e a própria estrutura de moradia e serviços;

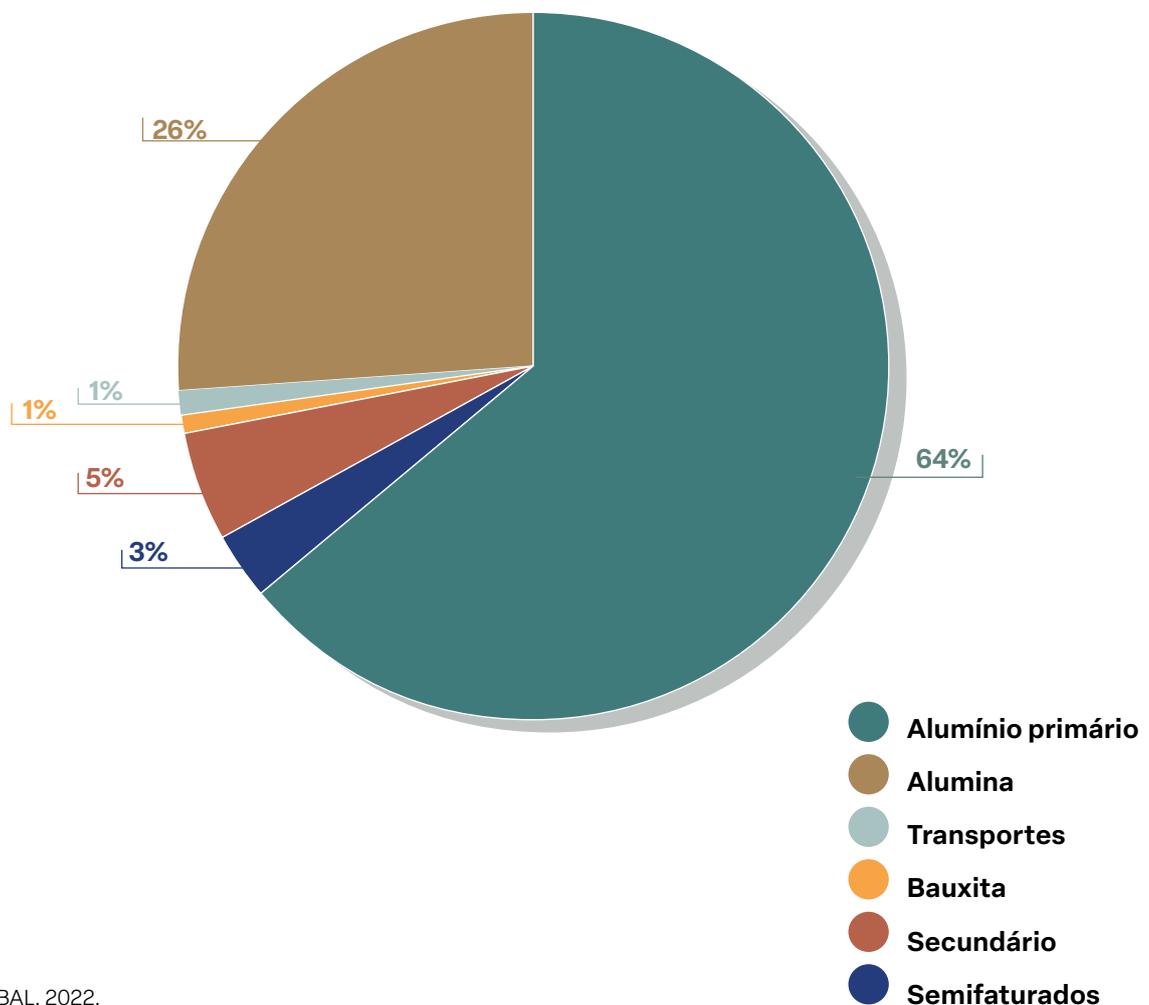
2. Mobil™, disponível em: <https://www.mobilindustrial.com.br/topicos-tecnicos/casos-de-sucesso-post/mobil-delvac-1-esp-5w-40-ajuda-a-reduzir-as-emissoes-em-1-9-para-economia-de-combustivel-anual/>. Acesso em 19 mar 2023.

- **Escopo 2:** trata-se das emissões oriundas da fonte de energia da mineradora, ou seja, de onde vem a energia consumida e sua emissão, no caso da MRN seriam suas próprias usinas térmicas a diesel;
- **Escopo 3:** engloba o transporte do minério por embarcações e a transformação mineral em alumina e alumínio, em especial pela Hydro Alunorte e Albrás, em Barcarena-PA, e da Alumar em São Luís, no Maranhão.

A Mineração Rio do Norte utiliza uma série de equipamentos consumidores de combustível a diesel como caminhões, escavadeira, trens para transportar minério do beneficiamento até o porto, secador rotativo no beneficiamento, veículos de pequeno e grande porte. Além disso, a MRN possui duas “Usinas de Geração termoelétrica que suprem a demanda de energia elétrica do seu processo produtivo e da vila residencial de Porto Trombetas. Ambas são alimentadas por óleo combustível BPF, possuem respectivamente as potências úteis de 45,8 MW e 14,8 MW, o que atende à demanda média de 25 MW” (MRN, 2021, p. 248).

Se considerarmos toda a cadeia de alumínio na Amazônia brasileira, da extração na MRN até a produção de placas pela Albrás e Alumar, estamos falando de um consumo total de quase 1500 MW. No entanto, não podemos falar que é a mineração de bauxita o principal vetor de emissão de gases do efeito estufa na Amazônia. Segundo dados da CNI e ABAL (2017), com base no ano de 2010, a transformação mineral correspondia a 90% das emissões de CO₂ da cadeia do alumínio no Brasil, enquanto a mineração de bauxita ficava com um 1%.

Emissão de CO₂ na Cadeia do Alumínio por Processo



Fonte: ABAL, 2022.

Por conta do intensivo uso de energia de hidrelétricas, a pegada ecológica do alumínio no Brasil, 4,2 toneladas de carbono por tonelada de alumínio, fica abaixo da média mundial de 9,7 toneladas de CO₂ (CNI, ABAL, 2017). Por outro lado, as emissões de CO₂ na produção de alumínio primário aumentaram entre 62% e 74%³, entre 1990 e 2010, de 1574,1 mil toneladas para 2749,4 mil toneladas (ABDI, 2012). Tais novas emissões se deram principalmente na Amazônia, em decorrência de expansões e instalações de plantas metalúrgicas de alumínio no Pará e no Maranhão.

Desmatamento

Segundo reportagem da *Folha de S.Paulo* (2022), a Global Forest Watch registrou, em 2021, a emissão de 2,5 gigatoneladas de CO₂ pela derrubada de florestas tropicais nativas. Ainda segundo a reportagem, o Brasil respondeu por 40% da derrubada de florestas tropicais no mundo em 2021, com a perda de 1,5 milhões de hectares, majoritariamente na Amazônia. No Brasil, o desmatamento é o principal emissor de gases do efeito estufa.

No que diz respeito ao desmatamento produzido pela atividade minerária, devemos acrescentar que não é apenas decorrente da mineração ilegal, e as atividades regulares também são responsáveis diretas e indiretas pela supressão vegetal. Segundo estudos de Sonter e colaboradores (2017), os projetos de mineração podem aumentar significativamente as perdas florestais a uma distância de até 70 quilômetros das minas. Assim, operações minerais de grande escala na Amazônia podem gerar um desmatamento até 12 vezes maior do que a área da lavra concedida. Como consequência, esses projetos foram responsáveis por 9% do desmatamento na região entre 2000 e 2015. Só de desmatamento de áreas de mineração legal e ilegal, o Deter/INPE (2021) contabilizou 405,36 km² desmatados da Amazônia Legal, entre 2015 e 2020 (Modelli, 2020).

A MRN, ao longo dos seus mais de 40 anos de operação, já causou a mudança da cobertura do solo em 10,8 mil hectares para instalação de minas de bauxita dentro da atual Floresta Nacional (Flona) de Saracá Taquera, e parte dessas áreas se encontram em processo de recomposição induzida. A taxa de desmatamento nos últimos cinco anos (de 2016 a 2020) foi a maior desde o período de instalação, com um desmatamento médio anual de 413 hectares ao ano, 56% acima da média anual de desmatamento para fins de lavra mineral desde 1979 (264,50 hectares ano) (Wanderley, 2021). Segundo o Plano de Manejo da Flona (Ibama, MMA, SPTC, MRN, 2001), a zona de mineração no interior da unidade de conservação é de mais de 142 mil hectares ou 33% da área total da área de preservação. Destes, mais de 19 mil estão também sobrepostos a territórios quilombolas (CPI-SP, 2011).

3. Neste caso, há uma divergência entre o estudo da ABDI e os dados no site da ABAL em relação à emissão total de CO₂. Ainda que os dados da ABAL sejam de 2010, o mesmo tem uma emissão menor que em 2007, dados da ABDI. Por isso, optamos por deixar o segundo dado por se tratar da cota máxima de emissões.

Considerações Finais

De acordo com as previsões destacadas anteriormente, de maior demanda por minérios, e em particular por alumínio, a tendência é termos uma aceleração da extração mineral, expansão de minas atuais e a abertura de novas minas para atender a demanda global. No caso da MRN, a maior produtora de minério de bauxita do Brasil e que tem como acionistas grandes produtoras de alumínio, o crescimento da demanda pode levá-la a expandir suas minas mais rapidamente, pressionando a Flona Saracá Taquera e territórios quilombolas (CPI-SP, 2011).

Dependendo do crescimento da produção global de alumínio, não se descarta uma expansão da planta de Porto Trombetas, para superar os 18 milhões de toneladas de bauxita/ano atuais. É bom destacar que qualquer incremento na taxa de extração resultará na maior geração de rejeitos (podendo exigir novas barragens ou complexificando a gestão das atuais estruturas), aumento dos impactos ambientais em novos platôs, crescimento do desmatamento e um esgotamento mais rápido das minas. Os reflexos ainda poderão ser sentidos nos diferentes impactos econômicos e sociais do fechamento da mineração antecipado das minas pela aceleração da produção. Cabe lembrar que o município e as comunidades do entorno não possuem qualquer preparação para esse momento de encerramento da atividade mineral.

Os eventos extremos, cada vez mais recorrentes por conta das mudanças climáticas, tendem a elevar os riscos de desastres com barragens de mineração, como apontam especialistas (Rodrigues, 2022). Chuvas de maior intensidade devem ser consideradas nas análises e políticas de segurança de barragem, tendo em vista que podem ser gatilhos para rompimentos ou mesmo para o desgaste das estruturas. No caso da MRN, onde se encontra o maior complexo de barragens de mineração da Amazônia (Wanderley, 2021), as atenções necessitam ser redobradas, assim como a realização de políticas mais conservadoras que protejam as populações e os ambientes a jusante das barragens.

O setor da mineração tem aumentado sua contribuição na emissão de gases do efeito estufa no Brasil, tanto de maneira absoluta como relativa, principalmente quando se vai até o Escopo 3 que engloba o transporte do minério por embarcações e a transformação mineral em alumina e alumínio. A tendência é que o setor agrave ainda mais sua participação nas mudanças climáticas pela necessidade de aceleração da produção de metais para construir uma nova economia “verde”, de “baixo carbono” e “descarbonizada”. Esse crescimento será ainda mais intensivo sobre as áreas com metais prioritários para a transição energética. Em especial na Amazônia, onde a mineração encontra-se associada ao desmatamento e onde estão as maiores reservas de bauxita.

Em resposta, o setor, por um lado, vem se colocando como essencial para conter as mudanças climáticas. Em Seminário “Mineração, transição energética e clima” na Câmara dos Deputados, em 2021, o CEO do Conselho Internacional de Mineração e Metais (ICMM, na sigla em inglês), Rohitsh Dhawan, afirmou que “A mineração se tornará ainda mais importante para a luta global contra o aquecimento do clima, uma vez que metais e minérios são cruciais para as tecnologias descarbonizadoras, como os carros elétricos e a energia renovável” (Câmara dos Deputados, 2021). Por outro lado, empresas do setor, como a Vale, vêm apontando diferentes formas para reduzir suas próprias emissões em todos os escopos e até mesmo neutralizar nos escopos 1 e 2 (Vale, 2021).

Para alcançar seu objetivo o setor aposta em: novas tecnologias, inovações e técnicas de extração para otimizar o processo produtivo e utilização de “baixo carbono”; substituição das matrizes energéticas, como utilização de biocombustíveis e eletrificação; execução de apoio financeiro em áreas de preservação; e operações no mercado de crédito de carbono para compensar suas emissões. Para tanto, o IBRAM (2021) e as grandes mineradoras defendem a precificação do carbono e a criação de um mercado global e também a implementação de pagamentos por serviços ambientais, a última regulamentada pela Lei 14.119/21 sancionada no governo Bolsonaro.

Por fim, a crítica de um discurso que defende a possibilidade de uma “mineração verde” tem sido apresentada por importantes organizações não governamentais que debatem o setor, como Mining Watch Canada e Amigos da Terra Europa. Elas alegam que a ideia de uma “mineração verde” e para a transição energética tem facilitado a implementação de empreendimentos e sido justificativa para a expansão mineral, principalmente na periferia global. Por outro lado, ignoram-se, na avaliação sobre os empreendimentos minerais, os impactos ambientais específicos da atividade, que vão para além das minas e das plantas de transformação; os conflitos decorrentes do funcionamento da mineração e das transformações causadas; e as violações de direitos humanos (Mining Watch Canada, 2020; Bolger et al, 2021; Deniau, Herrera, Walter, 2021).

A tendência é que a demanda por minérios metálicos e não metálicos cresça no mundo, como vimos. Segundo a OECD (2018), a demanda por metais até 2060 se elevará de 7 para 19 Gigatoneladas (Gt), e de minerais não metálicos de 35 Gt para 82 Gt, o que produzirá uma elevação geral da mineração da ordem de 1,6 vez até 2030 e 2,6 vezes até 2060. Com isso, os impactos e conflitos da mineração devem se multiplicar no mundo e no Brasil (Milanez, 2021). Segundo a própria OECD (2018), os impactos ambientais globais projetados pelo uso de metais como ferro, alumínio, cobre, zinco, chumbo e níquel tendem a mais do que dobrar, e em alguns casos quadruplicar, até 2060. Em suma, no âmbito da injustiça climática, as comunidades atingidas por projetos minerários, como os povos tradicionais localizados em Oriximiná, tenderão a sofrer mais com a aceleração da extração mineral e a abertura de novas minas e projetos minerários no Brasil, e particularmente na Amazônia.

Referências Bibliográficas

- ANDRADE, Lúcia M. M. de.** *Terras Quilombolas em Oriximiná: Pressões e Ameaças*. Comissão Pró-Índio: São Paulo, 2011.
- AGÊNCIA BRASILEIRA DE DESENVOLVIMENTO INDUSTRIAL – ABDI.** *Subsídio para a elaboração de uma estratégia industrial brasileira para economia de baixo carbono*. Caderno 5. Nota Técnica Alumínio. 2012. Disponível em: <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/18523/GVces_Nota%20t%C3%A9cnica_aluminio.pdf>. Acesso em 21 mar 2023.
- AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO – ANB (Brasil).** *Anuário Mineral Brasileiro, 2006*. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/dnmp/paginas/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro-2006>>. Acesso em 21 mar 2023.
- *Anuário Mineral Brasileiro: principais substâncias metálicas*. Brasília: ANM, 2021. Disponível em: <<https://www.gov.br/anm/pt-br/centrais-de-conteudo/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb-2021-ano-base-2020.pdf>>. Acesso em 21 mar 2023.
- ANGELO, C.** *IPCC AR6, WG2: Resumo comentado. Observatório do Clima, 2022*. Disponível em: <<https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2022/02/OC-IPCC-FACTSHEET1.pdf>>. Acesso em 21 mar 2023.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO ALUMÍNIO – ABAL.** *Mudanças climáticas. 2022*. Disponível em: <<http://abal.org.br/sustentabilidade/mudancas-climaticas/>>. Acesso em: 19 mar 2023.
- *Estatísticas nacionais. Bauxita*. Disponível em: <<https://abal.org.br/estatisticas/nacionais/bauxita/>>. Acesso em 21 mar 2023.
- ARTICULAÇÃO DOS POVOS INDÍGENAS DO BRASIL – APIB; AMAZON WATCH.** *Relatório Cumplicidade na Destruição IV: Como mineradoras e investidores internacionais contribuem para a violação dos direitos indígenas e ameaçam o futuro da Amazônia. 2022*. Disponível em: <<https://cumplicidadedestruicao.org/>>. Acesso em 21 mar 2023.
- BECK, U.** *A metamorfose do mundo: novos conceitos para uma nova realidade*. Rio de Janeiro: Zahar, 2018.
- BOLGER, M; MARIN, D; TOFIGHI-NIAKI, A; SEELMANN, L.** *'Green mining' is a myth: The case for cutting EU resource consumption. European Environmental Bureau, Friends of the Earth Europe. 2021*. Disponível em: <<https://friendsoftheearth.eu/wp-content/uploads/2021/10/Green-mining-myth-report.pdf>>. Acesso em 21 mar 2023.
- CÂMARA DE COMERCIALIZAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA CCEE.** *Albras lidera consumo no mercado livre de energia em 2017*. Infomercado. 29/03/2017. Disponível em: <<https://pt.scribd.com/document/517713274/Albras-lidera-consumo-no-mercado-livre-de-energia-em-2017>>. Acesso em 21 mar 2023.
- CÂMARA DOS DEPUTADOS – COMISSÃO DE MINAS E ENERGIA (Brasil).** *Participantes de seminário destacam papel da mineração na luta contra o aquecimento global. 19/10/2021*. Disponível em: <<https://www.camara.leg.br/noticias/818225-participantes-de-seminario-destacam-papel-da-mineracao-na-luta-contra-o-aquecimento-global/#:~:text=%E2%80%9CA%20minera%C3%A7%C3%A3o%20se%20tornar%C3%A1%20ainda,a%20energia%20renov%C3%A1vel%E2%80%9D%2C%20declarou>>. Acesso em 21 mar 2023.
- DAVIS, C.** *Industry push for greener aluminum production drives need for transparent price references*. S&P Global Commodity Insights. 2021. Disponível em: <<https://www.spglobal.com/commodity-insights/en/market-insights/blogs/energy-transition/031821-green-aluminum-low-carbon-emissions-price-transparency>>. Acesso em 21 mar 2023.
- DELEVINGNE, L; GLAZENER, W; GRÉGOIR, L; HENDERSON, K.** *Climate risk and decarbonization: What every mining CEO needs to know. Metals & Mining and Sustainability Practices. McKinsey and Company, 2020*. Disponível em: <<https://www.mckinsey.com/-/media/McKinsey/Business%20Functions/Sustainability/Our%20Insights/Climate%20risk%20and%20decarbonization%20What%20every%20mining%20CEO%20needs%20to%20know/Climate-risk-and-decarbonization-What-every-mining-CEO-needs-to-know.pdf>>. Acesso em 21 mar 2023.

- DENIAU, Y., HERRERA, V., WALTER, M.** *Mapping community resistance to the impacts and discourses of mining for the energy transition in the Americas*. EJAtlas/MiningWatch Canada, 2021. Disponível em: <https://miningwatch.ca/sites/default/files/2022-03-04_report_in_english_ejatlans-mwc.pdf>. Acesso em 21 mar 2023.
- O ESTADO DO MARANHÃO.** *Parte da Energia Consumida pela Alumar é Fornecida pela Eletronorte*. Webnode – Clipping, 18/01/2012. Disponível em: <<https://clippingma.webnode.com.br/news/parte-da-energia-consumida-pela-alumar-e-fornecida-pela-eletronorte/>>. Acesso em 21 mar 2023.
- FISHER, A; CUÉLLAR, A.** *A transição energética transfere a dependência do petróleo para os minerais*. *Open Democracy*. 2/05/2022. Disponível em: <<https://www.opendemocracy.net/pt/transicao-energetica-transfere-dependencia-petroleo-minerais/>>. Acesso em 21 mar 2023.
- FLOWERS. S.** *The energy transition will be built with metals. Getting to grips with supply of the Big 5*. *Wood Mackenzie*, 30/10/2020. Disponível em: <<https://www.woodmac.com/news/the-edge/the-energy-transition-will-be-built-with-metals/>>.
- FOSTER, J. B.** *A ecologia de Marx: materialismo e natureza*. Tradução de Maria Tereza Machado. Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2005.
- GEORGITZIKIS, K.; MANCINI, L; D’ELIA, E.; VIDAL-LEGAZ, B.** *Sustainability aspects of Bauxite and Aluminium: Climate change, Environmental, Socio-Economic and Circular Economy considerations*. *JRC Technical Report*. European Commission, 2021. Disponível em: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC125390/jrc125390_sustainability_profile_bauxite_aluminium_online_final.pdf>. Acesso em 21 mar 2023.
- GLENCORE** *Glencore announces the acquisition of equity stakes in Mineração Rio do Norte S.A. and Alunorte S.A. from Norsk Hydro ASA, 27/04/23* <<https://www.glencore.com/media-and-insights/news/glencore-announces-the-acquisition-of-equity-stakes-in-mineracao-rio-do-norte-s-a-and-alunorte-s-a-from-norsk-hydro-asa>> Acesso em 27 de abril de 2023.
- HACHE, E.; BARNET, C.; SECK, G-S.** *Aluminium in the energy transition: what lies ahead for this indispensable metal of the modern world?*, *Metals in the energy transition*, nº 6, IFP Energies Nouvelles, 2021. Disponível em: <<https://www.ifpenergiesnouvelles.com/article/aluminium-energy-transition-what-lies-ahead-indispensable-metal-modern-world>>.
- HYDRO.** *Contribuição ao Ministério de Minas e Energia – MME*, 2018. <Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/documents/36148/917621/participacao_pdf_0.33424705963923096.pdf/f9dd99c0-15d0-aa8e-eb10-14336afe5d74>.
- IFP ENERGIES NOUVELLES.** *Aluminium in the energy transition: what lies ahead for this indispensable metal of the modern world?* Disponível em: <<https://www.ifpenergiesnouvelles.com/article/aluminium-energy-transition-what-lies-ahead-indispensable-metal-modern-world>>. Acesso em 21 mar 2023.
- INSTITUTO BRASILEIRO DO MEIO AMBIENTE E DOS RECURSOS RENOVÁVEIS – IBAMA; MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – MMA; SUPERINTENDÊNCIA DE POLÍCIA TECNOCIENTÍFICA – SPTC, MINERAÇÃO RIO DO NORTE – MRN** *Plano de Manejo da Floresta Nacional Saracá Taquera, Estado do Pará – Brasil*. Produto 2 Aspectos Gerais. MRN 01/00 rev. 2001. Disponível em: <https://www.gov.br/icmbio/pt-br/assuntos/biodiversidade/unidade-de-conservacao/unidades-de-biomas/amazonia/lista-de-ucs/flona-de-saraca-taquara/arquivos/pm_flona_saraca_taquera.pdf>
- INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO – IBRAM.** *Posicionamento da Mineração sobre a Agenda de Mudança do Clima no Brasil*. 24/11/2021. Disponível em: <<https://ibram.org.br/posicionamento-setorial/posicionamento-da-mineracao-sobre-a-agenda-de-mudanca-do-clima-no-brasil/>>. Acesso em 21 mar 2023.
- INTERNATIONAL ALUMINIUM.** *Primary Aluminium Production. 2022*. Disponível em: <<https://international-aluminium.org/statistics/primary-aluminium-production/>>. Acesso em 23 mar 2023.
- INTERNATIONAL ENERGY AGENCY – IEA.** *Net Zero by 2050: A Roadmap for the Global Energy Sector*. Disponível em: <<https://www.iea.org/reports/net-zero-by-2050>>. Acesso em 21 mar 2023.

- THE INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE – IPCC.** *AR6 WG1 Summary for Policymakers*, 2021.
- *AR6 WG2 Summary for Policymakers*, 2022.
- LATOURE, B.** *Onde aterrar? Como se orientar politicamente no Antropoceno*. Rio de Janeiro: Bazar do Tempo, 2020.
- MARQUES, L.** *Capitalismo e colapso ambiental*. Campinas: Editora da Unicamp, 2015.
- MÁRTIRES, R.** *Alumínio*. In: *Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM (Brasil)*. Balanço Mineral Brasileiro., 2001.
- MILANEZ, B.** *Crise climática, extração de minerais críticos e seus efeitos para o Brasil*. Brasília: Dialogo dos Povos, Sinfrajupe, Movimento pela Soberania Popular na Mineração (MAM), 2021. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/356071877_Crise_climatica_extracao_de_minerais_criticos_e_seus_efeitos_para_o_Brasil_Climate_crisis_critical_minerals_extraction_and_their_effects_in_Brazil>. Acesso em 21 mar 2023.
- MINERAÇÃO RIO DO NORTE – MRN.** *Estudo de Impacto Ambiental*. Projeto Novas Minas. MRN, 2021.
- MINING WATCH CANADA.** *Turning down the heat: can we mine our way out of the climate crisis?* Ottawa: MiningWatch Canada, 2020. Disponível em: <https://miningwatch.ca/sites/default/files/miningwatch_review_page.pdf>. Acesso em 21 mar 2023.
- MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME (Brasil).** *Sinopse Mineração e Transformação Mineral*. MME, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/sinopse-mineracao-e-transformacao-mineral/sinopse-da-mineracao-e-transformacao-mineral-2019-base-2018.pdf/view>
-; **EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA – EPE.** *Balanço Energético Nacional*. Ano Base 2020. 2021. Disponível em: <<https://www.epe.gov.br/sites-pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/PublicacoesArquivos/publicacao-601/topico-596/BEN2021.pdf>>. Acesso em 21 mar 2023.
- MOBIL** *Mobil Delvac 1 ESP 5W-40 ajuda a reduzir as emissões em 1,9% para economia de combustível anual* <<https://www.mobilindustrial.com.br/topicos-tecnicos/casos-de-sucesso-post/mobil-delvac-1-esp-5w-40-ajuda-a-reduzir-as-emissoes-em-1-9-para-economia-de-combustivel-anual/>> Acesso em 19 mar 2023.
- MODELLI, L.** *Mineração na Amazônia bate recordes de desmate nos últimos dois anos e avança sobre áreas de conservação*. In: G1, 6/12/2020. Disponível em: <<https://g1.globo.com/natureza/noticia/2020/12/06/mineracao-na-amazonia-bate-recordes-de-desmate-nos-ultimos-dois-anos-e-avanca-sobre-areas-de-conservacao.ghtml>>. Acesso em 23 mar 2023.
- ORGANISATION FOR ECONOMIC COOPERATION AND DEVELOPMENT – OECD.** *Global Material Resources Outlook to 2060 – Economic drivers and environmental consequences*. OECD Publishing, Paris, 2018. Disponível em: <<https://www.oecd.org/environment/waste/highlights-global-material-resources-outlook-to-2060.pdf>>. Acesso em 21 mar 2023.
- ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS – ONU.** *Ensure sustainable consumption and production patterns*. 2022. Disponível em: <<https://unstats.un.org/sdgs/report/2019/goal-12/>>. Acesso em 21 mar 2023.
- OXFAM.** *Confronting Carbon Inequality. Putting climate justice at the heart of the COVID-19 recovery*. 2020. Disponível em: <<https://oxfamilibrary.openrepository.com/bitstream/handle/10546/621052/mb-confronting-carbon-inequality-210920-en.pdf>>. Acesso em mar 2023.
- POLYCHRONIOU, C.; CHOMSKY, N.; POLLIN, R.** *Crise climática e o Green New Deal global: a economia política para salvar o planeta*. Rio de Janeiro: Roça Nova Editora, 2020.
- POTENZA, R. F.** et al. *Análise das emissões brasileiras de gases do efeito estufa e suas implicações para as metas climáticas do Brasil 1970 – 2020*. SEEG, 2021. Disponível em: <https://www.oc.eco.br/wp-content/uploads/2021/10/OC_03_relatorio_2021_FINAL.pdf>. Acesso em 21 mar 2023.

- RODRIGUES, F.** *Mudanças climáticas elevam risco de acidentes graves com barragens*. Um só planeta. 04/03/2022. Disponível em: <<https://umsoplaneta.globo.com/clima/noticia/2022/03/04/mudancas-climaticas-elevam-risco-de-acidentes-graves-com-barragens.ghtml>>. Acesso em 21 mar 2023.
- SANTOS, J. V.** *Novo Regime Climático: já vivemos mudanças no planeta que podem ser irreversíveis*. 6º Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC. Disponível em: <<https://www.ihu.unisinos.br/159-noticias/entrevistas/611868-novo-regime-climatico-ja-vivemos-mudancas-no-planeta-que-podem-ser-irreversiveis-6-relatorio-de-avaliacao-do-painel-intergovernamental-sobre-mudancas-climaticas-ipcc>>. Acesso em 21 mar 2023.
- SONTER, L. J.; HERRERA, D.; BARRET, D. J.** et al. *Mining drives extensive deforestation in the Brazilian Amazon*. Nature Communications 8, 1013, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1038/s41467-017-00557-w>>. Acesso em 21 mar 2023.
- U.S. GEOLOGICAL SURVEY.** *Mineral Commodity Summaries. 2022*. Disponível em: <<https://pubs.usgs.gov/periodicals/mcs2022/mcs2022-bauxite-alumina.pdf>>. Acesso em 21 mar 2023.
- VALE.** *Relatório sobre Mudanças Climáticas 2021*. Disponível em <<https://vale.com/documents/d/guest/vale-ccr-2021-pt>>
- WANDERLEY, L.** *Barragens de mineração na Amazônia: o rejeito e seus riscos associados em Oriximiná*. 1. ed. São Paulo: Comissão Pró-Índio São Paulo, 2021.
- WATANABE, P.** 2022. *Brasil lidera derrubada de florestas no mundo*. Folha de São Paulo, 04/2022. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/ambiente/2022/04/brasil-lidera-derrubada-de-florestas-tropicais-no-mundo.shtml>
- WOOD MACKENZIE,** 2021 *Champagne supercycle: Taking the fizz out of the commodities price boom*. Disponível em: <https://www.woodmac.com/horizons/champagne-supercycle-taking-the-fizz-out-of-the-commodity-boom/>

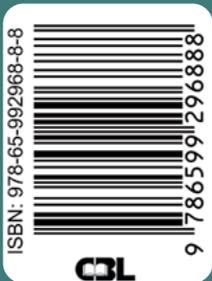
Os Autores

Luiz Jardim Wanderley

Professor na Universidade Federal Fluminense do Departamento de Geografia e do Programa de Pós-Graduação. Coordenador do Grupo de Pesquisa e Extensão Política, Mineração, Ambiente e Sociedade – PoEMAS e financiado pela FAPERJ editais Proc. 211.394/2019 e 211.129/2019.

Pedro Catanzaro Rocha Leão

Geógrafo graduado pela Universidade Federal Fluminense e membro do Laboratório de Estudos de Movimentos Sociais e Territorialidade – LEMTO.



Comissão Pró-Índio
de São Paulo