

TIPOLOGIA DOS ESTUDOS SOBRE MINERAÇÃO NA AMAZÔNIA ORIENTAL: UMA ANÁLISE BIBLIOMÉTRICA

TYOLOGY OF STUDIES ON MINING IN EASTERN AMAZONIA: A BIBLIOMETRIC ANALYSIS

Cézar Di Paula da Silva Pinheiro¹

Carlos Elias de Souza Braga²

Resumo: Na Amazônia Oriental, o Estado do Pará, localizado no norte do Brasil, é conhecido por suas vastas reservas minerais. Contudo, a exploração desenfreada gera impactos, demandando uma análise detalhada sob a ótica do desenvolvimento sustentável. Assim, este estudo buscou analisar a tipologia dos estudos realizados envolvendo mineração na Amazônia Oriental, identificando os principais tipos de pesquisa desenvolvidos na área. Utilizando metodologia bibliométrica, foi examinada uma década de pesquisa na base Scopus. Os estudos foram classificados de acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável da ONU, e as relações entre palavras-chave foram analisadas com o VOSviewer. Observou-se uma lacuna nas pesquisas, especialmente na esfera de governança e participação comunitária. Destaca-se a necessidade de uma abordagem integrada para compreender desafios e oportunidades, enfatizando políticas que considerem aspectos ambientais, sociais e de conservação. Este estudo ressalta a importância de mais pesquisas para promover o desenvolvimento sustentável na região. **Palavras-chave:** Recursos Minerais. Gestão Ambiental. Conservação Ambiental.

Abstract: In Eastern Amazonia, the state of Pará, located in northern Brazil, is known for its vast mineral reserves. However, unregulated mining activities generate significant impacts, requiring a detailed analysis from a sustainable development perspective. Accordingly, this study aimed to analyze the typology of research conducted on mining in Eastern Amazonia, identifying the main types of studies developed in the region. Using a bibliometric methodology, a decade of research indexed in the Scopus database was examined. The studies were classified according to the United Nations Sustainable Development Goals, and relationships among keywords were analyzed using VOSviewer. The results reveal gaps in the existing literature, particularly in the areas of governance and community participation. The findings highlight the need for an integrated approach to better understand challenges and opportunities, emphasizing policies that incorporate environmental, social, and conservation aspects. This study underscores the importance of further research to promote sustainable development in the region.

Keywords: Mineral Resources. Environmental Management. Environmental Conservation.

1 - Doutorando em Ciências Ambientais pelo Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade do Estado do Pará (UEPA), desenvolvendo pesquisas com foco na sustentabilidade e conservação ambiental. Mestre em Uso Sustentável dos Recursos Naturais em Regiões Tropicais pelo Instituto Tecnológico Vale (ITV), com ênfase em Ciências Ambientais e projetos voltados à preservação de ecossistemas tropicais, título obtido em 2021. Graduado em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis pela Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA) em 2020. Lattes: Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-3946-2379> Email: cezarpinheiro18@gmail.com

2 - Professor Adjunto II da Universidade do Estado do Pará (UEPA), atuando nos cursos de graduação e no Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, e pesquisador colaborador do Museu Paraense Emílio Goeldi (MPEG). Lattes: Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-4621-8932> Email: carlosbraga@uepa.br

Introdução

A mineração desempenha um papel fundamental na economia global, fornecendo as matérias-primas essenciais para inúmeros setores industriais (CHEN et al., 2020; LEI et al., 2013). No contexto da Amazônia Oriental, o Estado do Pará, localizado no norte do Brasil, destaca-se como uma região rica em recursos minerais, abrigando reservas de metais nobres, ferrosos, não ferrosos, minerais e rochas industriais (FAPESPA, 2023). No entanto, a exploração descontrolada desses recursos tem resultado em impactos em diversas esferas, exigindo uma análise aprofundada da sustentabilidade do setor.

Nesse contexto, é de grande importância relacionar a atividade mineradora com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável - ODS estabelecidos pela Agenda 2030 das Nações Unidas (ODS BRASIL, 2022). O desenvolvimento sustentável, como preconizado pelos ODS, busca conciliar o crescimento econômico com a proteção do meio ambiente e a promoção do bem-estar social. Assim, é essencial que a mineração na região amazônica seja avaliada não apenas por sua contribuição econômica, mas também levando em consideração seus impactos ambientais e sociais, de acordo com os princípios de sustentabilidade.

Desse modo, a pesquisa acadêmica desempenha um papel crucial na compreensão dos desafios e oportunidades associados à atividade mineradora na região. A classificação dos estudos publicados sobre mineração na Amazônia Oriental é essencial para identificar lacunas no conhecimento existente e orientar futuras pesquisas. Assim, este estudo busca analisar a tipologia dos estudos realizados envolvendo mineração na Amazônia Oriental, identificando os principais tipos de pesquisa desenvolvidos na área.

Metodologia

A bibliometria é uma ferramenta abrangente utilizada para analisar e quantificar a pesquisa através das publicações científicas disponíveis em bases de dados bibliográficos (Gutiérrez-Salcedo *et al.*, 2018). Dentro deste campo, a investigação científica pode ser examinada por meio de dois métodos principais: análise de desempenho e mapeamento científico. A análise de desempenho focaliza métricas que podem ser medidas de forma agregada, abrangendo documentos, autores, países, fontes e instituições, ou de maneira específica, por ano, publicação ou período (Donthu *et al.*, 2021). Por outro lado, o mapeamento científico investiga citações, co-citações, acoplamento bibliográfico, co-palavras e coautoria, estabelecendo conexões entre instituições, autores e temas (Sajovic *et al.*, 2023).

Seleção da Base de Dados

A estratégia de busca foi desenvolvida com o uso de operadores booleanos e filtros de tempo para assegurar a precisão e relevância dos resultados. O termo de pesquisa foi elaborado usando a sintaxe de busca avançada da base de dados Scopus, mais precisamente no campo TITLE-ABS-KEY, que engloba títulos, resumos e palavras-chave de artigos. A busca foi realizada em abril de 2024, e o termo utilizado foi o seguinte: TITLE-ABS-KEY (“Eastern Amazon” AND mining OR “Sustainable practices” OR “Sustainable mining” OR “environmental impact”) AND PUBYEAR > 2013 AND PUBYEAR < 2024.

A seleção da base de dados do Scopus para as buscas levou em consideração a relevância e à capacidade de extração dos dados necessários para as análises disponíveis no VOSviewer, conforme discutido por Machado, Rech e Pinto (2021). Esta estratégia de busca foi projetada para identificar estudos relevantes que abordam a mineração na Amazônia Oriental, com o objetivo de fornecer uma revisão abrangente da literatura nesta área de pesquisa. Além disso, levou-se em consideração estudos publicados entre os anos de 2014 e 2023 (10 anos), garantindo que apenas a literatura mais recente fosse incluída na análise.

A busca resultou em um total de 68 trabalhos científicos. Para garantir a qualidade e a

pertinência dos estudos selecionados, foram aplicados critérios de filtragem específicos. Em particular, foram excluídos capítulos de livros e artigos de revisão, focando exclusivamente em estudos de caso que oferecessem uma análise detalhada e empírica das questões relacionadas à mineração na região da Amazônia Oriental. Assim, 53 pesquisas foram selecionadas para análise.

Classificação dos Estudos de Acordo com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável

A classificação dos estudos selecionados foi embasada nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável com o propósito de alinhar a pesquisa às metas globais de sustentabilidade estabelecidas pela Organização das Nações Unidas - ONU. Os ODS representam um conjunto de 17 objetivos e 169 metas que abordam uma vasta gama de questões socioeconômicas e ambientais, formulados pela ONU em 2015 como parte da Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável (Valencia *et al.*, 2019).

Ao classificar os estudos de acordo com as áreas prioritárias delineadas pelos objetivos de desenvolvimento sustentável, como erradicação da pobreza - ODS 1, saúde e bem-estar - ODS 3, trabalho decente e crescimento econômico - ODS 8, indústria, inovação e infraestrutura - ODS 9, redução das desigualdades - ODS 10, cidades e comunidades sustentáveis - ODS 11, vida na água - ODS 14, vida terrestre - ODS 15 e paz, justiça e instituições eficazes - ODS 16, buscou-se não apenas compreender as questões específicas relacionadas à mineração na Amazônia Oriental, mas também entender o potencial desses estudos em contribuir para alcançar metas mais amplas de sustentabilidade em escala global.

Dessa forma, os artigos identificados foram classificados em diferentes tipos de pesquisa: “Estudos de Impacto Ambiental”, “Estudos Sociais e Econômicos”, “Estudos de Governança e Participação Comunitária”, “Estudos de Inovação e Tecnologia Sustentável” ou “Estudos de Desenvolvimento Regional Sustentável”. Tal abordagem possibilitou contextualizar a pesquisa dentro de um quadro mais amplo de objetivos e prioridades de desenvolvimento sustentável (Quadro 1).

Quadro 1. Classificação Dos Estudos De Acordo Com Os Objetivos De Desenvolvimento Sustentável.

Classificação	Critérios de Inclusão	ODS Atendido
Estudos de Impacto Ambiental	Estudos que avaliam os impactos da mineração na Amazônia Oriental sobre a biodiversidade, os ecossistemas locais, a qualidade do ar e da água. Devem abordar questões como desmatamento, contaminação do solo e dos recursos hídricos, perda de habitat e extinção de espécies.	ODS 15 e ODS 14
Estudos Sociais e Econômicos	Análise dos efeitos da mineração na Amazônia Oriental sobre as comunidades locais, incluindo aspectos socioeconômicos como saúde, emprego, segurança alimentar e distribuição de renda. Devem considerar também questões de justiça social, direitos humanos e impactos culturais sobre populações indígenas e tradicionais.	ODS 1, ODS 3 e ODS 8

Estudos de Governança e Participação Comunitária	Investigação das políticas, regulamentações e práticas de governança relacionadas à mineração na região, bem como o envolvimento das comunidades locais no processo de tomada de decisão e gestão dos recursos naturais. Devem abordar questões de transparência, prestação de contas, participação pública e respeito aos direitos das comunidades afetadas pela mineração.	ODS 16 e ODS 10
Estudos de Inovação e Tecnologia Sustentável	Exploração de novas tecnologias, métodos e práticas inovadoras na indústria mineradora da Amazônia Oriental, visando promover a eficiência, reduzir os impactos ambientais e promover a sustentabilidade. Os estudos devem enfatizar soluções tecnológicas sustentáveis para mitigar os impactos ambientais, melhorar a eficiência operacional e promover a responsabilidade social corporativa das empresas de mineração.	ODS 9
Estudos de Desenvolvimento Regional Sustentável	Análise do papel da mineração na Amazônia Oriental no contexto do desenvolvimento regional sustentável, incluindo questões de planejamento urbano, infraestrutura e integração socioeconômica. Os estudos devem examinar os impactos da mineração sobre as comunidades locais, o ambiente construído, a economia regional e as perspectivas de desenvolvimento sustentável a longo prazo.	ODS 11

Fonte: Adaptado de ODS Brasil (2022).

Análise por meio do VOSviewer

O software VOSviewer (versão 1.6.20) foi utilizado para analisar as relações entre as palavras-chave dos artigos selecionados, alinhando-se diretamente com o propósito central da pesquisa. Esta escolha visa aprofundar a compreensão dos temas e áreas de interesse predominantes na literatura (Van Eck; Waltman, 2010), especificamente sobre mineração na região amazônica. Tal abordagem permitiu a identificação de padrões e tendências específicas nos estudos examinados, fornecendo uma visão mais precisa dos diferentes tipos de pesquisa conduzidos nesse contexto.

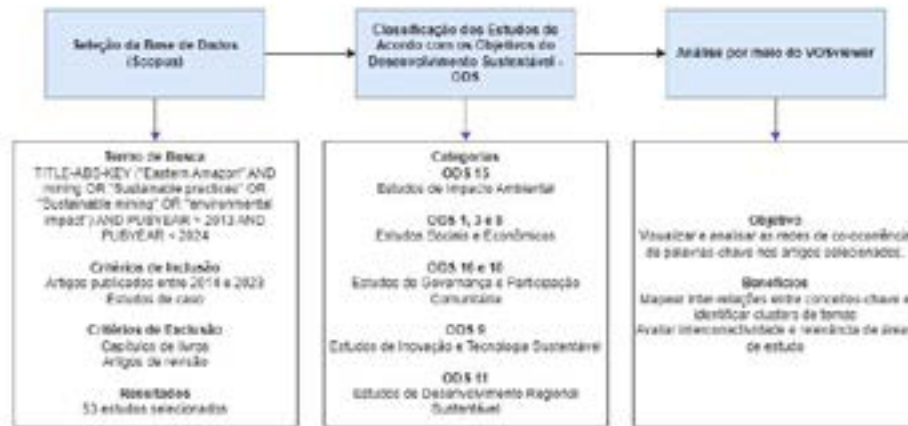
Segundo Van Eck e Waltman (2010), o VOSviewer é capaz de construir e visualizar mapas bibliométricos, nos quais os elementos são representados e explorados através de conexões, formando links. A importância de um link é indicada pelo tamanho do rótulo ou do círculo, refletindo a relevância do item. Portanto, a força de um link pode ser avaliada pelo número de referências compartilhadas entre dois artigos (acoplamento bibliográfico), a frequência de colaborações entre dois autores em artigos (coautoria), ou a ocorrência conjunta de dois termos em artigos (co-ocorrência).

Os elementos podem ser agrupados em clusters ou comunidades, destacados por diferentes cores no mapa. Além disso, a importância de um elemento é refletida pelo seu peso, sendo que elementos mais importantes têm um peso maior (Van Eck; Waltman, 2010). Na representação em rede, os elementos são identificados pelos seus rótulos, e o tamanho

desses rótulos ou círculos é determinado pelo peso do elemento, de modo que elementos mais importantes são visualmente destacados.

A seguir apresenta-se a síntese da metodologia geral proposta neste estudo (Figura 1).

Figura 1. Fluxograma Da Metodologia Geral Da Pesquisa

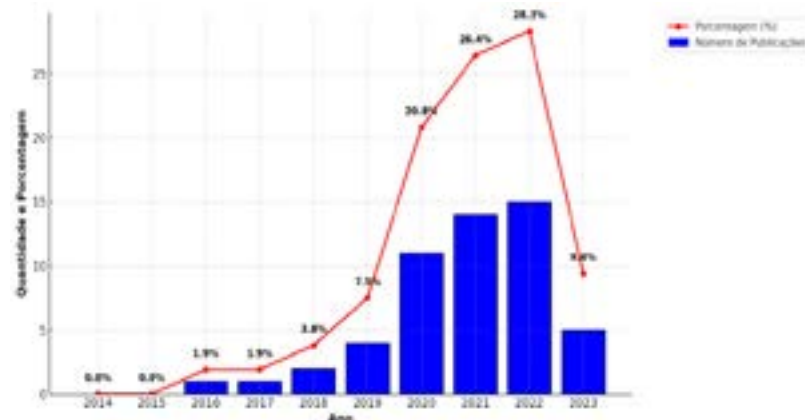


Fonte: Autores (2024).

Resultados e discussão

Primeiramente foi analisada a distribuição temporal das publicações ao longo dos anos. A tabela a seguir apresenta o número de publicações identificadas em cada ano, juntamente com a respectiva porcentagem em relação ao total (Figura 2).

Figura 2. Distribuição Temporal Das Publicações Sobre Mineração Na Amazônia Oriental.



Fonte: Autores (2024).

A análise da distribuição temporal das publicações sobre mineração na Amazônia Oriental revela um aumento gradual no interesse acadêmico ao longo do período considerado. Destacam-se os anos de 2022 e 2021, nos quais foram registradas as maiores quantidades de publicações, com 15 (28,3%) e 14 (26,4) artigos, respectivamente. Esse aumento expressivo pode refletir um crescente engajamento da comunidade acadêmica com a temática da mineração na região. No entanto, em 2023, observa-se uma diminuição no número de publicações em comparação aos anos anteriores, podendo indicar possíveis mudanças nas prioridades de

pesquisa ou outras influências externas. Esses resultados ressaltam a importância crescente da pesquisa sobre mineração na Amazônia Oriental e sugerem a necessidade contínua de investigações sobre os diversos aspectos socioambientais, econômicos e de governança relacionados a essa atividade na região.

Tipologia dos estudos realizados envolvendo mineração na Amazônia Oriental

Os resultados das classificações dos estudos que abordam temas relacionados à mineração na Amazônia Oriental, assim como os respectivos autores, podem ser observados a seguir (Quadro 2).

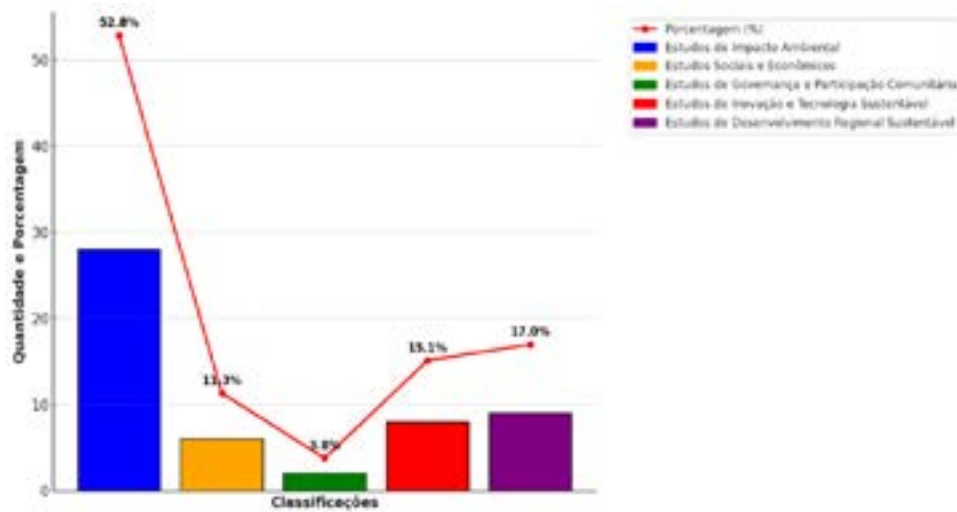
Quadro 2. Categorização Dos Estudos De Mineração Na Amazônia Oriental.

Classificação	Fontes Citadas nos Estudos
Estudos de Impacto Ambiental	Abe <i>et al.</i> (2019); Araújo <i>et al.</i> (2022); Barbosa <i>et al.</i> (2021); Bastos <i>et al.</i> (2021); Cantanhede <i>et al.</i> (2023); Cavalcante <i>et al.</i> (2021); Cobre <i>et al.</i> (2022); Dias <i>et al.</i> (2022); Espinosa <i>et al.</i> (2023); Fernandes <i>et al.</i> (2023); Gastauer <i>et al.</i> (2020); Gastauer <i>et al.</i> (2022); Guedes <i>et al.</i> (2020); Jaffé <i>et al.</i> (2016); Martins <i>et al.</i> (2021); Mendoza-Penagos <i>et al.</i> (2021); Neto <i>et al.</i> (2020); Pereira <i>et al.</i> (2020); Pereira <i>et al.</i> (2022); Ribeiro <i>et al.</i> (2017); Ribeiro <i>et al.</i> (2022); Salomão <i>et al.</i> (2019); Silva <i>et al.</i> (2018); Souza-Filho <i>et al.</i> (2019); Swanson <i>et al.</i> (2021); Teixeira <i>et al.</i> (2021); Vasconcelos <i>et al.</i> (2021); Zanetti <i>et al.</i> (2020).
Estudos Sociais e Econômicos	Coelho <i>et al.</i> (2022); Gonçalves <i>et al.</i> (2023); Guevara; Moreira (2020); Matlaba <i>et al.</i> (2019); Miranda <i>et al.</i> (2022); Queiroz <i>et al.</i> (2022).
Estudos de Governança e Participação Comunitária	Mota <i>et al.</i> (2020); Souza-Filho <i>et al.</i> (2020).
Estudos de Inovação e Tecnologia Sustentável	Costa <i>et al.</i> (2021); Gastauer <i>et al.</i> (2022); Maciel <i>et al.</i> (2023); Nascimento <i>et al.</i> (2020); Nascimento <i>et al.</i> (2022); Nascimento <i>et al.</i> (2022); Ramos <i>et al.</i> (2020); Trindade <i>et al.</i> (2021).
Estudos de Desenvolvimento Regional Sustentável	Barbosa <i>et al.</i> (2022); Barros <i>et al.</i> (2022); Gastauer <i>et al.</i> (2021); Martins <i>et al.</i> (2018); Martins <i>et al.</i> (2021); Neto <i>et al.</i> (2021); Oliveira <i>et al.</i> (2022); Ribeiro <i>et al.</i> (2021); Santos <i>et al.</i> (2022).

Fonte: Autores (2024).

A distribuição percentual de acordo com as classificações propostas pode ser conferida na imagem a seguir (Figura 3).

Figura 3. Distribuição Percentual Das Classificações De Estudos Sobre Mineração Na Amazônia Oriental.



Fonte: Autores (2024).

Os 52,8% das pesquisas categorizadas como Estudos de Impacto Ambiental revelavam a preocupação central com as consequências socioambientais da atividade minerária na região, destacando-se a necessidade de medidas urgentes para mitigar seus impactos e promover o desenvolvimento sustentável. Os estudos abrangeram diferentes aspectos dos impactos ambientais, em destaque, encontram-se a contaminação do solo e/ou da água (Araújo *et al.*, 2022; Covre *et al.*, 2022; Dias *et al.*, 2022; Espinosa *et al.*, 2023; Guedes *et al.*, 2020; Martins *et al.*, 2021; Pereira *et al.*, 2020; Ribeiro *et al.*, 2017) e a degradação da biodiversidade e/ou dos ecossistemas (Barbosa *et al.*, 2021; Bastos *et al.*, 2021; Espinosa *et al.*, 2023; Fernandes *et al.*, 2023; Gastauer *et al.*, 2020; Ribeiro *et al.*, 2022; Vasconcelos *et al.*, 2021).

As pesquisas conduzidas por Martins *et al.* (2021) e Araújo *et al.* (2022), por exemplo, apresentaram similaridades significativas em relação à avaliação da contaminação por metais em áreas de mineração. Enquanto Martins *et al.* (2021) investigaram a bioacessibilidade de cobre (Cu) e níquel (Ni) em solos naturalmente enriquecidos na Província Mineral de Carajás, Araújo *et al.* (2022) examinaram as concentrações desses elementos em áreas próximas a uma mina de cobre na mesma região. Ambos os estudos destacaram a presença desses metais em solos naturais e minerados, enfatizando a importância do monitoramento ambiental para entender e mitigar os riscos associados à contaminação por metais pesados.

No que diz respeito a pesquisas sobre a degradação da biodiversidade e dos ecossistemas, Fernandes *et al.* (2021) e Barbosa *et al.* (2021) investigaram a relação entre atividades de mineração e essa degradação, com abordagens distintas. Enquanto Fernandes *et al.* (2021) discutiram os desafios da aplicação da hierarquia de mitigação em projetos de mineração de minério de ferro na região leste da Amazônia, evidenciando a sobreposição entre flora endêmica e depósitos minerais, e a necessidade de antecipar estratégias de conservação para minimizar a perda de biodiversidade, Barbosa *et al.* (2021) investigaram a restauração florestal após a mineração de bauxita em Paragominas, no nordeste do Pará, identificando espécies-chave e suas características ecológicas para orientar o processo de restauração. Ambas as pesquisas contribuíram para o conhecimento científico sobre os impactos da mineração na biodiversidade amazônica, fornecendo informações essenciais para o manejo sustentável e a conservação de áreas degradadas.

Quanto aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), além de abordarem diretamente os ODS 14 e 15, alguns estudos também contribuíram para outros ODS, como o ODS 3 (Covre *et al.*, 2020; Zanetti *et al.*, 2020), ODS 8 (Zanetti *et al.*, 2020) e ODS 12 (Martins *et al.*, 2021), ao examinar os impactos socioeconômicos da mineração e promover práticas

sustentáveis de gestão ambiental.

Os 11,3% dos artigos que tratavam sobre Estudos Sociais e Econômicos buscaram compreender e abordar os desafios associados à atividade mineradora na Amazônia, seja analisando os impactos socioeconômicos diretos da atividade (Coelho *et al.* 2022; Matlaba *et al.*, 2019), como emprego e renda, ou investigando seus efeitos indiretos (Gonçalves *et al.*, 2023; Guevara; Moreira, 2020; Miranda *et al.*, 2022; Queiroz *et al.*, 2022), como a disseminação de doenças ou os conflitos sociais resultantes da exploração mineral.

Coelho *et al.* (2022), ao investigarem a percepção dos moradores de Ourém, no nordeste paraense, sobre os impactos da mineração de agregados, ressaltaram a insatisfação da população com os efeitos negativos da atividade, especialmente em relação às mudanças na paisagem e aos impactos no ar, água e saúde. Por sua vez, Matlaba *et al.* (2019) destacaram o desafio de transformar o aumento da renda proveniente das diversas fases da mineração em serviços públicos permanentemente melhores e mais abrangentes para os residentes de Canaã dos Carajás. Ambos os estudos forneceram informações sobre como a atividade mineradora impacta diretamente a vida das comunidades locais em termos de emprego, renda e qualidade de vida.

Gonçalves *et al.* (2023) e Miranda *et al.* (2022) investigaram a relação entre mineração e o aumento de doenças na Amazônia. Gonçalves *et al.* descobriram que garimpeiros, especialmente homens adultos, tinham alta prevalência de malária em áreas rurais próximas a terras indígenas e unidades de conservação, sugerindo uma ligação direta entre a doença e a degradação ambiental causada pela mineração. Miranda *et al.* (2022) encontraram padrões semelhantes com a leishmaniose visceral humana, mostrando que áreas com atividades como mineração, urbanização e pecuária apresentavam concentrações da doença. Esses estudos ressaltam a influência da mineração na disseminação de doenças na Amazônia, sublinhando a necessidade de abordagens integradas que considerem fatores socioeconômicos e ambientais para controlar eficazmente essas doenças.

Quanto aos ODS, os estudos abordaram diretamente os ODS 1, ODS 3 e ODS 8. Além disso, alguns artigos também contribuíram para o ODS 5 (Guevara; Moreira, 2020) e o ODS 15 (Queiroz *et al.*, 2022).

Apenas 3,8% das publicações trataram de questões de Governança e Participação Comunitária (Mota *et al.*, 2020; Souza-Filho *et al.*, 2020), ao que pode apontar para uma lacuna significativa na área. Essas pesquisas são fundamentais para garantir uma mineração sustentável, transparente e responsável (Mota *et al.*, 2020). A ausência de investigações sobre transparência, prestação de contas, participação pública e respeito aos direitos das comunidades afetadas sugere uma negligência em aspectos socioambientais e de governança essenciais para mitigar os impactos negativos da mineração. Isso pode resultar em práticas de mineração que não estão alinhadas com os princípios do desenvolvimento sustentável e comprometem o bem-estar das comunidades locais.

As investigações de Mota *et al.* (2020) e Souza-Filho *et al.* (2020) abordaram diferentes aspectos relacionados à mineração na região amazônica, porém, ambos destacaram a importância da sustentabilidade na atividade mineradora. Enquanto o estudo de Mota *et al.* (2020) analisou os conflitos sociais decorrentes da operação de uma ferrovia de transporte de minério e ressalta a necessidade de novos arranjos institucionais que promovam o diálogo e a resolução de conflitos de forma integrada, o trabalho de Souza-Filho *et al.* (2020) focou na avaliação da sustentabilidade ambiental das minas de ferro na Floresta Nacional de Carajás, propondo um índice composto de sustentabilidade ambiental. Ambos os estudos destacaram a importância de medidas que visam mitigar os impactos socioambientais da mineração e promover práticas mais sustentáveis.

Os artigos abordaram direta ou indiretamente os ODS 8 e ODS 9.

Estudos sobre Inovação e Tecnologia Sustentável corresponderam a 15,1% do total das amostras. Todos eles tinham em comum o objetivo de recuperar áreas degradadas pela mineração na Amazônia Oriental, investigando os diversos aspectos relacionados à revegetação e reabilitação dessas áreas. O foco principal dessas pesquisas era compreender os mecanismos que permitam que as espécies nativas se adaptem às condições adversas dos

ambientes minerados.

Os trabalhos de Nascimento *et al.* (2022) e Ramos *et al.* (2020) abordaram a revegetação de áreas de mineração na Amazônia, explorando diferentes aspectos relacionados à utilização de plantas nativas e tecnologias sustentáveis. Enquanto Nascimento *et al.* (2022) investigam os mecanismos moleculares e as interações com micro-organismos do solo que permitem o estabelecimento de plantas, como *Dioclea apurensis*, em áreas de mineração em reabilitação, Ramos *et al.* (2020) focaram na resposta de crescimento das espécies *Dioclea apurensis* e *Bauhinia longipedicellata* em resíduos de mineração fertilizados com diferentes nutrientes. Os resultados do estudo de Nascimento *et al.* (2022) destacou a importância de proteínas envolvidas em respostas ao estresse e a relação das plantas com microrganismos benéficos do solo, enquanto o estudo de Ramos *et al.* (2020) evidenciou o aumento do crescimento das espécies em resposta à adição de nutrientes no substrato minerado. Ambos os estudos contribuem para o entendimento da revegetação de áreas de mineração na região amazônica, enfatizando a necessidade de utilizar espécies nativas adaptadas e adotar práticas sustentáveis para melhorar a eficácia dos processos de reabilitação.

Quanto aos ODS, os estudos abordaram diretamente o ODS 9. Além disso, todos os artigos estão, mesmo que indiretamente, associados aos ODS 15 e ODS 13.

Estudos de Desenvolvimento Regional Sustentável corresponderam a 17% dos artigos selecionados. De modo geral, os estudos trataram de diferentes aspectos da recuperação de áreas degradadas pela mineração na Amazônia. Ao analisar o papel da mineração na região, essas pesquisas contribuíram para entender como as atividades extrativistas afetam não apenas o ambiente natural, mas também aspectos socioeconômicos e de planejamento urbano, promovendo uma abordagem integrada para o desenvolvimento regional sustentável na Amazônia Oriental.

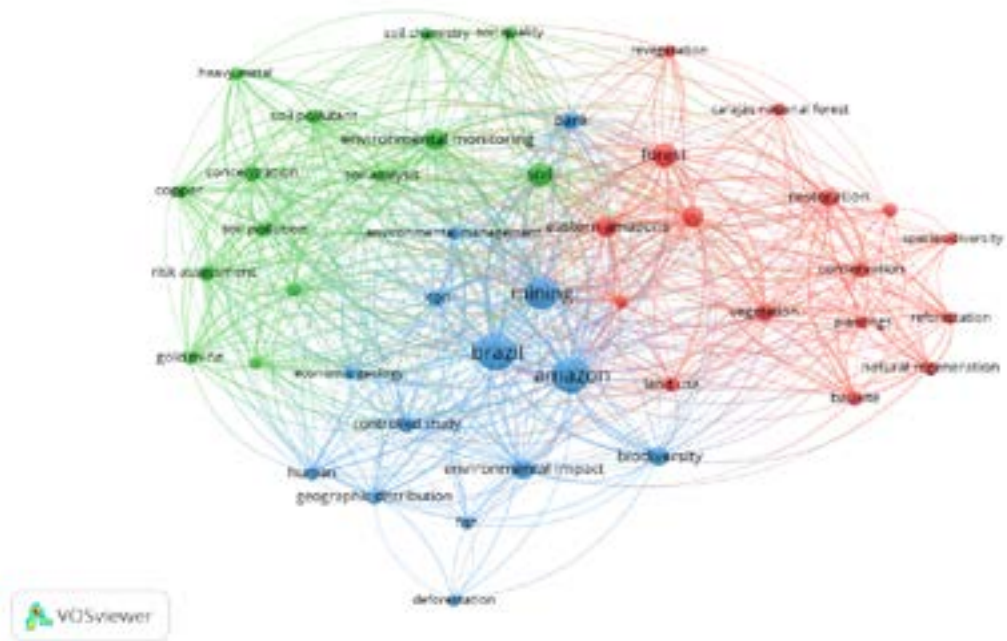
A análise dos estudos de Barbosa *et al.* (2022) e Santos *et al.* (2022) revelou uma conexão intrínseca entre suas abordagens e o desenvolvimento regional sustentável na Amazônia Oriental. Enquanto Barbosa *et al.* (2022) investigaram a eficácia de métodos de restauração ecológica após a mineração de bauxita, incluindo nucleação, plantio de mudas e regeneração natural, Santos *et al.* (2022) concentraram-se na avaliação da fertilidade do solo e na disponibilidade de nutrientes. Esses estudos não apenas oferecem informações sobre processos de recuperação ambiental, mas também fornecem uma base para o planejamento urbano, infraestrutura e integração socioeconômica da região. Os resultados indicaram que a restauração ecossistêmica não apenas promove a recuperação ambiental, mas também pode impulsionar a economia local e melhorar as perspectivas de desenvolvimento sustentável a longo prazo.

Além de abordarem o ODS 11, outros estudos também contribuíram para o ODS 15 (Barros *et al.*, 2022; Martins *et al.*, 2018; Martins *et al.*, 2021; Oliveira *et al.*, 2022).

Análise dos estudos no VOSviewer

Para realizar esta análise, foi elaborada uma rede de co-ocorrência de palavras-chave, utilizando as palavras-chave fornecidas pelos próprios autores. Investigou-se tanto a rede que destacava os agrupamentos por similaridade dos estudos (network visualization), quanto à distribuição temporal (overlay visualization), buscando identificar tendências comuns e as mais recentes. Para construir a rede, foram selecionados termos que se repetiram no mínimo 5 vezes. De um total de 1027 palavras-chave, foram obtidas 44 palavras para análise (Figura 4).

Figura 4. Redes de Co-ocorrência de Palavras-chave na Mineração da Amazônia Oriental.



Fonte: Autores (2024).

A análise do cluster verde revela uma concentração de estudos voltados para os efeitos da mineração no solo e nas proximidades, ou seja, aborda temáticas ambientais. Termos como “poluição do solo” e “monitoramento ambiental” podem indicar uma abordagem investigativa sobre como as atividades de mineração afetam a qualidade do solo e a saúde do ecossistema. A presença do termo “avaliação de risco” pode sugerir que há uma preocupação em quantificar e gerenciar os riscos associados à contaminação e degradação ambiental.

O cluster vermelho destaca a interseção entre mineração e conservação. A ênfase em “restauração” e “floresta” aponta para estudos que buscam entender e promover a recuperação de áreas degradadas pela mineração, abordando assim temáticas sobre biodiversidade e conservação.

Por fim, o cluster azul aborda as dimensões geográficas e sociais da mineração, com palavras-chave como “Brasil” e “Amazônia” podendo indicar o foco regional dos estudos. A análise deste cluster pode sugerir que há uma necessidade de compreender as implicações sociais da mineração, incluindo questões de propriedade da terra e o impacto nas comunidades locais.

A imagem a seguir representa a evolução dos temas de pesquisa ao longo do tempo, indicando quais aspectos ganharam mais atenção e como isso mudou (Figura 5).

apontando para a importância de uma abordagem mais ampla e integrada nos estudos sobre mineração na região.

A análise detalhada dos clusters de pesquisa reforça a necessidade de uma abordagem holística para compreender os desafios e oportunidades associados à mineração na Amazônia Oriental. Os resultados indicam que, embora os impactos ambientais sejam uma preocupação central, as dimensões sociais e de conservação também desempenham papéis fundamentais. Portanto, políticas e práticas de mineração devem ser informadas por uma compreensão integrada dos diversos fatores envolvidos, visando não apenas mitigar os impactos negativos, mas também promover o desenvolvimento sustentável na região.

Referências

ABE, C. A.; LOBO, F. L.; NOVO, E. M. L. D. M.; COSTA, M.; & DIBIKE, Y. Modeling the effects of land cover change on sediment concentrations in a gold-mined Amazonian basin. **Regional environmental change**, 19(6), 1801-1813, 2019.

ARAÚJO, S. N.; RAMOS, S. J.; MARTINS, G. C.; TEIXEIRA, R. A.; DE SOUZA, E. S.; SAHOO, P. K.; ... & DALLAGNOL, R. Copper mining in the eastern Amazon: an environmental perspective on potentially toxic elements. **Environmental Geochemistry and Health**, 1-15, 2022.

BARBOSA, R. S.; DO VALE, R. S.; SCHWARTZ, G.; MARTINS, W. B. R.; RIBEIRO, S. S.; DE MATOS RODRIGUES, J. I.; ... & BARBOSA, V. M. Restoration of degraded areas after bauxite mining in the eastern Amazon: Which method to apply?. **Ecological Engineering**, 180, 106639, 2022.

BARBOSA, R. S.; PEREIRA, G. F. M.; RIBEIRO, S. S.; HAGE, A. L. F.; COSTA, G. F.; SALOMÃO, R. P.; & SCHWARTZ, G. Key species selection for forest restoration after bauxite mining in the Eastern Amazon. **Ecological Engineering**, 162, 106190, 2021.

BARROS, F. C.; ALMEIDA, S. M.; GODOY, B. S.; DA SILVA, R. R.; SILVA, L. C.; DE MORAES, K. F.; SANTOS, M. P. D. Taxonomic and functional diversity of bird communities in mining areas undergoing passive and active restoration in eastern Amazon. **Ecological Engineering**, 182, 106721, 2022.

BASTOS, R. C.; BRITO, J.; CUNHAR, E. J.; CRUZ, G. M.; PEREIRA, J. L. S.; VIEIRA, J.; & JUEN, L. Environmental impacts from human activities affect the diversity of the Odonata (Insecta) in the eastern Amazon. **Int. J. Odonatol**, 24, 300-315, 2021.

CANTANHÊDE, S. M.; DE CARVALHO, I. S. C.; ADOLFO, F. R.; LEAL, G.; REIS, G. M.; DE CARVALHO, L. M.; ... & AMADO, L. L. Distribution of metals in different environmental compartments and oxidative stress biomarkers in Bryconops caudomaculatus (Osteichthyes: Characiformes) from a bauxite mining area in the Eastern Amazon. **Environmental Research**, 216, 114391, 2023.

CAVALCANTE, R. B.; SOUZA, B. M.; RAMOS, S. J.; GASTAUER, M.; NASCIMENTO, W. R.; CALDEIRA, C. F.; & SOUZA-FILHO, P. W. Assessment of fire hazard weather indices in the eastern Amazon: a case study for different land uses. **Acta Amazonica**, 51(4), 352-362, 2021.

CHEN, J.; JISKANI, I. M.; JINLIANG, C.; YAN, H. Evaluation and future framework of green mine construction in China based on the DPSIR model. **Sustainable Environment Research**, v. 30, n. 1, p. 1-10, 2020.

CIVIDATTI, L. N.; MORALLES, V. A.; & BEGO, A. M. Incidence of Design-Based Research Methodology in Science Education Articles: A Bibliometric Analysis. **Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências**, e25369, 1-22, 2021.

COELHO, Y. C. M.; MEDEIROS, P. S.; SANTOS, J. A.; & LUCAS, F. C. A. Perception of environmental impacts of aggregate mining: A case study from the municipality of Ourém, Pará, Brazil. **Resources Policy**, 78, 102825, 2022.

COSTA, P. H. D. O.; NASCIMENTO, S. V. D.; HERRERA, H.; GASTAUER, M.; RAMOS, S. J.; CALDEIRA, C. F.; ... & VALADARES, R. B. D. S. Non-specific interactions of rhizospheric microbial communities support the establishment of *Mimosa acutistipula* var. *ferrea* in an Amazon rehabilitating mineland. **Processes**, 9(11), 2079, 2021.

COVRE, W. P.; RAMOS, S. J.; DA SILVEIRA PEREIRA, W. V.; DE SOUZA, E. S.; MARTINS, G. C.; TEIXEIRA, O. M. M.; ... & FERNANDES, A. R. Impact of copper mining wastes in the Amazon: Properties and risks to environment and human health. **Journal of hazardous materials**, 421, 126688, 2022.

DIAS, Y. N.; DA SILVEIRA PEREIRA, W. V.; DA COSTA, M. V.; DE SOUZA, E. S.; RAMOS, S. J.; DO AMARANTE, C. B.; ... & FERNANDES, A. R. Biochar mitigates bioavailability and environmental risks of arsenic in gold mining tailings from the eastern Amazon. **Journal of environmental management**, 311, 114840, 2022.

DONTU, N.; KUMAR, S.; PANDEY, N.; & LIM, W. M. Research constituents, intellectual structure, and collaboration patterns in *Journal of International Marketing*: An analytical retrospective. **Journal of International Marketing**, 29(2), 1-25, 2021.

ESPINOSA, A. C. E.; CUNHA, E. J.; SHIMANO, Y.; ROLIM, S.; MIOLI, L.; JUEN, L.; & DUNCK, B. Functional diversity of mayflies (Ephemeroptera, Insecta) in streams in mining areas located in the Eastern Amazon. **Hydrobiologia**, 850(4), 929-945, 2023.

FAPESPA. Boletim da Mineração. Fundação Amazônia de Amparo a Estudos e Pesquisas, 2023.

FERNANDES, T. N.; DOS SANTOS, F. M. G.; GONTIJO, F. D.; DA SILVA FILHO, J. A.; CASTILHO, A. F.; & SÁNCHEZ, L. E. Mainstreaming flora conservation strategies into the mitigation hierarchy to strengthen environmental impact assessment. **Environmental Management**, 71(2), 483-493, 2023.

GASTAUER, M.; DE MEDEIROS SARMENTO, P. S.; CALDEIRA, C. F.; CASTRO, A. F.; RAMOS, S. J.; TREVELIN, L. C.; ... & SOUZA FILHO, P. W. M. Shannon tree diversity is a surrogate for mineland rehabilitation status. **Ecological Indicators**, 130, 108100, 2021.

GASTAUER, M.; DE MEDEIROS SARMENTO, P. S.; SANTOS, V. C. A.; CALDEIRA, C. F.; RAMOS, S. J.; TEODORO, G. S.; & SIQUEIRA, J. O. Vegetative functional traits guide plant species selection for initial mineland rehabilitation. **Ecological Engineering**, 148, 105763, 2020.

GASTAUER, M.; NASCIMENTO JR, W. R.; CALDEIRA, C. F.; RAMOS, S. J.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; & FÉRET, J. B. Spectral diversity allows remote detection of the rehabilitation status in an Amazonian iron mining complex. **International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation**, 106, 102653, 2022.

GONÇALVES, N. V.; SOUZA, B. C. D.; ARAÚJO, M. D. S.; MORAIS, E. C.; MELO, B. G. D.; BRITO, S. R. D.; ... & MIRANDA, C. D. S. C. Malaria and environmental, socioeconomics and public health conditions in the municipality of São Félix do Xingu, Pará, Eastern Amazon, Brazil: An ecological and cross-sectional study. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, 56, e0502-2022, 2023.

GUEDES, R. S.; RAMOS, S. J.; GASTAUER, M.; FERNANDES, A. R.; CALDEIRA, C. F.; AMARANTE, C. B.; SIQUEIRA, J. O. Phosphorus lability increases with the rehabilitation advance of iron mine land in the eastern Amazon. **Environmental Monitoring and Assessment**, 192(6), 390, 2020.

GUEVARA, M.; MOREIRA, E. S. El (neo) extractivismo y su impacto en la vida de las mujeres en el sudeste de Pará. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, 54, 2020.

GUTIÉRREZ-SALCEDO, M.; MARTÍNEZ, M. Á.; MORAL-MUNOZ, J. A.; HERRERA-VIDEIRA, E.; & COBO, M. J. Some bibliometric procedures for analyzing and evaluating research fields. **Applied intelligence**, 48, 1275-1287, 2018.

JAFFE, R.; PROUS, X.; ZAMPAULO, R.; GIANINI, T. C.; IMPERATRIZ-FONSECA, V. L.; MAURITY, C.; ... & SIQUEIRA, J. O. Reconciling mining with the conservation of cave biodiversity: a quantitative baseline to help establish conservation priorities. **PloS one**, 11(12), e0168348, 2016.

LEI, Y.; CUI, N.; PAN, D. Economic and social effects analysis of mineral development in China and policy implications. **Resources Policy**, 38(4), 448-457, 2013

MACIEL, G. P.; CALDEIRA, C. F.; GASTAUER, M.; RIBEIRO, P. G.; DA SILVA, G. M.; & RAMOS, S. J. Morphological characteristics and germination of native species seeds for mineland rehabilitation in the Eastern Amazon. **New Forests**, 54(5), 769-787, 2023.

MARTINS, G. C.; DA SILVA JUNIOR, E. C.; RAMOS, S. J.; MAURITY, C. W.; SAHOO, P. K.; DALL'AGNOL, R.; & GUILHERME, L. R. G. Bioavailability of copper and nickel in naturally metal-enriched soils of Carajás Mining Province, Eastern Amazon, Brazil. **Environmental Monitoring and Assessment**, 193(5), 256, 2021.

MARTINS, W. B. R.; DO VALE, R. L.; FERREIRA, G. C.; DE ANDRADE, V. M. S.; DIONÍSIO, L. F. S.; RODRIGUES, R. P.; ... & DE SOUZA, G. M. P. Litterfall, litter stock and water holding capacity in post-mining forest restoration ecosystems, Eastern Amazon. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, 13(3), 1-9, 2018.

MARTINS, W. B. R.; SCHWARTZ, G.; RIBEIRO, S. S.; FERREIRA, G. C.; DE SOUZA BARBOSA, R.; DE PAULA, M. T.; ... & DE ASSIS OLIVEIRA, F. Ecosystem restoration after bauxite mining: favorable indicators for Technosols construction and soil management using liming and subsoiling. **New Forests**, 52(6), 971-994, 2021.

MATLABA, V. J.; MANESCHY, M. C.; FILIPE DOS SANTOS, J.; & MOTA, J. A. Socioeconomic dynamics of a mining town in Amazon: a case study from Canaã dos Carajás, Brazil. **Mineral Economics**, 32, 75-90, 2019.

MENDOZA-PENAGOS, C. C.; CALVÃO, L. B.; & JUEN, L. A new biomonitoring method using taxonomic families as substitutes for the suborders of the Odonata (Insecta) in Amazonian streams. **Ecological Indicators**, 124, 107388, 2021.

MIRANDA, C. D. S. C.; DE SOUZA, B. C.; FILGUEIRAS, T. C. G. M.; DE SOUSA, A. M.; DA SILVA PEIXOTO, M. C.; FILGUEIRAS, T. C. G. M.; ... & GONÇALVES, N. V. Visceral leishmaniasis and land use and cover in the Carajas integration region, Eastern Amazon, Brazil. **Tropical Medicine and Infectious Disease**, 7(10), 2022.

MOTA, J. A.; SANTOS, J. D.; MANESCHY, M. C. A.; MATLABA, V.; GONÇALVES, I. L. M. P.; MAIA, M. B. R.; & BELATO, L. D. S. Os conflitos em torno de uma ferrovia de escoamento de minérios na Amazônia oriental: paradoxos da sustentabilidade. **Fronteiras: Journal of Social**,

Technological and Environmental Science, 9(2), 2020.

NASCIMENTO, F. S.; GASTAUER, M.; SOUZA-FILHO, P. W. M.; NASCIMENTO JR, W. R.; SANTOS, D. C.; & COSTA, M. F. Land cover changes in open-cast mining complexes based on high-resolution remote sensing data. **Remote Sensing**, 12(4), 611, 2020.

NASCIMENTO, S. V. D.; COSTA, P. H. D. O.; HERRERA, H.; CALDEIRA, C. F.; GASTAUER, M.; RAMOS, S. J.; ... & VALADARES, R. B. D. S. Proteomic profiling and rhizosphere-associated microbial communities reveal adaptive mechanisms of dioclea apurensis kunth in eastern amazon's rehabilitating minelands. **Plants**, 11(5), 712, 2022.

NASCIMENTO, S. V. D.; HERRERA, H.; COSTA, P. H. D. O.; TRINDADE, F. C.; DA COSTA, I. R. C.; CALDEIRA, C. F.; ... & VALADARES, R. B. D. S. Molecular Mechanisms Underlying Mimosa acutistipula Success in Amazonian Rehabilitating Minelands. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, 19(21), 14441, 2022.

NETO, A. B. B.; SCHWARTZ, G.; NORONHA, N. C.; GAMA, M. A. P.; & FERREIRA, G. C. Natural regeneration for restoration of degraded areas after bauxite mining: A case study in the Eastern Amazon. **Ecological Engineering**, 171, 106392, 2021.

NETO, H. F. S.; DA SILVEIRA PEREIRA, W. V.; DIAS, Y. N.; DE SOUZA, E. S.; TEIXEIRA, R. A.; DE LIMA, M. W.; ... & FERNANDES, A. R. Environmental and human health risks of arsenic in gold mining areas in the eastern Amazon. **Environmental Pollution**, 265, 114969, 2020.

ODS BRASIL. Indicadores Brasileiros para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável. Brasília, 2022. Disponível em: <https://odsbrasil.gov.br>. Acesso em: 22 maio 2022

OLIVEIRA, V. P.; MARTINS, W. B. R.; DE MATOS RODRIGUES, J. I.; SILVA, A. R.; LOPES, J. D. C. A.; DE LIMA NETO, J. F.; & SCHWARTZ, G. Are liming and pit size determining for tree species establishment in degraded areas by kaolin mining?. **Ecological Engineering**, 178, 106599, 2022.

PEREIRA, W. V. S.; RAMOS, S. J.; MELO, L. C. A.; DE SOUZA BRAZ, A. M.; DIAS, Y. N.; DE ALMEIDA, G. V.; & FERNANDES, A. R. Levels and environmental risks of rare earth elements in a gold mining area in the Amazon. **Environmental Research**, 211, 113090, 2022.

PEREIRA, W. V. S.; TEIXEIRA, R. A.; DE SOUZA, E. S.; DE MORAES, A. L. F.; CAMPOS, W. E. O.; DO AMARANTE, C. B.; ... & FERNANDES, A. R. Chemical fractionation and bioaccessibility of potentially toxic elements in area of artisanal gold mining in the Amazon. **Journal of Environmental Management**, 267, 110644, 2020.

QUEIROZ, J.; GASPARINETTI, P.; BAKKER, L. B.; LOBO, F.; & NAGEL, G. Socioeconomic cost of dredge boat gold mining in the Tapajós basin, eastern Amazon. **Resources Policy**, 79, 103102, 2022.

RAMOS, S. J.; GASTAUER, M.; MARTINS, G. C.; GUEDES, R. S.; CALDEIRA, C. F.; SOUZA-FILHO, P. W.; & SIQUEIRA, J. O. Changes in soil properties during iron mining and in rehabilitating minelands in the Eastern Amazon. **Environmental Monitoring and Assessment**, 194(4), 256, 2022.

RAMOS, S. J.; GASTAUER, M.; MITRE, S. K.; CALDEIRA, C. F.; SILVA, J. R.; FURTINI NETO, A. E.; ... & SIQUEIRA, J. O. Plant growth and nutrient use efficiency of two native Fabaceae species for mineland revegetation in the eastern Amazon. **Journal of forestry research**, 31(6), 2287-2293, 2020.

RIBEIRO, D. R. G.; FACCIN, H.; DAL MOLIN, T. R.; DE CARVALHO, L. M.; & AMADO, L. L. Metal and metalloid distribution in different environmental compartments of the middle Xingu River in the Amazon, Brazil. **Science of the total environment**, 605, 66-74, 2017.

RIBEIRO, R. A. B.; JUEN, L.; & BRASIL, L. S. Habitat conditions in streams influence Odonata larval assemblages in the eastern Amazon. **International Journal of Odonatology**, 25, 22-30, 2022.

RIBEIRO, S. S.; SCHWARTZ, G.; SILVA, A. R.; DA CRUZ, D. C.; NETO, A. B. B.; GAMA, M. A. P.; ... & LOPES, J. D. C. A. Soil properties under different supplementary organic fertilizers in a restoration site after kaolin mining in the Eastern Amazon. **Ecological Engineering**, 170, 106352, 2021.

SAJOVIC, I.; KERT, M.; & BOH PODGORNIK, B. Smart textiles: A review and bibliometric mapping. **Applied Sciences**, 13(18), 10489, 2023.

SALOMÃO, G. N.; DALLAGNOL, R.; ANGÉLICA, R. S.; FIGUEIREDO, M. A.; SAHOO, P. K.; DE MEDEIROS FILHO, C. A.; & DA COSTA, M. F. Geochemical mapping and estimation of background concentrations in soils of Carajás mineral province, eastern Amazonian Craton, Brazil. **Geochemistry: exploration, environment, analysis**, 19(4), 431-447, 2019.

SANTOS, C. R. C.; KATO, O. R.; NORONHA, N. C.; DO SOCORRO FREITAS SOUZA, L.; DE OLIVEIRA FERREIRA, E. V.; DE MATOS, G. S. B.; ... & GAMA, M. A. P. Phosphorus adsorption in a degraded soil under forestry recovery after bauxite mining in Paragominas, eastern Amazon, Brazil. **Land Degradation & Development**, 34(7), 2110-2123, 2023.

SILVA, J. R.; GASTAUER, M.; RAMOS, S. J.; MITRE, S. K.; NETO, A. E. F.; SIQUEIRA, J. O.; & CALDEIRA, C. F. Initial growth of Fabaceae species: Combined effects of topsoil and fertilizer application for mineland revegetation. **Flora**, 246, 109-117, 2018.

SOUZA-FILHO, P. W. M.; CAVALCANTE, R. B.; NASCIMENTO JR, W. R.; NUNES, S.; GASTAUER, M.; SANTOS, D. C.; ... & SIQUEIRA, J. O. The sustainability index of the physical mining Environment in protected areas, Eastern Amazon. **Environmental and Sustainability Indicators**, 8, 100074, 2020.

SOUZA-FILHO, P. W. M.; GIANINNI, T. C.; JAFFÉ, R.; GIULIETTI, A. M.; SANTOS, D. C.; NASCIMENTO JR, W. R.; ... & SIQUEIRA, J. O. Mapping and quantification of ferruginous outcrop savannas in the Brazilian Amazon: A challenge for biodiversity conservation. **PLoS One**, 14(1), e0211095, 2019.

SWANSON, A. C.; KAPLAN, D.; TOH, K. B.; MARQUES, E. E.; & BOHLMAN, S. A. Changes in floodplain hydrology following serial damming of the Tocantins River in the eastern Amazon. **Science of the total environment**, 800, 149494, 2021.

TEIXEIRA, R. A.; DA SILVEIRA PEREIRA, W. V.; DE SOUZA, E. S.; RAMOS, S. J.; DIAS, Y. N.; DE LIMA, M. W.; ... & FERNANDES, A. R. Artisanal gold mining in the eastern Amazon: Environmental and human health risks of mercury from different mining methods. **Chemosphere**, 284, 131220, 2021.

TRINDADE, F. C.; GASTAUER, M.; RAMOS, S. J.; CALDEIRA, C. F.; ARAÚJO, J. F. D.; OLIVEIRA, G.; & VALADARES, R. B. D. S. Soil Metaproteomics as a Tool for Environmental Monitoring of Minelands. **Forests**, 12(9), 1158, 2021.

VALENCIA, S. C.; SIMON, D.; CROESE, S.; NORDQVIST, J.; OLOKO, M.; SHARMA, T.; TAYLOR BUCK, N.; & VERSACE, I. Adapting the Sustainable Development Goals and the New Urban Agenda to the city level: Initial reflections from a comparative research project. **International Journal of Urban Sustainable Development**, 11(1), 4–23, 2019.

VASCONCELOS, S.; NUNES, G. L.; DIAS, M. C.; LORENA, J.; OLIVEIRA, R. R.; LIMA, T. G.; ... & OLIVEIRA, G. Unraveling the plant diversity of the Amazonian canga through DNA barcoding. **Ecology and Evolution**, 11(19), 13348-13362, 2021.

ZANETTI, M.; DAYRELL, R. L.; WARDIL, M. V.; DAMASCENO, A.; FERNANDES, T.; CASTILHO, A.; ... & SILVEIRA, F. A. Seed functional traits provide support for ecological restoration and ex situ conservation in the threatened Amazon ironstone outcrop flora. **Frontiers in Plant Science**, 11, 599496, 2020.

Recebido em 5 de fevereiro de 2026.

Aceito em 15 de abril de 2026.