

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



**A DESCARBONIZAÇÃO DA MINERAÇÃO NO BRASIL, RISCOS E
OPORTUNIDADES DE COMPETITIVIDADE INTERNACIONAL**

Pedro Patrick Avelar Espozel

Matricula:1910987

Monografia de Final de Curso
Departamento de Economia

Orientador: Sérgio Besserman

Rio de Janeiro
Dezembro 2023

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA
DO RIO DE JANEIRO



**A DESCARBONIZAÇÃO DA MINERAÇÃO NO BRASIL, RISCOS E
OPORTUNIDADES DE COMPETITIVIDADE INTERNACIONAL**

Pedro Patrick Avelar Espozel

Matricula:1910987

Monografia de Final de Curso
Departamento de Economia

Orientador: Sérgio Besserman

Rio de Janeiro
Dezembro 2023

Declaro que o presente trabalho é da minha autoria e que não recorri, para realizá-lo, a nenhuma forma de ajuda externa exceto quando autorizado pelo professor tutor.

As opiniões expressas neste trabalho são de responsabilidade única e exclusiva do autor.

AGRADECIMENTOS

Eu realmente queria agradecer a minha mãe, que mesmo com os nosso altos e baixos, nunca deixou de me apoiar. Sempre me empurrou para eu continuar seguindo em frente e queria registrar que cada conquista minha atual é fruto direto de todo seu apoio, amor e carinho. Que eu só sou quem eu sou hoje por causa do seu esforço e o do papai.

A minha irmã queria agradecer por toda ajuda que você me deu, sendo eu ir relaxar no seu quarto, falar besteira e mediando as coisas entre todo mundo, você não sabe o quão importante tudo isso é para mim.

E por fim eu queria agradecer ao meu pai, que por mais que não esteja mais aqui, sempre foi uma fonte de inspiração, de curiosidade, e de aventuras. E eu queria muito que você pudesse estar aqui para participar desse momento com a gente.

Sem vocês eu não seria o Pedro de hoje e por isso, obrigado!

RESUMO

A indústria da mineração é conhecida por sua intensidade de carbono e pela significativa contribuição para as emissões de gases de efeito estufa. Nesse contexto, compreender e estudar a descarbonização da mineração torna-se crucial para o enfrentamento das mudanças climáticas e para a busca de soluções sustentáveis no setor. O trabalho tem o objetivo de realizar uma revisão bibliográfica a fim de analisar e compreender a realidade brasileira em relação à descarbonização da mineração, considerando os riscos e oportunidades de competitividade internacional. Será realizado um levantamento de dados econômicos das principais empresas do segmento, com o intuito de entender suas estratégias, práticas de sustentabilidade e investimentos em energias renováveis. A análise desses dados permitirá uma perspectiva mais abrangente sobre a realidade da mineração no Brasil, comparando suas características no cenário global. Serão exploradas as políticas governamentais, as exigências regulatórias e os incentivos para a implementação de projetos de descarbonização. Além disso, serão identificados os riscos enfrentados pelas empresas no processo de transição para uma economia de baixo carbono, bem como as oportunidades de competitividade internacional que surgem nesse contexto. Ao compreender os desafios e oportunidades relacionados à descarbonização da mineração no Brasil, este estudo contribuirá no entendimento de estratégias mais eficientes e sustentáveis no setor e quais perspectivas são viáveis para a redução das emissões de gases de efeito estufa no impulsionamento da competitividade global do setor estudado.

Palavras-chave: Descarbonização. Mineração. Competitividade Internacional.

ABSTRACT

The mining industry is known for its carbon intensity and significant contribution to greenhouse gas emissions. In this context, understanding and studying mining decarbonization becomes crucial for addressing climate change and seeking sustainable solutions in the sector. This work aims to conduct a literature review to analyze and comprehend the Brazilian reality regarding mining decarbonization, considering the risks and opportunities for international competitiveness. An economic data survey will be carried out on major companies in the sector to understand their strategies, sustainability practices, and investments in renewable energy. The analysis of this data will provide a broader perspective on the mining reality in Brazil, comparing its characteristics on the global stage. Government policies, regulatory requirements, and incentives for decarbonization projects will be explored. Additionally, the risks faced by companies in transitioning to a low-carbon economy and the international competitiveness opportunities arising in this context will be identified. By understanding the challenges and opportunities related to mining decarbonization in Brazil, this study will contribute to the development of more efficient and sustainable strategies in the sector and provide insights into viable prospects for reducing greenhouse gas emissions to enhance the global competitiveness of the studied sector.

Keywords: Decarbonization. Mining. International Competitiveness.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
1.2 METODOLOGIA	14
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 CONTEXTO GOVERNAMENTAL E ORGANIZAÇÕES.....	15
2.1.1 Poder Executivo	16
2.1.2 Ministério de Minas e Energia.....	17
2.1.2.1 RenovaBio.....	18
2.1.2.2 Plano Nacional de Hidrogênio Verde	19
2.1.3 Agência Nacional de Mineração.....	19
3. Instituto Brasileiro de Mineração.....	20
3.1 Livro Verde da Mineração no Brasil.....	20
3.2 Brazil Country Mining Guide 2023	21
4. CONTEXTO EMPRESARIAL	22
4.1 VALE.....	22
Projetos de Descarbonização e Metas Futuras	24
4.2 AngloAmerican.....	31
Projetos de Descarbonização e Metas Futuras	32
4.3 CSN Mineração	38
Projetos de Descarbonização e Metas Futuras	39
Metas de Descarbonização.....	45
4.4 Usiminas	46
Projetos de Descarbonização e Metas Futuras	48
Abordagem para Descarbonização: Modernização e Eficiência.....	51
4.5 Vallourec.....	53
Projetos de Descarbonização e Metas Futuras	55
Abordagem para a Descarbonização na Vallourec: Uma Análise Abrangente	57
5. Conclusão.....	59
1. CONCLUSÃO.....	59
REFERÊNCIAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

A atividade de mineração desempenha um papel vital na sociedade, sendo responsável pela obtenção de recursos indispensáveis, como água, fertilizantes e minérios. No entanto, essa atividade também acarreta grandes impactos ambientais e representa riscos para o meio ambiente e para a vida humana. Segundo estudos (GARCIA; LIMA, 2019) a extração e o tratamento de minerais são considerados potencialmente poluidores e demandam o uso de recursos naturais. Os impactos resultantes da mineração afetam diversos aspectos econômicos, sociais e ambientais nas comunidades próximas às áreas de exploração mineral, incluindo a poluição do ar, a escassez de água, a contaminação do solo devido ao descarte de resíduos tóxicos, e o risco de rompimento de barragens de rejeitos (ANGOTTI; FERREIRA; EUGENIO, 2019).

A descarbonização da mineração é um tema de grande relevância no contexto atual, à medida que a sociedade busca cada vez mais reduzir as emissões de gases de efeito estufa e promover práticas mais sustentáveis em todos os setores econômicos. No Brasil, um dos principais produtores e exportadores de minerais do mundo, a necessidade de conciliar a atividade mineradora com a preservação ambiental e a mitigação dos impactos climáticos se torna ainda mais evidente. Nesse sentido, espera-se que a descarbonização possa proporcionar riscos e oportunidades de competitividade internacional para a indústria mineradora brasileira (GARCIA; LIMA, 2019).

Considerando a relevância do tratamento e da gestão de resíduos minerais, especialmente em um contexto pós-desastres, em que as empresas demonstram maior disposição para mudar suas práticas e os investidores estão mais propensos a pressioná-las, é importante buscar conhecimentos sobre a divulgação atual das empresas de mineração no Brasil, assim como compreender melhor os mecanismos de prestação de contas para os diversos stakeholders envolvidos.

Atualmente, três diretrizes principais são destacadas para a elaboração de relatórios de sustentabilidade pelas organizações: o *Global Reporting Initiative* (GRI), o Relato Integrado (RI) ou *Integrated Reporting* (IR), e o padrão da *Sustainability Accounting Standards Board* (SASB). Embora a adesão a esses padrões seja voluntária, observa-se um aumento na sua adoção pelas empresas, sendo o GRI o

mais difundido e utilizado globalmente, seguido pelo IR e, em terceiro lugar, pelo SASB (CALACE, 2016; KPMG, 2017).

Ao longo deste trabalho, será analisado o panorama da mineração no Brasil, destacando-se sua importância econômica e os desafios enfrentados em relação à descarbonização. Serão exploradas as tendências globais de redução de emissões e as metas estabelecidas por acordos internacionais, como o Acordo de Paris, para compreender o contexto no qual a indústria mineradora brasileira está inserida.

Além disso, serão abordados os riscos da descarbonização para a mineração, como a necessidade de investimentos em tecnologias limpas, as exigências regulatórias mais rigorosas e os possíveis impactos na competitividade das empresas. Paralelamente, serão identificadas as oportunidades que surgem nesse processo, como a demanda crescente por minerais utilizados em tecnologias verdes e a possibilidade de desenvolvimento de cadeias produtivas mais sustentáveis.

1.2 METODOLOGIA

A metodologia a ser utilizada neste trabalho consiste em uma revisão bibliográfica que utilizará plataformas de pesquisa, principalmente o Google Acadêmico. Essa abordagem tem o intuito de encontrar uma ampla pesquisa de artigos, livros e revistas científicas relacionadas ao tema em questão, com foco especial nas publicações de órgãos especializados no assunto.

A pesquisa será conduzida de forma criteriosa, priorizando publicações científicas revisadas, como artigos em periódicos acadêmicos e revistas científicas renomadas. Serão considerados também livros e relatórios técnicos relevantes para o tema, a fim de obter uma visão abrangente e embasada sobre a descarbonização da mineração no contexto brasileiro. A seleção dos materiais será realizada por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave dos artigos, livros e revistas identificados na busca. Serão incluídos aqueles que apresentarem relevância direta para o tema proposto, abordando aspectos como políticas governamentais, iniciativas do setor, impactos socioambientais, desafios e oportunidades de competitividade internacional.

Uma análise crítica dos materiais selecionados será realizada, levando em consideração a qualidade e a confiabilidade das fontes, bem como a consistência e a relevância dos conteúdos apresentados. Serão identificados os principais pontos de convergência e divergência entre as publicações, com o intuito de proporcionar uma visão ampla e aprofundada sobre o tema em estudo.

É importante ressaltar que a metodologia adotada neste trabalho se baseia em uma abordagem qualitativa, focada na análise e interpretação de informações obtidas por meio de fontes bibliográficas. Dessa forma, o estudo se caracteriza como uma revisão sistemática e crítica da literatura existente, buscando consolidar o conhecimento atual e identificar lacunas que possam orientar pesquisas futuras sobre o assunto.

Nesse sentido, serão consultadas revistas renomadas, como aquelas publicadas por agências como exemplo a Empresa de Pesquisa Energética (EPE) e o Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), que fornecem informações relevantes sobre o setor energético e suas interfaces com a mineração.

Essa abordagem permitirá acessar relatórios, estudos e análises de mercado relacionados às empresas de destaque no setor, como a Vale, AngloAmerican, CSN, Usiminas e Vallourec. Através dessas revistas, será possível obter dados atualizados sobre as práticas de descarbonização, iniciativas de sustentabilidade, investimentos em energias renováveis, bem como informações sobre a competitividade internacional dessas empresas.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONTEXTO GOVERNAMENTAL E ORGANIZAÇÕES

Atualmente há no país quatro organizações responsáveis por passar as diretrizes necessárias para uma mineração responsável com práticas sustentáveis, ajudando a atrair investimentos e promovendo o crescimento econômico da indústria. Essas organizações são: Poder Executivo, Ministério de Minas e Energia, Agência Nacional de Mineração e o Instituto Brasileiro de Mineração.

2.1.1 Poder Executivo

O governo Lula coloca grande ênfase na agenda ambiental principalmente na parte de conservação e redução da emissão de gases efeito estufa. Logo ao assumir o cargo, o presidente Lula protocolou decretos voltados à proteção ambiental. Nesse contexto, o governo enfatiza o grande potencial nacional na área de energias alternativas e enxerga o movimento de transição energética como uma grande oportunidade de destaque para o país.

Como demonstrado durante a COP 27, o governo Lula mostrou o desejo de colocar o país na frente da corrida pela descarbonização, reafirmando o comprometimento das metas do Acordo de Paris de 2015 e exaltando a capacidade de protagonismo que o país tem nas questões de energias renováveis. (6)

Uma forma de promover um crescimento mais sustentável para o país é por meio do novo plano de reindustrialização brasileira. Alinhado com os ideais de economia verde, o plano de desenvolvimento industrial visa fomentar esse processo com práticas mais sustentáveis com um alto potencial de atração de investimentos para o país. (5)

O setor de mineração de ferro é uma das 3 maiores indústrias exportadoras, por volume, do país, que juntamente com a soja e o petróleo, correspondem a 75% das exportações. É um setor extremamente regulado, mas que aos poucos vem sofrendo mudanças incentivando essa transição mais sustentável, com a Agenda ESG da Mineração do Brasil, formulada pelo IBRAM, além de outros incentivos para a implementação de projetos ambientais e, especificamente, para a descarbonização das atividades empresariais; como a redução do Imposto de Importação, aplicável a itens produzidos com menor geração de carbono. (8)

Além disso, pesquisas voltadas à descarbonização podem atrair benefícios fiscais previstos na chamada "Lei do Bem", que se estendem ao Imposto de Renda da Pessoa Jurídica (IRPJ). Outro ponto é a Política Nacional de Segurança de Barragens que após os incidentes de Brumadinho (MG), e Mariana (MG), foi atualizada, aumentando os requerimentos das companhias de mineração em relação a barragens, e estipulando multas que podem chegar até 1 Bilhão de reais caso sejam descumpridas. (7)

2.1.2 Ministério de Minas e Energia

Criado em 1960, o Ministério de Minas e Energia é parte do Governo Federal e é responsável por lidar com assuntos ligados à exploração, produção e comércio de minério e energia no Brasil. O ministério é dividido em 4 secretarias: Secretaria de Energia Elétrica, Secretaria de Geologia e Transformação Mineral, Secretaria de Petróleo, Gás Natural e Biocombustível e Secretaria de Planejamento e Desenvolvimento Energético. (9)

As suas competências incluem a realização de pesquisas, implementação de resultados, e criação de novas diretrizes nos setores de desenvolvimento de energias alternativas, mineração sustentável, e biocombustível.

Há também o Departamento de Desenvolvimento Sustentável na Mineração, que é responsável por:

I - formular e articular propostas de políticas, planos e programas para o desenvolvimento sustentável da mineração, avaliar e monitorar seus resultados e sua execução, e propor revisões e atualizações pertinentes;

II - orientar e propor diretrizes e procedimentos para a internalização das variáveis ambientais nas atividades de mineração;

III - elaborar e internalizar programas para o desenvolvimento socioambiental da mineração;

IV - gerar estudos e levantamentos para a implementação de ações socioambientais para o desenvolvimento sustentável da mineração;

V - propor o ordenamento das atividades de mineração nas unidades de conservação e de conflito; e

VI - propor linhas de fomento para a capacitação, a formação e o desenvolvimento tecnológico sustentável no setor de mineração e de transformação mineral, em todo o ciclo de utilização das substâncias minerais.

Entre os projetos do departamento há o “Plano Setorial de Mitigação e de Adaptação às Mudança do Clima na Mineração”, publicado em 2013; o projeto "Ordenamento e Desenvolvimento Sustentável da Mineração de Rochas Ornamentais no Noroeste do Espírito Santo", e também ele participa ativamente de comitês e conselhos envolvidos com gestão de recursos, desmatamento e segurança ambiental.

O Ministério de Minas e Energia é responsável também por três importantes projetos relacionados a descarbonização: o RenovaBio, o Plano Nacional de Hidrogênio Verde e a elaboração junto ao IBRAM do Plano Nacional de Mineração 2050, o qual ainda não foi publicado.

2.1.2.1 RenovaBio

O programa RenovaBio possui uma importância fundamental para auxiliar o processo de descarbonização do setor de mineração, pois um dos maiores emissores de gases efeito estufa dessa indústria são os veículos movidos a combustível fóssil, principalmente a diesel. Com a substituição por biocombustível, essas emissões podem ser reduzidas em até 70%, sem precisar de grandes alterações de infraestrutura.

Ele nasceu com o propósito de estimular, promover e expandir a presença de biocombustíveis na matriz energética brasileira, incentivando cada vez mais a sua produção e comercialização. O RenovaBio funciona através de um sistema de três partes. As metas de emissão, as certificações de produtores e a regulamentação de emissão de Créditos de Descarbonização (CBIOs), que são ativos financeiros negociados em bolsa. Sendo assim, ele gera aos produtores e importadores de biocombustível a documentação necessária para a comercialização dos CBIOs.

Para se cadastrarem e receberem o certificado de Produção Eficiente de Biocombustíveis, os produtores têm que seguir rígidos pré-requisitos com relação aos níveis de eficiência dos biocombustíveis e à origem da biomassa utilizada na matriz energética, a qual não pode ter tido histórico de incidentes de supressão de vegetação nativa para a sua produção. (11)(12)

2.1.2.2 Plano Nacional de Hidrogênio Verde

O Plano Nacional de Hidrogênio Verde (PNH2) é essencial para auxiliar nos esforços de descarbonização do setor de mineração. A procura por fontes alternativas de energia, como o hidrogênio, possui um grande potencial para reduzir emissões de gases efeito estufa e trazer mudanças concretas para essa indústria. Além de poder vir a ser um substituto para combustíveis fósseis em veículos, ele pode também ser empregado na geração de energia elétrica do lugar e estão sendo feitos estudos sobre a sua aplicabilidade como substituto do coque, um subproduto do carvão mineral, que gera dióxido de carbono quando adicionado ao minério de ferro para a produção de ferro esponja. Diferentemente do coque, o hidrogênio libera apenas água como produto do processo.

O propósito principal do Plano Nacional de Hidrogênio Verde é o de criar um mercado de hidrogênio no Brasil. Alinhado com os esforços de descarbonização da economia, o PNH2 tem por objetivos valorizar o potencial nacional de recursos energéticos, entender a sua aplicabilidade nos diversos setores da economia, encorajar o desenvolvimento tecnológico do país, capacitar uma mão de obra especializada, fomentar o desenvolvimento de um mercado competitivo, entre outras diretrizes.

Viabilizado por meio do plano, junto com os governos estaduais e diversas entidades nacionais e internacionais, foram criados quatro grandes “hubs” de investimento em hidrogênio no país localizados no Ceará, Pernambuco, Rio de Janeiro e São Paulo, com investimentos totais passando de 35 Bilhões de dólares.

(13)

2.1.3 Agência Nacional de Mineração

Criada em 2017, é a agência reguladora ligada ao Ministério de Minas e Energia, e assim tem poder de decisão e autonomia administrativa. Entre as suas responsabilidades estão inclusas o gerenciamento de todas as reservas minerais da União, cabendo a ela regular e supervisionar o uso das reservas. Assim como impedir

e investigar práticas de garimpo ilegal, avaliar a segurança das barragens de contenção de resíduos e ser responsável por coletar a “Compensação Financeira pela Exploração Mineral”, taxa paga ao governo pela exploração dos recursos minerais.

Com a tendência de sustentabilidade e descarbonização do setor de mineração, essa agência tem um potencial de se tornar um dos eixos do processo ao garantir que as políticas e diretrizes estejam sendo cumpridas adequadamente, fiscalizando e aplicando as devidas multas a empresas que não cumprirem com elas.
(14)

2.1.4 Instituto Brasileiro de Mineração

O Instituto Brasileiro de Mineração (IBRAM) é uma entidade privada, sem fins lucrativos, cujos seus mais de 130 associados, relacionados direta e indiretamente à atividade mineral brasileira, são responsáveis por 85% da produção mineral no Brasil. Como representante do setor de mineração no Brasil, o IBRAM ativamente promove iniciativas de descarbonização e trabalha para desenvolver práticas sustentáveis e inovadoras que reduzam as emissões de carbono e apoiem a transição para uma economia de baixo carbono. Participa de discussões e iniciativas relacionadas à precificação de carbono, energia renovável e uso de novas tecnologias para melhorar a eficiência energética e reduzir os impactos ambientais no setor de mineração.

Suas responsabilidades incluem incentivos à pesquisa e desenvolvimento de novas tecnologias no setor, agir como ponte entre governo e sociedade civil, realizar estudos e atrair novas oportunidades para a indústria. Dentre as pesquisas promovidas pelo instituto estão a elaboração do Plano Nacional de Mineração 2050, o Livro Verde da Mineração do Brasil, e o Brazil Country Mining Guide 2023. (15)(16)

2.1.4.1 Livro Verde da Mineração no Brasil

O objetivo do livro é fornecer dados, reconhecer boas práticas e promover o debate sobre a gestão ambiental no setor mineral do Brasil. Ao promover a

conscientização e a adoção de práticas sustentáveis, espera-se potencializar experiências e impactos positivos para a indústria da mineração no país.

No capítulo 1, intitulado "Mineração e meio ambiente", são abordados a contextualização da Agenda ESG e suas metas relacionadas à indústria da mineração. Neste capítulo, são apresentados os desafios enfrentados pelo setor e a importância de adotar práticas sustentáveis e responsáveis para preservar o meio ambiente.

O capítulo 2, intitulado "Desempenho ambiental da mineração brasileira", destaca os impactos ambientais gerados pela atividade mineradora no Brasil. Além disso, são apresentadas as práticas e iniciativas adotadas pelas empresas associadas ao IBRAM para mitigar e prevenir esses impactos. Esse capítulo oferece uma visão abrangente do comprometimento do setor com a sustentabilidade e a gestão ambiental responsável.

No terceiro capítulo, "Experiências da mineração brasileira", são compartilhados exemplos de ações positivas realizadas pelas empresas associadas ao IBRAM. Essas experiências englobam desde a prevenção e mitigação dos impactos ambientais até a regeneração e ampliação dos impactos positivos. Esses casos práticos destacam a importância da inovação e da adoção de tecnologias sustentáveis na indústria da mineração.

Além dos capítulos principais, o livro inclui um conteúdo adicional sobre a reparação das áreas afetadas pelos rompimentos de barragens em Mariana e Brumadinho. Esse trecho fornece um resumo dos eventos ocorridos e das medidas tomadas, servindo como ponto de reflexão sobre a segurança e a prevenção nesse setor. (18)

2.1.4.2 Brazil Country Mining Guide 2023

É um guia feito para atrair potenciais investidores estrangeiros interessados em ingressar na indústria de mineração no Brasil. O guia fornece um “overview” completo do cenário atual brasileiro, elaborando sobre os principais minerais extraídos, as relações do setor com o governo, incentivos à mineração, acesso à infraestrutura, posicionamento global da indústria mineradora brasileira, mas não elabora muito sobre o tema da descarbonização. Ele aborda a situação do rompimento das barragens e as medidas tomadas para contenção de danos, e medidas extras de segurança adotadas após o incidente e fala da importância da descarbonização para o setor, mas não entra muito em detalhes de medidas e metas adotadas. (19)(20)

3. CONTEXTO EMPRESARIAL

3.1 VALE

A Vale do Rio Doce, também conhecida simplesmente como Vale, é uma das maiores empresas de mineração do Brasil e do mundo. Fundada em 1942, a empresa tem suas raízes na cidade de Itabira, Minas Gerais, onde começou suas atividades de extração de minério de ferro.

A região da Bacia do Rio Doce, onde a Vale tem grande presença, é rica em recursos minerais, especialmente minério de ferro, e desempenha um papel crucial na economia brasileira. A empresa tem sido um pilar fundamental para o desenvolvimento econômico do país, exportando minério de ferro e outros minerais para diversos países ao redor do mundo.

A Vale do Rio Doce também tem enfrentado desafios e controvérsias, especialmente relacionados a questões ambientais e sociais. Um dos eventos mais trágicos envolvendo a empresa foi o rompimento da barragem de rejeitos de mineração em Mariana, Minas Gerais, em novembro de 2015. Esse desastre resultou

em mortes, devastação ambiental e uma série de impactos socioeconômicos negativos na região.

A Vale S.A., anteriormente conhecida como Companhia Vale do Rio Doce (CVRD), é uma das maiores empresas de mineração diversificada nas Américas e ocupa a segunda posição no cenário global. Sua origem remonta a 1º de junho de 1942, quando foi criada pelo Governo Federal durante a gestão de Getúlio Vargas. Em um marco importante, a empresa foi privatizada em 7 de maio de 1997. Durante o processo de privatização, o Consórcio Brasil, liderado pela Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), emergiu como o vencedor do leilão, adquirindo 41,73% das ações ordinárias do Governo Federal por US\$ 3,338 bilhões. Assim, a CVRD tornou-se uma empresa privada, listada na Bolsa de Valores, com sede na cidade do Rio de Janeiro. Suas ações são transacionadas na Bovespa e no NYSE, e a empresa é parte integrante do Dow Jones Sector Titans Composite Index (OBSERVATÓRIO SOCIAL, 2006).

Após o desastre de Mariana, a empresa teve que reavaliar suas práticas de segurança, gestão ambiental e responsabilidade social corporativa. Houve um esforço significativo para melhorar os padrões de segurança das barragens e a gestão dos resíduos da mineração.

Além do minério de ferro, a Vale também está envolvida na produção de outros minerais, como níquel, cobre, carvão, alumínio, potássio e fertilizantes. A empresa possui operações e projetos em várias partes do mundo, consolidando sua posição como uma das principais empresas de mineração globais.

Ao longo dos anos, a CVRD expandiu sua atuação das regiões do Sudeste para as do Nordeste, Centro-Oeste e Norte do Brasil. Diversificou o portfólio de produtos minerais e expandiu-se para prestação de serviços logísticos. Em 64 anos de operação, tornou-se a segunda maior empresa do Brasil em volume de exportações, com quantidade inferior apenas à da Petrobras. A empresa opera em 14 estados brasileiros e em 16 países nos cinco continentes. No Brasil, está presente nos Estados do Pará, Maranhão, Tocantins, Sergipe, Bahia, Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Goiás, Mato Grosso do Sul, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Amazonas. No exterior, possui representação na África do Sul, Angola, Argentina, Austrália, Chile, China, EUA, França, Gabão, Índia, Japão, Moçambique, Mongólia, Noruega, Peru e Suíça (VALE, 2012, p.12).

No entanto, é importante destacar que o setor de mineração, incluindo a Vale, enfrenta desafios relacionados à sustentabilidade, à responsabilidade social e aos impactos ambientais. A busca por práticas mais responsáveis e sustentáveis na

indústria da mineração é um tema crucial para garantir um futuro mais equitativo e ecologicamente consciente.

Projetos de Descarbonização e Metas Futuras

A Vale está estendendo seus esforços de descarbonização em todos os ramos de operações, seja na parte de: Eficiência de Operações, por meio dos projetos Sentinela e da Transformação Digital, na parte de Eletrificação, com projetos como o PowerShift que gira em torno de duas principais iniciativas a da Locomotiva 100% elétrica e a da Bateria Bess, além da Charge On Innovation Challenge, e com Esforços gerais de Descarbonização por meio de projetos como Folha Larga e Sol do Cerrado, Brique Verde, e Ecoshipping.

Responsável por 72,4% da produção brasileira de minério de ferro em 2021, a Vale está investindo 1,6 bilhões de reais no desenvolvimento e produção de ferro gusa verde. A Tecnoredis, uma subsidiária da Vale, está focada no desenvolvimento de um processo de ferro gusa com baixa pegada de carbono, utilizando fontes de energia que emitem menos CO₂, como biomassa e hidrogênio. A planta está em fase de construção no Pará e tem previsão de iniciar suas operações em 2025, com capacidade para produzir 250.000 toneladas/ano de ferro gusa verde, podendo alcançar 500.000 toneladas até 2030. Atualmente, a Vale possui uma planta de demonstração em Pindamonhangaba (SP), com capacidade nominal de 75.000 toneladas/ano, onde foram realizados testes para desenvolver a tecnologia e avaliar sua viabilidade técnica e econômica.

No início de 2023, a Vale realizou um importante teste, a empresa anunciou a produção, pela primeira vez em escala industrial, de pelotas de alta qualidade sem utilizar carvão de antracito. Realizado em uma planta de pelotização em Vargem Grande, Minas Gerais, o teste substituiu 100% do carvão fóssil por biocarvão para queimar as pelotas. O biocarvão é um produto renovável e de emissão zero obtido pela carbonização de biomassa. Essa inovação busca reduzir as emissões de dióxido de carbono associadas à produção de pelotas, sendo esse processo uma das fontes mais intensivas em carbono da Vale. O teste inicial, que substituiu gradualmente 50% do carvão por biocarvão, resultou na produção de aproximadamente 50.000 toneladas de pelotas, sendo 15.000 toneladas utilizando 100% de biocarvão certificado. A

implementação definitiva dependerá de testes mais extensos planejados para 2023, marcando um passo importante na jornada da Vale rumo às emissões líquidas zero de escopo 1 e 2 até 2050.

- Projeto Sentinela

O projeto Sentinela é uma iniciativa destacada pela Vale, que utiliza inteligência artificial para otimizar o consumo de diesel em caminhões de transporte fora de estrada, fornecendo recomendações de velocidade eficientes para cada seção da mina. Este projeto faz parte da estratégia da Vale para melhorar a eficiência energética, um dos principais pilares em sua estratégia de descarbonização. Inicialmente implementado como um piloto em 2022 nas minas do Sistema Sul, o sucesso da solução levou à replicação em 2023 nas minas de Carajás e S11D. Além disso, a Vale está explorando soluções de eficiência energética em suas plantas de processamento de níquel no Brasil e na Indonésia, como a melhor utilização do calor residual e o aumento do escoamento de água em pilhas antes da secagem do minério.

- Transformação Digital

A Vale está passando por uma transformação digital significativa, impulsionada por projetos inovadores no âmbito da Indústria 4.0. Dentre esses projetos, destaca-se a implementação de caminhões autônomos na mina de Carajás, representando um avanço significativo para a segurança e eficiência operacional.

Os caminhões autônomos são controlados por sistemas computacionais, GPS, radares e inteligência artificial, sendo monitorados por operadores em salas de controle localizadas a uma distância segura das operações. Essa abordagem não apenas aumenta a segurança da atividade, mas também melhora a sustentabilidade, reduzindo a exposição dos funcionários a riscos, aumentando a competitividade e diminuindo as emissões de gases poluentes.

- PowerShift

A Vale em 2018 criou o programa PowerShift, cujo o principal objetivo é desenvolver tecnologias que reduzam emissões e substituam combustíveis fósseis por fontes renováveis em seus processos. Nos últimos três anos, a participação de fontes renováveis na matriz energética da empresa cresceu de 26% para 31%. A

matriz elétrica da Vale já é 90% renovável, com a meta de atingir 100% até 2025 no Brasil e até 2030 no resto do mundo. Destacam-se no programa as iniciativas da primeira locomotiva 100% elétrica na mineração brasileira e a implementação de um dos maiores sistemas de armazenamento de energia em bateria.

- Locomotiva 100% elétrica

A locomotiva de pátio de manobra 100% elétrica, fruto da parceria entre a Vale e a Progress Rail, é alimentada por bateria e representa um avanço significativo na redução das emissões de gases de efeito estufa. Ao substituir o diesel por eletricidade proveniente de fontes renováveis, o equipamento não apenas contribui para a mitigação ambiental, mas também minimiza a emissão de ruídos, proporcionando benefícios para as comunidades próximas às operações da Vale. Com as emissões ferroviárias representando cerca de 10% do total de escopo 1 e 2 da Vale, a introdução dessa locomotiva no pátio da Estrada de Ferro Vitória a Minas, na Unidade de Tubarão, marca um passo importante na busca pela sustentabilidade. Antes de entrar em operação, a locomotiva passará por testes complementares.

- Baterias BESS

A Vale está implementando no Terminal da Ilha Guaíba (TIG), no Rio de Janeiro, um dos maiores sistemas de armazenamento de energia em bateria para suprir a demanda elétrica do país. O sistema BESS (Battery Energy Storage Systems) visa reduzir em aproximadamente 20% os custos de energia do porto ao substituir o fornecimento da rede elétrica da concessionária durante os horários de pico de demanda, quando as tarifas são mais elevadas. Com uma capacidade de armazenamento de 10 megawatts-hora, o sistema é capaz de atender às necessidades de 45 mil residências por uma hora. Ele funciona por meio de baterias que têm a capacidade de armazenar energia elétrica durante períodos de baixa demanda eletroenergética, liberando-a posteriormente nos momentos de pico de demanda, otimizando assim o consumo de energia e evitando desperdício.

- Charge on Innovation Challenge

O Charge On Innovation Challenge é uma competição global para inovadores em tecnologia desenvolverem novos conceitos para sistemas de eletrificação em larga

escala de caminhões de transporte, a fim de reduzir significativamente as emissões nas operações de minas a céu aberto e desbloquear melhorias em segurança, produtividade e operações.

BHP, Rio Tinto e Vale são os Patronos Fundadores do Desafio, em parceria com a Austmine, órgão da indústria de Equipamentos, Tecnologia e Serviços de Mineração (METS) da Austrália. O Desafio deve atrair interesse adicional de empresas de recursos que possuem frotas substanciais de caminhões de transporte e buscam conceitos inovadores para fornecer eletricidade a grandes caminhões elétricos a bateria.

Os sistemas de recarga estacionária atuais demandam tempo substancial para carregar grandes caminhões, resultando em uma perda significativa de produtividade. A indústria de mineração necessita de conceitos de carregamento rápido em escala multi-megawatt capazes de fornecer cerca de 400 kWh para carregar (e impulsionar) um caminhão dentro do ciclo de transporte do caminhão (carregamento, deslocamento, descarga, retorno, fila).

A competição reflete o compromisso da indústria de mineração em liderar esforços na luta contra as mudanças climáticas, buscando soluções inovadoras para eletrificação de frotas e redução de emissões de carbono. O Desafio Charge On Innovation representa uma colaboração abrangente entre mineradoras e setores como automotivo, aeroespacial e defesa, com o objetivo de impulsionar mudanças tecnológicas significativas e promover benefícios de longo prazo tanto para a indústria quanto para o meio ambiente

- Folha Larga e Sol do Cerrado

Os projetos Folha Larga Sul e Sol do Cerrado são iniciativas da Vale na busca por fontes de energia renovável e sustentável para reduzir emissões de carbono e atingir metas climáticas.

O Folha Larga Sul é um parque eólico localizado na Bahia, com capacidade instalada de 151,2 MW, onde a Vale assinou um contrato de fornecimento de energia de longo prazo com a Casa dos Ventos. O Sol do Cerrado, por sua vez, é um dos maiores parques solares da América Latina, situado em Minas Gerais, com 766 Megawatts-pico. Ambos os projetos representam passos significativos para a Vale alcançar suas metas ambientais, contribuindo para a redução das emissões de carbono em suas operações e promovendo a transição para uma matriz energética

mais limpa. O Sol do Cerrado, em particular, será responsável por 16% de toda a energia consumida pela Vale no Brasil, desempenhando um papel fundamental na estratégia da empresa de atingir 100% de consumo de eletricidade renovável no país até 2025 e globalmente até 2030.

- Brique Verde

O "brique verde" da Vale é um produto desenvolvido ao longo de quase 20 anos, projetado para reduzir até 10% das emissões de gases do efeito estufa (GEE) na produção de aço por parte de seus clientes siderúrgicos. Composto por minério de ferro e uma solução tecnológica de aglomerantes, que inclui areia de rejeitos de mineração, o brique verde é capaz de resistir a altas temperaturas do alto forno sem se desintegrar. Seus principais pontos fortes incluem a simplificação do processo em comparação com a pelletização, flexibilidade no uso de sinter feed ou pellet feed, menor emissão de CO₂ devido à baixa temperatura de secagem, tamanho mais homogêneo, maior resistência física, baixa abrasão e geração reduzida de finos, evitando perdas durante o processo. Além disso, o brique verde contribui para a estratégia da Vale de reduzir em 15% as emissões de escopo 3 até 2035, com um compromisso absoluto de evitar a produção do equivalente à de 90 milhões de toneladas de carbono, alinhado à meta mais ampla de zerar as emissões líquidas de carbono até 2050.

- EcoShipping

EcoShipping é um programa da Vale dedicado à descarbonização da indústria de transporte marítimo. Ele visa reduzir as emissões de carbono nas operações de transporte marítimo da Vale, alinhando-se com as metas discutidas na International Maritime Organization (IMO) e no Acordo de Paris. O programa engloba diversas iniciativas e tecnologias sustentáveis para tornar as operações marítimas da Vale mais eficientes e amigáveis ao meio ambiente. Dentre as tecnologias mais notáveis desenvolvidas por esse programa, temos:

- Valemax:

Valemax é uma classe de navios desenvolvida pela Vale, caracterizada por sua capacidade de carga massiva. Esses navios têm uma capacidade de transporte de minério de ferro significativamente maior em comparação com outras classes de

navios. Eles são projetados para otimizar a logística de transporte de minério de ferro, reduzindo custos e emissões por tonelada transportada. A Vale investiu na renovação de sua frota, incorporando tecnologias inovadoras e eficientes para reduzir o impacto ambiental.

- Guaibamax:

Assim como o Valemax, o Guaibamax desempenha um papel vital na estratégia da Vale para modernizar e tornar sua frota mais eficiente. Enquanto oferece uma capacidade de carga um pouco menor, ainda contribui para a otimização do transporte de minério de ferro, oferecendo flexibilidade em termos de necessidades logísticas específicas, podendo ser empregado em rotas mais curtas ou onde a flexibilidade na capacidade de carga é mais crucial.

- Tecnologia Rotor Sail (Velas Rotativas):

A tecnologia de Rotor Sail envolve a instalação de velas cilíndricas rotativas nos navios. Essas velas capturam o vento e geram impulso adicional para a embarcação, reduzindo assim a dependência dos motores principais. Os ganhos incluem uma significativa redução no consumo de combustível, o que, por sua vez, leva a uma diminuição nas emissões de CO₂. Estima-se que essa inovação possa oferecer uma eficiência adicional de até 8%, contribuindo para metas ambientais mais ambiciosas.

- Tecnologia de Lubrificação de Ar (Air Bubble Lubrication):

A Tecnologia de Lubrificação de Ar envolve a criação de uma camada de bolhas de ar sob o casco do navio. Essas bolhas reduzem o atrito entre o casco e a água, resultando em uma significativa diminuição do consumo de combustível. Espera-se uma redução de cerca de 5 a 8% no consumo de combustível por navio, proporcionando uma diminuição correspondente nas emissões de CO₂.

A Vale, em sua busca pela descarbonização e redução de emissões, adota uma estratégia multifacetada que visa várias fontes e escopos de emissão. Pelotização e Metalurgia, responsáveis por 57% das emissões dos Escopos 1 e 2, são áreas de foco significativas. O Programa PowerShift, central para a transformação energética da Vale, visa substituir combustíveis fósseis por alternativas renováveis,

com iniciativas como locomotivas elétricas e caminhões elétricos a bateria contribuindo para uma redução de 40% nas emissões até 2030.

As emissões do Escopo 3, representando 98% da pegada de carbono da Vale, envolvem o processamento de produtos vendidos, emissões de transporte marítimo e carvão usado na geração de energia. A empresa se envolve em parcerias, buscando reduzir as emissões líquidas do Escopo 3 em 15% até 2035.

Os Mega Hubs são parte integrante da estratégia da Vale. Acordos em 2022 para desenvolver Mega Hubs na Arábia Saudita, Emirados Árabes Unidos e Omã visam produzir produtos de baixo carbono para a indústria siderúrgica. Acordos com clientes, como SHS, Nippon Steel, Valin Group, China Baowu, Jiangsu Shagang, Ternium, Posco, Kobe Steel e Mitsui & Co, visam estudar e explorar soluções para reduzir as emissões de carbono.

As iniciativas verdes incluem a produção de Briquetes Verdes, Ferro Gusa de Baixo Carbono e Pelotas de Minério de Ferro de Baixa Impureza, contribuindo para uma redução de 10% nas emissões de gases de efeito estufa na produção de aço. A Vale colabora ativamente com clientes na indústria siderúrgica para explorar e implementar tecnologias de baixo carbono. A empresa também busca fornecer briquetes verdes nos Mega Hubs, oferecendo opções sustentáveis para o setor siderúrgico.

As parcerias se estendem para melhorias em logística e uso de energia, incluindo soluções baseadas em inteligência artificial, como o Projeto Sentinela, reduzindo as emissões de CO₂ em 1.500 toneladas. O processo de eletrólise de óxido fundido da Boston Electrometallurgical Company e o desenvolvimento de embarcações com combustíveis de menor emissão contribuem para a redução de emissões. Caminhões e perfuratrizes autônomas, tecnologia Rotor Sail e tecnologia de lubrificação de ar também fortalecem o compromisso da Vale com a sustentabilidade.

Projetos de energia renovável, como Sol do Cerrado e Folha Larga, destacam os esforços da Vale na produção de energia solar e eólica. No geral, essas iniciativas, parcerias e projetos destacam a abordagem abrangente da Vale para a descarbonização em várias áreas de suas operações, alinhando-se aos objetivos globais de sustentabilidade.

3.2 AngloAmerican

A AngloAmerican é uma empresa multinacional do ramo de mineração, com sede em Londres, Reino Unido. Fundada em 1917, a empresa tem uma longa história e é uma das principais empresas globais no setor de mineração, com operações em diversos países ao redor do mundo, tendo sua origem na África do Sul. Sir Ernest Oppenheimer, um empresário e filantropo britânico-sul-africano, desempenhou um papel fundamental na formação e desenvolvimento da empresa. A AngloAmerican começou como uma empresa dedicada à exploração e mineração de ouro na África do Sul.

A principal função da AngloAmerican é a exploração, mineração e produção de uma variedade de recursos naturais, incluindo minério de ferro, carvão, metais preciosos, diamantes, cobre, níquel, platina e outros minerais.

A empresa possui operações de mineração em várias partes do mundo, incluindo África, América do Sul, América do Norte, Austrália e Europa. A AngloAmerican está envolvida em todas as etapas do ciclo de vida dos recursos naturais, desde a exploração e desenvolvimento de minas até a produção e comercialização dos produtos finais. A AngloAmerican tem uma abordagem baseada em valores que guiam suas operações e estratégias de negócios.

A empresa se compromete a operar de maneira responsável e sustentável, minimizando o impacto ambiental e contribuindo para o desenvolvimento das comunidades em que opera. A segurança é uma prioridade máxima para a AngloAmerican. Eles buscam garantir um ambiente de trabalho seguro para todos os seus funcionários e parceiros.

A AngloAmerican opera em várias regiões do mundo, com minas e projetos em países como África do Sul, Brasil, Chile, Peru, Austrália, Canadá, entre outros. Sua presença global a coloca como uma das principais empresas de mineração a nível internacional, contribuindo para o suprimento global de minerais essenciais.

Além disso, a Anglo American optou por incorporar a Avaliação Empresarial de Serviços Ecológicos (ESR) como parte integrante de sua abordagem na elaboração do estudo de viabilidade para um novo empreendimento de mineração greenfield, localizado na Bacia Amazônica brasileira. Além das avaliações ambientais tradicionais, a equipe de sustentabilidade da empresa deu um passo adiante, aplicando diversas ferramentas de avaliação de desenvolvimento sustentável

desenvolvidas pela Anglo American, como o Anglo Environmental Way (AEW) e a Caixa de Ferramentas de Avaliação Socioeconômica (SEAT). Essas abordagens foram complementadas pela utilização da ESR, proporcionando uma base sólida para a investigação de estratégias eficientes para alcançar os objetivos corporativos de sustentabilidade relacionados à energia e água (Anglo American 2013a, Anglo American 2013b).

Impulsionada pelo departamento de desenvolvimento sustentável da companhia, a equipe ESR incluiu engenheiros e analistas ambientais, gerentes do projeto Jacaré, bem como pessoal de assuntos regulatórios e comunicação. Para fazer o melhor uso do projeto piloto ESR, a Anglo American se juntou a uma iniciativa brasileira de sustentabilidade corporativa, chamada Parceria Empresarial pelos Serviços Ecossistêmicos (PESE) (ALMENDRA, 2021)

Portanto, a Anglo American é uma renomada empresa global no setor de mineração e recursos naturais, com atuação na exploração de diversos tipos de metais, incluindo metais preciosos como platina e diamantes, metais básicos como cobre, níquel, zinco e fosfatados, além de produtos a granel, como minério de ferro, manganês, aço, carvão térmico e metalúrgico. A empresa tem presença em várias regiões do mundo, abrangendo a África, Europa, América do Sul e do Norte, Austrália e Ásia, contando com aproximadamente 105.000 funcionários. Em 2008, a Anglo American registrou um lucro operacional de cerca de US\$10,1 bilhões e uma receita de US\$5,2 bilhões.

Projetos de Descarbonização e Metas Futuras

A AngloAmerican está estendendo seus esforços de descarbonização em todos os ramos de operações, seja na parte de: Eficiência de Operações, por meio dos projetos FutureSmart Mining, Concentrating Mining, Bulk Sorting, na parte de Matrizes Energéticas, já está fazendo a transição para 100% de energia elétrica vindo de fontes renováveis no país.

Responsável por 5,3% da produção brasileira de minério de ferro em 2021. Apesar de exportar 100% da sua produção de minério de ferro e não produzir aço, a organização está empenhada em promover a descarbonização de suas operações no Brasil. Para alcançar esse objetivo, está explorando alternativas aos combustíveis

fósseis, realizando uma transição completa de sua matriz energética, estabelecendo parcerias em pesquisa e desenvolvimento e inovação, e promovendo uma mudança cultural em toda a sua cadeia de valor.

Uma das principais iniciativas da empresa é a transição para a eletricidade renovável, visando assegurar que 100% de sua operação seja alimentada por fontes de energia limpa. Atualmente, a Anglo American Brasil mantém três contratos de fornecimento de energia limpa, totalizando 2.058,2 GWh/ano. Um desses contratos envolve uma parceria com a Casa dos Ventos para a aquisição conjunta do Parque Eólico Rio dos Ventos, um dos maiores do mundo, que continuará produzindo energia até 2041.

Além disso, a Anglo American está investindo aproximadamente R\$ 25 milhões em iniciativas de inovação aberta no Brasil até 2026, com foco na pesquisa, desenvolvimento e execução de projetos inovadores em parceria com startups. A empresa mantém um orçamento dedicado exclusivamente a essa área, colaborando com hubs de inovação, como o Mining Hub, e centros de P&D para trazer soluções inovadoras para seus desafios operacionais.

Atualmente, a Anglo American mantém relações comerciais diretas com 20 startups, desenvolvidas ao longo de 10 ciclos de aceleração. Um exemplo de colaboração bem-sucedida foi com a startup Konker Labs, que ajudou a resolver o desafio de medir a massa da pilha de minério em tempo real por meio da atenuação de múons (partículas elementares) da radiação cósmica. Essa solução foi desenvolvida no Mining Hub.

A empresa busca inovações em quatro conceitos-chave para o futuro da mineração: Mina Concentrada, Mina Sem Água, Mina Moderna e Mina Inteligente. Isso inclui tecnologias para lavrar minerais de forma mais eficiente, reduzir o uso de água, melhorar a segurança e a automação e transformar dados em inteligência preditiva.

- FutureSmart Mining

A abordagem FutureSmart Mining™ da Anglo American é uma estratégia inovadora que visa transformar a indústria da mineração por meio da integração de tecnologia, digitalização e sustentabilidade. Essa iniciativa busca reduzir o impacto ambiental da mineração e colaborar para a neutralidade de carbono. No centro dessa estratégia estão as tecnologias revolucionárias que

estão sendo desenvolvidas para redefinir a forma como a mineração é realizada. Uma das tecnologias-chave é o sistema de transporte de minério com emissões zero, conhecido como NuGe Zero Emission Haulage System. Esse sistema utiliza veículos autônomos, provavelmente movidos a bateria, e tem o potencial de reduzir significativamente os custos operacionais, melhorar a eficiência e minimizar o consumo de energia em comparação com os caminhões de mineração convencionais.

A Anglo American também está explorando o uso de micro-ondas para enfraquecer minérios, tornando-os mais fáceis de cortar e processar. Essa abordagem promete acelerar as taxas de mineração, permitindo um acesso mais rápido aos corpos de minério.

Além disso, a empresa está desenvolvendo tecnologias de logística inteligente que têm o potencial de revolucionar o movimento de materiais em minas, tornando-o mais eficiente e escalável.

- Concentrating Mining

O conceito Concentrating Mining da Anglo American integra três tecnologias habilitadoras com o potencial de aumentar significativamente a produção nas operações sem um aumento correspondente nos custos operacionais e de capital, ao mesmo tempo em que reduz consideravelmente o consumo de energia e água.

- Fragmentação Avançada:

Desenvolvida em parceria com a Universidade de Queensland, essa tecnologia utiliza novas técnicas de explosão para aumentar a capacidade da planta e minimizar os custos de processamento. O destaque dessa abordagem é a capacidade de realizar explosões que geram fragmentos de minério finos, permitindo um maior volume de material a ser processado nas usinas, resultando em aumento da produção. Além disso, essa técnica é mais eficiente em termos de energia, uma vez que permite a redução da quantidade de rochas submetidas à moagem de alta energia. Isso resulta em menor desperdício de energia em forma de calor e vibração, entre outros fatores, tornando o processo mais sustentável.

- Classificação em Massa:

A Anglo American está explorando métodos de pré-concentração, como peneiramento e classificação, para separar eficientemente o minério do material indesejado antes de entrar no processo de cominuição. A classificação em massa utiliza sensores para remover o material inútil, com base na qualidade, de uma esteira transportadora totalmente carregada. Isso resulta no aumento do teor do minério, redução dos custos de processamento e menor consumo de água e energia. Essa abordagem é mais simples, econômica e tem um menor impacto ambiental em comparação com as tecnologias de classificação de partículas individuais disponíveis atualmente.

- Recuperação de Partículas Grosseiras (CPR):

O CPR foi desenvolvido para complementar as tecnologias de fragmentação avançada e rejeição de material indesejado. Essa tecnologia combina flotação de partículas grosseiras e empilhamento a seco, permitindo a flotação de partículas duas a três vezes maiores do que o normal. Isso oferece duas principais vantagens: menor consumo de energia e maior taxa de produção. Além disso, o CPR permite a extração eficiente de água do processo, resultando em material de rejeito seco e empilhável. A principal dificuldade na indústria tem sido processar partículas extremamente grossas que geralmente são grandes demais para flutuar. A Anglo American está trabalhando em parceria com grandes empresas químicas para desenvolver técnicas que permitam a recuperação desses metais anteriormente considerados irre recuperáveis. O CPR tem potencial para reutilizar até 80% da água do processo, abordando um dos maiores problemas de perda de água em operações de mineração.

Em resumo, o conceito Concentrating Mining da Anglo American visa melhorar significativamente a eficiência das operações de mineração, reduzir custos, minimizar o impacto ambiental e otimizar a utilização de recursos por meio da implementação dessas três tecnologias inovadoras. Esses avanços estão alinhados com o compromisso da empresa com práticas de mineração sustentáveis e responsáveis.

Abordagem para Descarbonização: Estratégias Inovadoras e Colaboração Integral

Escopo 1: Programa FutureSmart Mining

A Anglo American adota o programa FutureSmart Mining como uma abordagem central para reduzir significativamente as emissões do Escopo 1. O foco nas tecnologias de baixa e zero emissões, especialmente na captura de metano, representa um avanço inovador. A criação do maior caminhão basculante do mundo movido a células de combustível de hidrogênio exemplifica o compromisso com soluções disruptivas para enfrentar desafios ambientais.

Escopo 2: Eficiência Energética e Fontes Renováveis

Para enfrentar as emissões do Escopo 2, a Anglo American adota uma abordagem dual. Primeiramente, busca reduzir o consumo de energia por meio das tecnologias FutureSmart Mining, focando na eficiência energética. Em paralelo, aumenta a proporção de energia renovável em sua matriz energética, com a matriz brasileira já alcançando 100% de fontes renováveis. Essa combinação de eficiência e transição para energias limpas destaca uma abordagem holística para reduzir as emissões indiretas.

Escopo 3: Compreensão, Redução e Colaboração

No Escopo 3, a Anglo American destaca a importância de compreender as fontes de emissões e identificar estratégias eficazes para reduzi-las. A ênfase na colaboração com clientes, participantes da indústria e outras entidades ressalta a abordagem abrangente da empresa na busca pela sustentabilidade. Essa postura colaborativa não apenas demonstra responsabilidade ambiental, mas também reconhece a interdependência de todas as partes envolvidas na cadeia de valor.

Metas até 2030:

Até 2030, a Anglo American se compromete a melhorar em 30% a eficiência energética e reduzir em 30% as emissões de gases de efeito estufa (GEE) em comparação com a base de 2016. O objetivo inclui a busca da neutralidade de carbono em oito ativos, representando um avanço significativo em direção à sustentabilidade

global. A unidade Minas-Rio, no Brasil, tem como meta alcançar a neutralidade de carbono até 2030, antecipando-se à meta global em uma década. Essa ambição demonstra um compromisso robusto com a transição para práticas operacionais mais sustentáveis no contexto brasileiro.

Metas até 2040:

A Anglo American estabelece como objetivo alcançar a neutralidade de carbono em todas as operações relacionadas aos Escopos 1 e 2 até 2040. Essa meta reflete um compromisso amplo e integral com a descarbonização em todas as instâncias operacionais. Ela também visa uma redução expressiva de 50% nas emissões relacionadas ao Escopo 3 até 2040. Esse compromisso demonstra a compreensão da importância de abordar não apenas as emissões diretas, mas também aquelas associadas à cadeia de valor, enfatizando a responsabilidade ambiental em toda a operação.

3.3 CSN Mineração

A CSN Mineração é uma empresa brasileira que desempenha um papel fundamental na indústria de mineração e siderurgia do país. Fundada em 2003, a empresa faz parte do Grupo CSN (Companhia Siderúrgica Nacional), um dos maiores grupos industriais do Brasil. A CSN Mineração tem se destacado ao longo dos anos como um dos principais players do setor mineral no país e é conhecida por sua atuação em diversas áreas, incluindo a exploração de minério de ferro, a produção de aço e a logística associada a essas operações.

- História e Evolução

A história da CSN Mineração está intimamente ligada à expansão e diversificação do Grupo CSN. Inicialmente, a empresa era conhecida como Casa de Pedra Mineração e fazia parte da estratégia da CSN de garantir o fornecimento de minério de ferro para suas operações siderúrgicas. Com o tempo, a CSN Mineração ampliou suas operações, adquirindo novos ativos e explorando depósitos de minério de ferro em diferentes regiões do Brasil.

Uma das aquisições mais significativas da empresa foi a Mina de Congonhas, localizada em Minas Gerais, que se tornou um dos ativos mais importantes da CSN Mineração. Além disso, a empresa adquiriu direitos de exploração em outras áreas do Brasil, consolidando sua presença no mercado nacional de mineração.

- Ativos e Operações

A CSN Mineração possui diversos ativos de minério de ferro distribuídos por várias regiões do Brasil. Além da Mina de Congonhas, a empresa opera a Mina Casa de Pedra, a Mina Engenho, a Mina Pires e a Mina de Nacional, todos esses ativos estrategicamente localizados para atender às demandas da indústria siderúrgica brasileira.

A empresa se destaca por sua infraestrutura logística bem desenvolvida, que inclui ferrovias e portos próprios. Isso permite que a CSN Mineração transporte seu minério de ferro de forma eficiente das minas até os portos de exportação, atendendo tanto ao mercado interno quanto ao mercado internacional.

- **Sustentabilidade e Responsabilidade Social**

A CSN Mineração tem se esforçado para operar de forma sustentável e responsável. Como parte de suas operações, a empresa busca minimizar os impactos ambientais e sociais, implementando práticas de mineração responsável e promovendo o desenvolvimento das comunidades locais.

A empresa também está comprometida com a segurança de seus funcionários e implementa rigorosos protocolos de segurança para garantir um ambiente de trabalho seguro em todas as suas operações.

- **Visão Futura**

A CSN Mineração continua a ser uma empresa de destaque no setor mineral brasileiro, com planos de expansão e investimentos em curso. A empresa busca aumentar sua capacidade de produção e explorar novas oportunidades de negócios na área de mineração. Além disso, a CSN Mineração está atenta às tendências globais de sustentabilidade e responsabilidade ambiental, buscando aprimorar suas práticas operacionais para atender às demandas crescentes por mineração responsável e sustentável.

Em resumo, a CSN Mineração é uma empresa de destaque na indústria de mineração brasileira, com uma história sólida, ativos estratégicos e um compromisso com a sustentabilidade e a responsabilidade social. À medida que a demanda por minério de ferro e produtos siderúrgicos continua a crescer, a CSN Mineração está bem posicionada para desempenhar um papel fundamental no fornecimento desses recursos essenciais para a economia brasileira e global.

Projetos de Descarbonização e Metas Futuras

A CSN Mineração está estendendo seus esforços de descarbonização em todos os ramos de operações, seja na parte de: Eficiência de Operações, por meio do projeto CSN Inova Open, CSN Inova Ventures, Caminhões Autônomos, na parte de Eletrificação, por meio de 100% da energia elétrica utilizada é de fontes renováveis e

Caminhões de carga elétricos, e com Esforços gerais de Descarbonização por meio de projetos como CSN Inova Bridge, CSN Inova Tech, UltimateCell Continuous Combustion.

Responsável por 7,8% da produção brasileira de minério de ferro em 2021, já é 100% autossuficiente em geração de energia e abastece 100% da sua necessidade energética com fontes renováveis.

Além disso, a CSN Mineração está implementando diversas tecnologias inovadoras em toda a sua cadeia produtiva para melhorar a eficiência no consumo de água. Em 2021, alcançou uma redução significativa de 9% na captação de água em comparação com 2019, o que representa uma economia de impressionantes 9,9 milhões de metros cúbicos de água.

Outro marco importante é sua liderança no desenvolvimento e aplicação pioneira da tecnologia de disposição a seco de resíduos gerados na produção de minério de ferro. Essa abordagem inovadora não apenas contribui para o maior reaproveitamento de água, mas também resulta na recuperação de quase 700 mil toneladas de minério que, de outra forma, seriam descartadas como resíduos, além de tornar a companhia 100% livre do uso de barragens de rejeitos, destacando o compromisso ambiental e a eficiência da empresa. Adicionalmente, a empresa está substituindo mais de 200 veículos leves movidos a combustíveis fósseis por veículos elétricos nos próximos quatro anos, consolidando ainda mais seus esforços em direção à sustentabilidade. E como medida de redução da pegada de carbono do escopo 3, eles estão desenvolvendo um minério de ferro de altíssima qualidade com 67% de teor de ferro que além de diminuir o consumo de energia, e por consequência emissão de carbono, de terceiros, vai aumentar a qualidade do produto final.

CSN InovaOpen

O CSN Inova é uma plataforma de inovação que impulsiona a transformação dos negócios do Grupo CSN em direção a uma gestão mais focada no ESG (Ambiental, Social e Governança). Eles trabalham em quatro pilares principais, concentrando-se em desafios internos, executando projetos piloto e colaborando com inovação aberta. Seu objetivo é encontrar soluções e tecnologias que aumentem a eficiência e a produtividade, com ênfase na indústria 4.0, novos materiais, descarbonização, digitalização e economia circular. A missão é posicionar estrategicamente o Grupo CSN no ecossistema

de inovação para garantir a sustentabilidade operacional. O CSN Inova aborda desafios estratégicos, motiva-se a resolver problemas de alto impacto socioambiental e utiliza uma metodologia de gestão de inovação para implementar soluções mensuráveis em escala. Em resumo, o Inova Open da CSN visa alinhar a inovação com os princípios ESG para melhorar o desempenho e a responsabilidade corporativa.

CSN InovaVenture

A Inova Ventures visa apoiar tecnologias disruptivas com alto potencial de crescimento. Este projeto tem como objetivo catalisar a transformação dos negócios da CSN em direção a uma gestão mais focada no ESG (Ambiente, Social e Governança) e na inovação.

A Inova Ventures atua em três principais verticais:

- **Transição ESG:** Investe em soluções que abordam os desafios de sustentabilidade e as metas socioambientais do Grupo CSN. Isso inclui iniciativas relacionadas a questões ambientais, sociais e de governança.
- **Indústria do Futuro:** Concentra-se em tecnologias que podem ser aplicadas em diferentes etapas da cadeia industrial, com ênfase na adoção de novas rotas de processo, novos materiais, aumento da eficiência e digitalização das operações.
- **Corporativo e Novos Negócios:** Busca inovações que agreguem valor às áreas de suporte do Grupo CSN, ao mesmo tempo que explora oportunidades de investimento em negócios adjacentes que complementem a oferta da CSN.

Através deste projeto, a CSN não apenas fornece capital, mas também apoia as empresas investidas no desenvolvimento e na escalabilidade de suas soluções, colaborando para que atinjam todo o seu potencial.

Duas empresas nas quais a Inova Ventures investiu são a 1s1 Energy e a H2Pro. A 1s1 Energy desenvolve componentes para a cadeia de valor do hidrogênio, focando em inovação de materiais para eletrólise e componentes de células de combustível. Por sua vez, a H2Pro é especializada na produção eficiente de hidrogênio verde, utilizando uma tecnologia chamada E-TAC, que separa a geração de hidrogênio e oxigênio em duas etapas consecutivas, tornando o processo mais eficiente e seguro.

- Caminhões Autônomos

O projeto de caminhões autônomos na CSN Mineração auxilia na descarbonização de suas operações ao reduzir significativamente o uso de combustíveis fósseis. Em 2021, a empresa iniciou a implementação de equipamentos autônomos, incluindo tratores de esteira e perfuratrizes, operados de forma remota ou semi remota. Isso faz parte de um plano que se estenderá pelos próximos seis anos para expandir o uso dessas tecnologias em larga escala.

Um avanço importante foi a parceria com um fornecedor internacional de caminhões de mineração elétricos movidos a bateria. Os primeiros caminhões com capacidade para 60 toneladas começaram a ser testados em 2022 na Mina Casa de Pedra, eliminando completamente o uso de combustíveis fósseis. Essa transição para veículos elétricos é fundamental para aumentar a eficiência operacional e reduzir as emissões diretas de gases de efeito estufa, contribuindo significativamente para a descarbonização das operações de mineração da empresa.

- CSN InovaBridge

A CSN Inova Bridge desempenha um papel fundamental na gestão integrada da estratégia de inovação ESG (Ambiental, Social e Governança) do Grupo CSN. Ela atua como uma ligação entre o Comitê ESG e as iniciativas de inovação relacionadas aos temas materiais da empresa. A sua motivação central é garantir a perenidade das operações do Grupo CSN e promover a evolução do seu propósito de desenvolvimento.

A importância da CSN Inova Bridge reside em sua capacidade de facilitar a transição e a transformação do Grupo CSN em direção a uma abordagem mais sustentável e focada no ESG. Isso envolve a gestão de impacto socioambiental, inovação social, estratégia de comunicação ESG e engajamento com partes interessadas.

O Comitê ESG do Grupo CSN, composto pela alta liderança, utiliza ferramentas de inovação fornecidas pela CSN Inova para analisar e abordar riscos e oportunidades de maneira sistêmica e participativa, com base na matriz de materialidade de sustentabilidade da empresa. A CSN Inova Bridge

desempenha um papel intermediário na ativação de recursos e na conexão com o ecossistema de inovação social.

- CSN InovaTech

A CSN Inova Tech concentra-se no desenvolvimento e implementação de novos produtos e rotas tecnológicas, bem como no monitoramento de tendências. Seu principal objetivo é promover mudanças em produtos e processos na CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) com uma perspectiva inovadora, buscando mapear novas tecnologias que contribuam para um futuro sustentável.

As áreas de atuação da CSN Inova Tech incluem:

Radar de Tendências: Monitoramento e identificação de tendências tecnológicas relevantes para a CSN.

Relacionamento com Centros de Pesquisas: Colaboração com instituições de pesquisa para avançar na jornada de descarbonização e desenvolver soluções inovadoras.

Desenvolvimento de Novos Produtos e Rotas Tecnológicas: Foco na criação de produtos e processos inovadores que agreguem valor às operações da CSN.

Além disso, a CSN Inova Tech desempenha um papel crucial na melhoria da performance ambiental da CSN Mineração S.A. Por meio de projetos que permitem a recirculação e reaproveitamento de água, a empresa busca reduzir seu impacto ambiental. Um exemplo notável é a decisão pioneira de empilhar a seco os rejeitos gerados no processo de produção de minério de ferro, tornando-se 100% independente do uso de barragens de rejeitos desde janeiro de 2020. A empresa também realiza investimentos para descaracterizar as estruturas de barragens existentes e busca novas soluções, como a concentração magnética, para rebeneficiar os rejeitos nelas contidos.

A CSN Inova Tech se envolve em iniciativas de reaproveitamento de resíduos, como o reaproveitamento do pó de Despoeiramento do Forno Elétrico a Arco (FEA) na fabricação de briquetes metálicos, contribuindo para a eficiência e sustentabilidade dos processos da empresa.

- Ultimate Cell® Continuous Combustion

A Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) iniciou um projeto piloto com a tecnologia da empresa portuguesa UTIS, chamada de Ultimate Cell® Continuous Combustion (UC3), com o objetivo de reduzir o consumo de combustíveis fósseis e as emissões de CO₂ em sua planta de aço em Volta Redonda, Rio de Janeiro. Esta é a primeira aplicação da UC3 em uma usina siderúrgica e faz parte dos esforços da CSN para atender às metas de redução de gases de efeito estufa e cumprir os padrões ambientais.

A UC3 é uma tecnologia desenvolvida pela UTIS que já mostrou resultados positivos em plantas de cimento, combustão de resíduos sólidos e biomassa. Ela permite a utilização de hidrogênio verde em processos industriais, substituindo parcialmente o uso de combustíveis fósseis. A tecnologia foi implantada em uma fábrica de cimento da CSN, resultando em uma redução de 12 quilogramas de CO₂ por tonelada de cimento produzido.

A CSN está buscando reduzir o uso de combustíveis fósseis, como coque de petróleo e carvão metalúrgico, além de gás natural, tanto por motivos ambientais quanto para economizar custos, já que esses materiais são importados e negociados em dólares.

A tecnologia UC3 será implementada em várias áreas da planta da CSN em Volta Redonda, incluindo o alto-forno, gases de produção de aço, sinterização e laminação a quente. O objetivo é começar a injetar hidrogênio verde controladamente na segunda metade do ano. A tecnologia envolve o uso de eletrolisadores que produzem hidrogênio verde a partir de eletricidade renovável e água.

A CSN está comprometida em atingir suas metas de redução de CO₂ até 2030, antecipando o cronograma da indústria. A tecnologia UC3 da UTIS desempenhará um papel importante nesse esforço, permitindo a transição para fontes de energia mais limpas e a redução das emissões de carbono.

Metas de Descarbonização

Metas até 2025

Implementar em larga escala a produção de ferro de alta qualidade, visando reduzir as emissões do escopo 3.

Metas até 2027

Desenvolver uma infraestrutura abrangente para suportar a implementação em larga escala de equipamentos autônomos e a eletrificação da frota de veículos, contribuindo para combater as emissões do escopo 1.

Metas até 2035

Redução de 30% das emissões de CO₂ nas operações e a diminuição em 30% das emissões de CO₂ por tonelada de mineral produzido, impactando as emissões dos escopos 1 e 2.

Metas até 2044

Atingir o patamar de Carbon NetZero para os escopos 1 e 2.

3.4 Usiminas

A Usiminas, ou Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais S.A., é uma das maiores e mais significativas empresas siderúrgicas do Brasil. Fundada em 25 de abril de 1956, a partir de um consórcio entre o governo brasileiro e a iniciativa privada, a empresa tornou-se um ícone da indústria brasileira e desempenhou um papel crucial no desenvolvimento econômico e industrial do país.

A história da Usiminas começa com a visão de líderes políticos e empresariais que perceberam a importância de desenvolver a indústria siderúrgica no Brasil. A construção da usina siderúrgica foi um marco significativo, pois permitiu a produção nacional de aço, antes dependente de importações.

A Usiminas foi constituída por um consórcio que incluía o governo brasileiro, a belga Cockerill Sambre e a japonesa Nippon Steel. A empresa foi concebida como uma maneira de desenvolver a indústria nacional e garantir o abastecimento de aço para a economia brasileira em crescimento.

É uma empresa integrada, envolvida em toda a cadeia de produção de aço, desde a extração de minério de ferro até a fabricação de produtos siderúrgicos acabados. Suas atividades incluem a produção de aço bruto, aço laminado a quente e a frio, produtos planos e longos, além de atuar também em mineração e logística. A empresa possui plantas industriais localizadas em Ipatinga e Cubatão, ambas fundamentais para suas operações. Essas instalações são equipadas com tecnologia de ponta e processos eficientes que garantem a produção de aço de alta qualidade para atender às demandas do mercado.

A Usiminas tem um forte compromisso com a inovação e a tecnologia. Investe significativamente em pesquisa e desenvolvimento para melhorar seus processos, aumentar a eficiência e criar produtos mais avançados. A empresa busca constantemente soluções inovadoras para enfrentar os desafios do setor siderúrgico, incluindo a busca pela sustentabilidade e a redução do impacto ambiental de suas operações.

A Usiminas nasceu legalmente em 25 de abril de 1956. Com um capital de Cr\$ 5.860,00, subscrito por empresas privadas, entidades de classe, organizações universitárias e profissionais autônomos, a siderúrgica teve como primeiro presidente Lídio Lunardi, o então comandante da FIEMG – Federação das Indústrias de Minas Gerais. Depois de constituída, o objetivo da empresa passou a ser despertar o interesse de parceiros industriais externos dispostos a financiar o maquinário siderúrgico. Inglaterra, Alemanha, França e Estados

Unidos eram tradicionalmente os fabricantes desses equipamentos. Entre as siderúrgicas nacionais, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN) absorvera a tecnologia norte-americana e a Companhia Siderúrgica Paulista (Cosipa) buscava na escola europeia os fornecedores das máquinas de processamento do aço (ALVES, *et al*, 2009, p.10)

Além de sua contribuição econômica e industrial, a Usiminas tem um papel fundamental na geração de empregos e desenvolvimento das comunidades onde está presente. A empresa investe em programas sociais, educação, saúde e sustentabilidade, demonstrando um compromisso com o bem-estar das pessoas e o desenvolvimento sustentável das regiões em que atua.

Desafios e Futuro: Como toda grande empresa, a Usiminas enfrenta desafios, incluindo a concorrência global, as flutuações do mercado de commodities e a necessidade de se adaptar a mudanças tecnológicas e ambientais. O futuro da Usiminas dependerá de sua capacidade de inovação, eficiência operacional, foco em sustentabilidade e adaptação às demandas do mercado global.

Sintetizando, a Usiminas representa uma parte fundamental da história industrial e econômica do Brasil, e sua trajetória reflete o desenvolvimento do país e sua busca contínua por excelência no setor siderúrgico. A empresa continua a evoluir, enfrentando desafios e buscando oportunidades para contribuir positivamente para o futuro da indústria e da sociedade brasileira.

No contexto de garantir a continuidade administrativa e evitar influências políticas indesejadas, a Usiminas estabeleceu uma estrutura interna que restringia as ações daqueles designados para cargos de direção que não faziam parte de seu quadro funcional. O organograma da empresa incluía a função de superintendente geral, que se situava logo abaixo do cargo de diretor. Sob a alçada desta superintendência geral, estavam os demais superintendentes das respectivas áreas. O perfil técnico desse superintendente lhe conferia a capacidade de resolver as questões específicas de cada setor, deixando ao diretor indicado um papel primariamente simbólico.

Mais de 90% do corpo funcional da usina siderúrgica possui algum grau de parentesco, evidenciando uma dinâmica que se assemelha a uma empresa de caráter familiar. A marca do "paternalismo" ainda está presente na organização desde a seleção dos futuros membros. Durante o processo de recrutamento, há uma clara intenção de atrair indivíduos que não possuam histórico prévio de emprego na empresa. Dentro do grupo dos chamados "iniciantes", são favorecidos, em condições

iguais, aqueles que possuem laços de parentesco com os funcionários. É comum os pais solicitarem diretamente às lideranças oportunidades de emprego para seus filhos em idade apta para o trabalho. Nesse cenário, o pai faz a solicitação, o gerente recomenda, e o candidato tem a responsabilidade de ser aprovado no processo seletivo. Essa cultura de afinidade familiar acaba fortalecendo os valores associados ao núcleo familiar.

Projetos de Descarbonização e Metas Futuras

A Usiminas está estendendo seus esforços de descarbonização em todos os ramos de operações, seja na parte de: Eficiência de Operações, por meio do projeto InovaAI Program,, na parte de Matrizes Energéticas, por meio da produção de energia solar e a adoção de vans e ônibus elétricos, e com Esforços Gerais de Descarbonização por meio de projetos como WayCarbon partnership, GHG Inventories, Environmental Monitoring Center e Iniciativas Verdes

Responsável por 2,1% da produção brasileira de minério de ferro em 2021, a Usiminas começou recentemente sua agenda de descarbonização, começando com planos de adquirir fontes de energia renovável. Além disso, ela está ativamente explorando formas de substituir o carvão mineral pelo carvão vegetal na produção de aço, afim de aumentar seus esforços para descarbonização e começar a produção de aço verde.

- **InovaAí**

O programa InovaAí é uma plataforma de inovação desenvolvida pela Usiminas com o objetivo de impulsionar soluções inovadoras e promover uma mudança de mentalidade dentro da empresa. Ele visa conectar a Usiminas a diversos parceiros e oferecer ferramentas e conhecimento aos colaboradores para fomentar a execução de ideias criativas

Através do InovaAí, a Usiminas busca manter sua posição pioneira na produção de aço e gerar resultados sustentáveis. A Gerência Corporativa de Inovação,

responsável por esta iniciativa, desenvolve ações específicas, como o programa InovaAí Ideias, que capacita os profissionais da empresa em temas de inovação e tendências, indo além da teoria para aplicar a inovação na prática.

Dessa forma, o programa InovaAí não apenas impulsiona a inovação na Usiminas, mas também contribui para a sustentabilidade ao promover uma cultura de inovação que pode resultar em soluções mais eficientes e sustentáveis em processos industriais, incluindo práticas e tecnologias mais amigáveis ao meio ambiente.

- InventárioGHC

A Usiminas iniciou o processo de asseguuração do inventário de emissões de gases de efeito estufa de acordo com a norma ISO 14.064 e formalizou a sua participação no Carbon Project Disclosure (CDP) e no Programa Brasileiro GHG Protocol. Foram identificados avanços significativos na aderência das recomendações do Task Force on Climate-related Financial Disclosures (TCFD). Para 2022, a Companhia apresentou como metas públicas a expansão do inventário de emissões de gases de efeito estufa para as unidades de Mineração e Soluções e o engajamento de 75% dos Fornecedores Críticos para Escopo 3, de acordo com a metodologia da World Steel Association (WSA).

A Usiminas Siderurgia realizou o Inventário de Emissão de Gases de Efeito Estufa de acordo com norma ISO 14.064, reconhecido pelo GHG Protocol com Selo Ouro. No Carbon Disclosure Project (CDP), a empresa atingiu a nota C em 2021. Com o suporte de empresa especializada WayCarbon, a Companhia deu início à identificação de oportunidades de redução de emissões de curto, médio e longo prazo dentro de um plano de descarbonização das operações

- Controle de Monitoramento Ambiental

A Central de Monitoramento Ambiental da Usiminas é uma iniciativa pioneira no Brasil, sendo a primeira empresa do país a instalar, de forma proativa, um sistema de ponta para monitorar as emissões difusas de material particulado. Esta central reúne em um único local o acompanhamento das emissões atmosféricas resultantes do processo produtivo, juntamente com os resultados obtidos pelas redes de monitoramento de qualidade do ar e partículas sedimentáveis mantidas pela empresa.

Com uma equipe dedicada operando em turnos para garantir monitoramento contínuo 24 horas por dia, sete dias por semana, a central permite não apenas a inspeção das chaminés e de toda a unidade com base nos dados coletados pela nova rede interna, mas também a tomada de ações imediatas em caso de ocorrências fora do padrão.

Além disso, a Central de Monitoramento Ambiental possibilita o acompanhamento em tempo real da qualidade do ar, das condições meteorológicas e da deposição de partículas sedimentáveis na cidade. Essa iniciativa está alinhada com os objetivos sustentáveis das operações, refletindo o compromisso da Usiminas com práticas ambientalmente responsáveis e a busca pela redução do impacto ambiental de suas atividades.

- Iniciativas Verdes

A Usiminas é uma empresa que se destaca por sua forte atuação em projetos de responsabilidade ambiental e sustentabilidade. Dentre essas iniciativas, o "Cinturão Verde" se destaca como uma ação pioneira que teve início nos primeiros anos de operação da empresa em Ipatinga. Esse projeto abrange quase 400 hectares de área verde e se estende por 11 bairros da cidade, tendo como principal objetivo a formação de barreiras naturais para mitigar o impacto das atividades produtivas da Usiminas.

Uma das grandes vantagens desse programa é a promoção da revegetação de encostas urbanas, o que desempenha um papel crucial na redução da erosão do solo. Além disso, o plantio de árvores e vegetação contribui significativamente para a melhoria das condições microclimáticas da região, tornando o ambiente mais agradável e saudável para os moradores locais.

Além do "Cinturão Verde", a Usiminas também mantém um compromisso sólido com a conservação ambiental em outras frentes. A empresa dedica cerca de 3 mil hectares a áreas preservadas e tem se empenhado na recuperação de matas ciliares, resultando na recuperação de mais de 20 km de mata ciliar até o momento. Outro destaque é o programa de reflorestamento, que já contempla mais de 240 hectares de área reflorestada.

No que diz respeito à gestão da água, a Usiminas reconhece a importância desse recurso como insumo essencial e estratégico. A empresa tem se concentrado na redução do consumo de água e no seu reaproveitamento. Grande

parte da água utilizada é direcionada para centros de recirculação, onde passa por processos de tratamento para possibilitar o seu reuso. Uma parcela menor é devolvida aos rios após ser devidamente tratada. A Usiminas capta água de fontes como rios próximos às suas instalações e poços tubulares profundos, sempre em conformidade com as regulamentações ambientais.

Em média, as usinas siderúrgicas da Usiminas atingem um índice de recirculação de água doce de aproximadamente 95%, resultado dos esforços internos voltados para maximizar o reaproveitamento das águas utilizadas e promover um uso racional desse recurso vital. Essas iniciativas refletem o compromisso da Usiminas com a sustentabilidade e a preservação do meio ambiente, demonstrando que é possível conciliar a produção industrial com a responsabilidade ambiental.

Abordagem para Descarbonização: Modernização e Eficiência

Escopo 1: Modernização Tecnológica

A empresa concentra esforços na modernização de suas indústrias, priorizando a eficiência das emissões. O estudo em andamento sobre a adoção de novas tecnologias, como Auto Redução, Eletrólise e Hidrogênio, destaca uma abordagem proativa na busca por métodos inovadores para redução de emissões diretas.

Escopo 2: Projetos de Eficiência Energética

A empresa demonstra um compromisso com a eficiência energética por meio de projetos específicos. O Acordo de Compra de Energia (PPA) com a Canadian Solar, a ser implementado a partir de 2025, evidencia a busca por fontes de energia mais limpas. Essa iniciativa não apenas destaca a preocupação ambiental, mas também reforça a importância de parcerias estratégicas na transição para fontes mais sustentáveis.

Metas para a Descarbonização:

Até 2025: Aumento Significativo de Fontes Renováveis

A empresa visa atingir uma parcela significativa de 12% do consumo total de energia proveniente de fontes renováveis até 2025. Esse compromisso demonstra um avanço sólido em direção a uma matriz energética mais sustentável, destacando a busca por alternativas limpas e renováveis para atender às demandas operacionais.

Até 2030: Aumento Expressivo em Fontes Renováveis

A empresa estabelece metas ambiciosas alinhadas com a Agenda 2030, relacionada aos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS). Projetos de recuperação de áreas verdes em cinco locais distintos, somados ao plantio de 12.500 mudas de plantas, evidenciam uma abordagem tangível para promover práticas sustentáveis. Além disso, a meta de aumentar a participação de fontes renováveis para 34% até 2030 reforça o compromisso de longo prazo da empresa com a transição para uma economia de baixo carbono.

Até 2050: Neutralidade de Carbono para Escopos 1 e 2

A empresa estabelece uma meta ambiciosa de alcançar a neutralidade de carbono para os escopos 1 e 2 até 2050. Esse compromisso reflete uma visão de longo prazo para reduzir significativamente as emissões diretas e indiretas, sinalizando um compromisso integral com a descarbonização.

3.5 Vallourec

A Vallourec é uma empresa multinacional francesa especializada na produção de tubos de aço sem costura utilizados principalmente nas indústrias de petróleo, gás, energia, e outras aplicações industriais. Fundada em 1899, a Vallourec tem uma presença global e é reconhecida como uma das líderes mundiais na produção de tubos de aço.

A empresa tem suas raízes na cidade de Valenciennes, França, onde foi fundada. Ao longo dos anos, a Vallourec expandiu suas operações e adquiriu outras empresas para aumentar sua capacidade de produção e ampliar sua presença global. Ela tem fábricas e operações em diversos países ao redor do mundo, incluindo França, Brasil, Alemanha, Estados Unidos, China e muitos outros.

A Vallourec é especializada na fabricação de tubos de aço sem costura, que são fundamentais em uma variedade de setores industriais, especialmente nos segmentos de petróleo e gás. Esses tubos são usados em várias aplicações, como perfuração de poços, transporte de fluidos, construção de estruturas offshore, usinas nucleares, entre outros.

Além dos tubos de aço sem costura, a Vallourec também oferece uma gama de produtos e serviços relacionados, como conexões, serviços de manutenção, serviços de consultoria técnica e suporte ao cliente. A empresa está constantemente investindo em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar seus produtos e tecnologias, visando atender às demandas do mercado e as necessidades específicas de seus clientes.

A Vallourec é conhecida por sua expertise em produção de tubos de aço sem costura, um componente vital para várias indústrias. Ela se destaca no setor de energia, fornecendo soluções para exploração de petróleo e gás, produção de energia elétrica, energias renováveis e outros setores industriais.

Setores de Atuação:

- **Petróleo e Gás:** A Vallourec fornece tubos e conexões que são essenciais para a exploração e produção de petróleo e gás, oferecendo

soluções para perfuração de poços, produção offshore e transporte de hidrocarbonetos.

- A empresa atende à indústria de energia, fornecendo tubos para usinas termelétricas, usinas nucleares e outras fontes de energia, contribuindo para a geração e transmissão de eletricidade.
- Indústria: Além disso, a Vallourec oferece tubos para aplicações industriais diversas, incluindo construção, automotiva, maquinaria pesada, eólica, entre outras.

Inovação e Tecnologia:

- A Vallourec investe significativamente em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar seus produtos e tecnologias. Isso inclui desenvolvimento de novos materiais, processos de fabricação mais eficientes e soluções inovadoras para atender às necessidades dos clientes e às demandas do mercado.

Sustentabilidade:

- Como parte do compromisso com a sustentabilidade, a Vallourec busca constantemente maneiras de melhorar sua pegada ambiental. Isso inclui iniciativas para reduzir o consumo de energia, otimizar o uso de recursos e diminuir as emissões de gases de efeito estufa em suas operações.

Presença Global:

- A Vallourec tem uma presença global com operações e unidades de produção em diversos países, incluindo Brasil, Estados Unidos, França, Alemanha, China, Japão, Emirados Árabes Unidos, entre outros. Isso permite que a empresa atenda a clientes em diferentes regiões do mundo.

Visão e Missão:

- A empresa tem uma visão centrada no cliente, buscando ser o parceiro preferido na entrega de soluções de tubos de aço inovadoras e

sustentáveis. Sua missão é criar valor sustentável para seus stakeholders através de tecnologia, inovação e excelência operacional.

Projetos de Descarbonização e Metas Futuras

A Vallourec está estendendo seus esforços de descarbonização em todos os ramos de operações, seja na parte de: Eficiência de Operações, por meio do projeto Vallourec Open Brasil, na parte de Eletrificação, por meio do projeto Vallourec New Energies, e com Esforços gerais de Descarbonização por meio de projetos como “Green Tube”, PCI Pellet Project, Florestas de Eucalipto e Carboval.

Responsável por quase 2% da produção brasileira de minério de ferro em 2021, a Vallourec tem um balanço negativo de emissão de CO₂, atribuído principalmente à sua área florestal.

- **Vallourec Open Brasil**

É uma competição que reúne startups de todo o país para resolver desafios reais enfrentados pela empresa, proporcionando imersão em novas tecnologias e muita troca de experiências. O objetivo do programa é identificar startups que possam ajudar a empresa a melhorar sua eficiência operacional, além de pesquisar novas e inovadoras maneiras de tornar suas operações mais sustentáveis.

- **Vallourec New Energies**

A Vallourec New Energies é uma iniciativa da Vallourec que se concentra na transição energética, com o objetivo de apoiar seus clientes na pesquisa e desenvolvimento de soluções de baixo carbono. Suas áreas de atuação incluem hidrogênio, captura e armazenamento de carbono (CCUS), geotermia e energia solar. A empresa fornece produtos e soluções para essas áreas, incluindo tubulações resistentes ao calor para geotermia, materiais resistentes à corrosão para transporte e armazenamento de CO₂, soluções para transporte e armazenamento de hidrogênio e componentes para a indústria solar

- **Green Tube**

A Vallourec é líder na produção do inovador "Tubo Verde", um produto 100% fabricado a partir de carvão vegetal proveniente de suas próprias florestas. Essa iniciativa exemplifica o compromisso da empresa com a redução da pegada de carbono e a descarbonização. A produção dos tubos é notável por suas baixas emissões de carbono, com a maior parte do aço sendo produzido internamente nas usinas do grupo, muitas vezes a partir de material

reciclado ou em altos-fornos alimentados por carvão vegetal obtido das florestas da própria empresa.

O "Tubo Verde" é um exemplo notável de inovação ambiental, uma vez que possui um balanço de carbono negativo por tonelada de aço. Isso significa que durante sua produção, mais carbono é removido da atmosfera do que é emitido, contribuindo para a luta contra as mudanças climáticas. Além disso, a Vallourec adota práticas sustentáveis adicionais em suas operações no Brasil, onde a eletricidade consumida em suas instalações é predominantemente proveniente de fontes hidroelétricas, consideradas fontes de energia renovável.

- PCI Pellet Projec

A Vallourec desenvolveu o projeto PCI PELLET - Charcoal in Pelletizing Plant Burner, que se destaca como um dos principais projetos em Minas. O objetivo principal desse projeto inovador foi alcançar pelo menos 66% de energia proveniente de carvão vegetal renovável por meio de uma nova instalação para uso desse combustível na pelotização de minério de ferro, substituindo o gás natural

Essa substituição teve benefícios significativos, não apenas em termos de redução de emissões atmosféricas, mas também atraiu apoio financeiro da ONU, por meio do PNUD (Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento), com o compromisso de reduzir a emissão de sete mil toneladas de CO₂ em dois anos.

O projeto é pioneiro no Brasil e no exterior, pois utiliza carvão vegetal como fonte de energia renovável em vez de gás natural, promovendo a sustentabilidade na siderurgia e reduzindo as emissões de CO₂. A Vallourec adaptou equipamentos que antes usavam carvão mineral para utilizar carvão vegetal, uma fonte de energia renovável obtida de florestas renováveis com manejo sustentável.

O resultado do projeto foi impressionante, evitando emissões de 80 milhões de toneladas de CO₂ em três anos e economizando 52 milhões de reais em comparação com o uso de gás natural. Em 2020, a produção passou a utilizar exclusivamente carvão vegetal como fonte energética no tratamento térmico das pelotas, com o gás natural sendo usado apenas em casos excepcionais.

O investimento no projeto foi de 8 milhões de reais financiados pela Vallourec e 1 milhão de reais de subvenção das Nações Unidas. O sucesso desse projeto demonstra o compromisso da Vallourec com a inovação sustentável e sua capacidade de liderar na redução das emissões de carbono e na promoção de práticas ambientalmente responsáveis na indústria siderúrgica.

- Carboval

A Carboval é uma tecnologia inovadora 100% brasileira desenvolvida pela Vallourec que revoluciona a produção de carvão vegetal, tornando-a mais eficiente e sustentável. Essa tecnologia foi projetada para transformar madeira em carvão vegetal de alta qualidade de maneira contínua, sem liberar metano e monóxido de carbono. Ela se destaca por aproveitar até 95% da energia da matéria-prima, superando amplamente os métodos tradicionais.

Um dos principais benefícios da Carboval é sua velocidade de produção. Enquanto um forno retangular convencional leva 16 dias para produzir 50 toneladas de carvão, a Carboval é capaz de produzir até 22 toneladas de carvão de excelente qualidade em apenas 16 horas. Isso não apenas aumenta a produtividade, mas também melhora o controle de qualidade.

Além disso, a Carboval é totalmente amigável ao meio ambiente e está em conformidade com a legislação ambiental. Ela contribui significativamente para a redução das emissões de CO₂, pois permite o uso do carvão vegetal em substituição aos combustíveis fósseis em várias operações siderúrgicas, como nos Fornos Elétricos e na pelotização. Além disso, essa tecnologia também permite a recuperação de subprodutos valiosos, como o alcatrão vegetal e o extrato pirolenhoso, que têm aplicações na indústria química e alimentícia.

A Carboval é uma alternativa mais eficiente e sustentável aos fornos de alvenaria convencionais, que estão chegando aos limites tecnológicos e ameaçando sua sustentabilidade. Ela representa um avanço significativo na indústria de produção de carvão vegetal e ajuda a impulsionar a produção sustentável de aço e ligas.

Abordagem para a Descarbonização na Vallourec: Uma Análise Abrangente

A Vallourec, empresa líder na produção de tubos de aço, apresenta uma abordagem abrangente para a descarbonização, abordando diferentes escopos e estabelecendo metas ambiciosas para reduzir sua pegada de carbono até 2025.

Escopo 1: Redução de Emissões Diretas

A empresa destaca seu comprometimento com a redução das emissões diretas (CO₂ e CH₄) associadas à carbonização da madeira e à queima de carvão. O uso de carvão vegetal na produção e a gestão sustentável das florestas de eucalipto contribuem para a significativa diminuição dessas emissões. Esta abordagem ressalta a importância de práticas sustentáveis no ciclo de vida dos produtos, desde a obtenção de matérias-primas até a produção.

Escopo 2: Aumento da Participação de Energias Renováveis

A Vallourec atinge um marco notável, com 44% de sua energia global proveniente de fontes renováveis. Essa iniciativa não apenas reduz a dependência de fontes de energia convencionais, mas também demonstra o compromisso da empresa com a transição para uma matriz energética mais sustentável. Este enfoque reflete não apenas uma preocupação ambiental, mas também uma estratégia de gestão de riscos relacionados à volatilidade nos preços dos combustíveis fósseis.

Escopo 3: Colaboração na Cadeia de Valor

A empresa adota uma visão abrangente ao comprometer-se com a redução das emissões em todo o ciclo de vida do produto, incluindo fornecedores e clientes. Ao colaborar com a cadeia de valor, a Vallourec busca não apenas mitigar as emissões associadas à produção, mas também influenciar positivamente as práticas de seus parceiros comerciais. A oferta de soluções diferenciadas, como tubos para armazenamento de CO₂ e transporte de hidrogênio, destaca a inovação como peça fundamental na descarbonização.

Metas para 2025: Compromisso com Resultados Concretos

A Vallourec estabelece metas ambiciosas para 2025, visando uma redução significativa em diferentes aspectos relacionados à pegada de carbono. A abordagem abrange desde a diminuição das emissões diretas e indiretas até a redução da intensidade de CO₂ em suas compras de matérias-primas. Essas metas demonstram o compromisso de longo prazo da empresa com a sustentabilidade e a busca contínua por práticas mais eficientes e inovadoras.

4. Conclusão

1. CONCLUSÃO

A descarbonização da mineração no Brasil se revela como um cenário desafiador, mas repleto de oportunidades estratégicas para elevar a competitividade internacional do setor. À medida que o mundo avança em direção a metas mais ambiciosas de redução de emissões de carbono, a indústria de mineração, historicamente intensiva em emissões, enfrenta a necessidade premente de uma transformação profunda.

A mineração, especialmente na produção de aço, é historicamente associada a processos intensivos em carbono, tornando a transição para práticas de baixo carbono um desafio considerável. A implementação de tecnologias e práticas mais sustentáveis frequentemente demanda investimentos significativos em infraestrutura e tecnologia, inicialmente aumentando os custos operacionais. Além disso, a mudança de uma mentalidade tradicional para uma abordagem mais sustentável pode encontrar resistência em setores acostumados a práticas convencionais.

A busca por soluções de mineração mais limpas impulsiona a inovação tecnológica, permitindo operações mais eficientes e sustentáveis, incluindo a eletrificação de equipamentos e o uso de energias renováveis. Empresas que lideram iniciativas de descarbonização tornam-se mais atrativas para investidores focados em critérios ambientais, sociais e de governança (ESG), proporcionando acesso a capital e recursos adicionais. A antecipação e conformidade com padrões globais de sustentabilidade podem posicionar as empresas brasileiras de mineração como líderes responsáveis, abrindo portas para mercados internacionais mais exigentes. Colaborações com governos, organizações não governamentais e empresas podem resultar em sinergias valiosas para acelerar a transição para práticas mais sustentáveis. A produção de materiais de baixo carbono, como minérios de alta qualidade para a fabricação de aço de baixa emissão, cria novas oportunidades de mercado em um mundo focado na redução de emissões.

A mudança de paradigma na demanda por práticas sustentáveis não decorre apenas da consciência ambiental, mas reflete uma transformação nas opiniões dos

consumidores. No contexto global, o Brasil se destaca com uma matriz energética predominantemente renovável, situando-se à frente na transição para veículos elétricos e fontes de energia limpa. Essa mudança de visão alinha-se favoravelmente às condições do país, que já possui 48,4% de sua matriz energética proveniente de fontes renováveis, comparado a uma média global de 15%. A matriz elétrica brasileira, com impressionantes 82,9% de fontes renováveis, também supera significativamente a média global de 28,6%.

Os investimentos bilionários refletem não apenas um compromisso com a preservação ambiental, mas também a adaptação ao novo cenário de demanda do consumidor. No entanto, essa mudança de paradigma impõe desafios aos setores mais tradicionais, questionando práticas e exigindo respostas quanto à origem, processamento e impacto ambiental de seus produtos. O Brasil, como um dos maiores produtores de ferro do mundo, assume um papel crucial nessa transição. Com investimentos focados na descarbonização, apoio governamental e uma matriz energética robusta, o país possui uma oportunidade única de liderar o mercado de mineração verde.

A descarbonização da mineração no Brasil transcende a mera responsabilidade ética diante das mudanças climáticas; é uma oportunidade estratégica para garantir a sustentabilidade de longo prazo da indústria. Enfrentar os desafios com determinação e abraçar as oportunidades de inovação pode posicionar as empresas brasileiras de mineração como líderes na competição internacional, contribuindo para um setor mais sustentável globalmente. Nesse contexto, o Brasil não apenas supera os desafios, mas transforma-os em vantagens competitivas, consolidando-se como protagonista na mineração verde.

REFERÊNCIAS

1. ANGOTTI, M.; FERREIRA, A. C. D. S.; EUGENIO, T. **Full Cost Accounting e Contabilidade Dialógica Aplicados para Avaliação da (In)Sustentabilidade da Mineração: o caso de Congonhas (MG)**. 2019. Disponível em: <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.29117.10726>. Acesso em: 23 jun 2023.
2. CALACE, D. **Battle of giants: GRI vs SASB vs IR**. GreenBiz. Disponível em: <https://www.greenbiz.com/article/battle-giants-gri-vs-sasb-vs-ir> . Acesso em: 23 jun. 2023.
3. GARCIA, S.; LIMA, F. G. **A Vale em Brumadinho: a quem interessa a sustentabilidade das empresas?** Jornal da USP, USP - Universidade de São Paulo, 27 fev. 2019. Disponível em: <https://jornal.usp.br>. Acesso em: 23 jun 2023.
4. KPMG. **The KPMG Survey of Corporate Responsibility Reporting 2017**. 2017. Disponível em: <https://assets.kpmg/>. Acesso em: 23 jun. 2023.
5. "A reindustrialização é essencial para a retomada do desenvolvimento sustentável", diz Alckmin: Vice-presidente assume o MDIC e afirma que o Brasil deve elaborar com urgência uma política moderna de desenvolvimento industrial alinhada com a economia verde. MME, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/financas-impuestos-e-gestao-publica/2023/01/a-reindustrializacao-e-essencial-para-a-retomada-do-desenvolvimento-sustentavel201d-diz-alckmin>. Acesso em: 12 abr. 2023.
6. Veja íntegra do discurso de Lula na COP 27.g1. 2023. Disponível em: <https://g1.globo.com/meio-ambiente/cop-27/noticia/2022/11/16/veja-integra-do-discurso-de-lula-na-cop-27.ghtml>. Acesso em: 12 abr. 2023.
7. Senado aprova multa de até R\$ 1 bilhão a quem descumprir normas de segurança em barragens: Projeto de alteração na lei nacional tramitava desde fevereiro de 2019 e será encaminhado à sanção presidencial. FOLHA DE SÃO PAULO, 2020. Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2020/09/senado-aprova-multa-de-ate-r-1-bilhao-a-quem-descumprir-normas-de-seguranca-em-barragens.shtml>. Acesso em: 15 abr. 2023.
8. Setor mineral e governo federal debatem redução das emissões e o futuro de baixo carbono na mineração: Projeto de alteração na lei nacional tramitava desde fevereiro de 2019 e será encaminhado à sanção presidencial. IBRAM, 2021. Disponível em: <https://ibram.org.br/noticia/setor-mineral-e-governo-federal-debatem-reducao-das-emissoes-e-o-futuro-de-baixo-carbono-na-mineracao/>. Acesso em: 15 abr. 2023.
9. MME,2020.Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/composicao/secretaria-de-geologia-mineracao-e-transformacao-mineral-sgm/departamento-de-desenvolvimento-sustentavel-na-mineracao-ddsm>. Acesso em: 16 abr. 2023.
10. MME,Disponível em: <http://antigo.mme.gov.br/web/guest/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/acoes-e-programas/programas/desenvolvimento-sustentavel-na-mineracao>. Acesso em: 16 abr. 2023.

11. RenovaBio.MME,2020.Disponível em:<https://www.gov.br/anp/pt-br/assuntos/renovabio>. Acesso em: 16 abr. 2023.
12. MME avança na sustentabilidade e regulamenta o Crédito de Descarbonização - C BIO.MME,2022.Disponível em:<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/noticias/mme-avanca-na-sustentabilidade-e-regulamenta-o-credito-de-descarbonizacao-cb-2>. Acesso em: 16 abr. 2023.
13. Programa Nacional de Hidrogênio – PNH2. MME, Ano da Publicação. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/programa-nacional-do-hidrogenio-1>. Acesso em: 16 abr. 2023.
14. ANM,Disponível em:<https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/institucional/sobre-a-anm->. Acesso em: 16 abr. 2023.
15. IBRAM, Disponível em: <https://ibram.org.br/>. Acesso em: 18 abr. 2023.
16. IBRAM,2022.Disponível em:<https://ibram.org.br/noticia/agenda-esg-da-mineracao-do-brasil-conheca-as-principais-metas-do-setor/>. Acesso em: 18 abr. 2023.
17. MME,Disponível em:<https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/pnm-2050/sobre-o-pnm-2050>. Acesso em: 18 abr. 2023.
18. IBRAM, Livro Verde da Mineração do Brasil, 2022.
19. IBRAM and KPMG launch a guide for investors to learn more about Brazilian mining at PDAC 2023. IBRAM, 2023. Disponível em: <https://ibram.org.br/en/noticia/ibram-and-kpmg-launch-a-guide-for-investors-to-learn-more-about-brazilian-mining-at-pdac-2023/>. Acesso em: 18 abr. 2023.
20. IBRAM/KPMG, Brazil Country Mining Guide 2023, 2023
21. <https://saladeimprensa.vale.com/pt/w/vale-finds-solutions-to-the-energy-issue-in-technology>
22. <https://www.vale.com/ca/brasil/PT/aboutvale/news/Paginas/vale-e-progress-rail-desenvolvem-primeira-locomotiva-100-eletrica-da-mineracao-brasileira.aspx>
23. <https://vale.com/pt/esg/estrategia-e-gestao-para-descarbonizacao>
24. <https://chargeoninnovation.com/>
25. <https://saladeimprensa.vale.com/pt/w/vale-finds-solutions-to-the-energy-issue-in-technology>
26. technology
27. <https://www.vale.com/ca/w/vale-finds-solutions-to-the-energy-issue-in-technology>
28. <https://www.vale.com/pt/w/vale-assina-contrato-de-fornecimento-de-energia-com-casa-dos-ventos>
29. <https://www.vale.com/pt/w/vale-inicia-gera%C3%A7%C3%A3o-de-energia-renov%C3%A1vel-do-sol-do-cerrado>
30. <https://vale.com/pt/w/vale-atinge-capacidade-maxima-no-complexo-de-energia-solar-sol-do-cerrado>
31. <https://www.vale.com/ca/w/vale-receives-the-world-s-first-ore-carrier-that-produces-air-bubbles-in-the-hull-to-reduce-emissions>
32. <https://www.vale.com/ca/w/maranhao-receives-the-worlds-first-ore-miner-that-produces-air-bubbles-in-the-hull-to-reduce-emissions>

33. <https://www.vale.com/ca/w/vale-receives-international-award-for-innovative-use-of-wind-propulsion-in-shipping>
34. <https://saladeimprensa.vale.com/pt/w/vale-inova-ao-usar-bateria-para-reduzir-consumo-e-custo-de-energia-el%C3%A9trica-em-terminal-de-min%C3%A9rio>
35. <https://saladeimprensa.vale.com/pt/w/vale-announces-green-briquette-capable-of-reducing-co2-emissions-of-steelmaking-clients-by-up-to-10->
36. Vale Day 2022
37. Vale's Production and Sales 2022
38. Vale Relatório de Sustentabilidade 2021
39. Vale Climate Change Report
40. Vale CDP 2022
41. Vale CCR 2021
42. <https://www.angloamerican.com/futuresmart/futuresmart-mining>
43. <https://im-mining.com/2023/07/04/anglo-american-reviews-present-progress-future-potential-of-futuresmart-mining/>
44. <https://revistamineracao.com.br/2021/12/21/anglo-american-investira-r-25-milhoes-em-projetos-de-inovacao-ate-2026/>
45. <https://www.angloamerican.com/futuresmart/stories/our-industry/technology/picture-this-the-concentrated-mine#:~:text=Our%20Concentrating%20the%20MineTM,Advanced%20Fragm entation.>
46. <https://brasil.angloamerican.com/pt-pt/imprensa/noticias/2020/25-06-20>
47. <https://brasil.angloamerican.com/pt-pt/imprensa/noticias/2020/25-06-20>
48. AngloAmerican interim results 2022
49. AngloAmerican sustainability Report 2021
50. Q4 2022 Results
51. Annual Report 2021
52. AngloAmerican Minerio de ferro Brasil S.A 4 trimestre 2021
53. AngloAmerican Guia Plano de Mineração Sustentável
54. Resultados de produção AngloAmerican
55. <https://www.utis.pt/en/innovative-technology-aims-to-help-decarbonization-by-green-hydrogen-in-the-steel-industry/>
56. <https://esg.csn.com.br/>
57. <https://valorinternational.globo.com/business/news/2022/04/21/csn-tests-green-hydrogen-based-technology.ghtml>
58. <https://www.csninova.com.br/inova-tech>
59. <https://www.csninova.com.br/sobre-n%C3%B3s>
60. <https://www.csninova.com.br/inova-bridge>
61. <https://www.csninova.com.br/inova-ventures>
62. <https://www.csninova.com.br/pilares>
63. <https://www.csninova.com.br/csn-inova-solu%C3%A7%C3%B5es>
64. https://www.em.com.br/app/noticia/gerais/2021/09/11/interna_gerais,1304632/briquete-verde-promete-menor-emissao-de-gases-na-producao-de-aco.shtml
65. <https://www.csninova.com.br/>
66. <https://valorinternational.globo.com/business/news/2022/04/21/csn-tests-green-hydrogen-based-technology.ghtml>
67. CSN Apresentação de resultados 3T22

68. Day 2023 CSN
69. CSN Relato Integrado de Sustentabilidade 2021
70. F2020 CSN
71. CSN cdp 2022
72. Release dados 4T2022
73. <https://www.usiminas.com/blog/sustentabilidade/como-a-usiminas-utiliza-as-areas-verdes-para-a-melhoria-da-qualidade-de-vida/>
74. <https://www.usiminas.com/blog/releases/usiminas-revitaliza-cinturao-verde/>
75. <https://www.usiminas.com/blog/inovacao/usiminas-reforca-o-monitoramento-ambiental-da-usina-de-ipatinga/>
76. <https://www.usiminas.com/meio-ambiente/>
77. Usiminas apresentações trimestrais 3T2022
78. Usiminas Relatório de Sustentabilidade 2021
79. Usiminas Relatório de Sustentabilidade 2020
80. Usiminas Press release 1T22
81. Usiminas Press release 2T22
82. Usiminas CDP2022
83. https://www.vallourec.com/pt-BR/Components/News/News_BR/2021/20210924-trading-Carboval-Technology
84. https://www.vallourec.com/pt-BR/Components/News/News_BR/2021/20210924-trading-Carboval-Technology
85. <https://brazil.vallourec.com/>
86. <https://acobrasil.org.br/site/noticia/vallourec-projeto-siderurgia-sustentavel/>
87. <https://www.vallourec.com/en/all-news/group-carbon-neutrality-objective>
88. <https://www.vallourec.com/en/all-news/group-2023-hamsa-noushiba>
89. https://www.vallourec.com/en/Components/News/News_CORP/2023/20230906-Vallourec-New-Energies-hydrogen-storage-projects
90. <https://www.vallourec.com/en/all-news/group-2022-vallourec-new-energies>
91. Vallourec Brasil Relatório de Sustentabilidade 2020
92. Vallourec Brasil Relatório de Sustentabilidade 2021
93. Apresentação de Resultados – Vallourec
94. Vallourec Registration Document 2021
95. DF - Vallourec_Tubos_do_Brasil_SA-Annual_Report(May-29-2022)
96. Vallourec_CDP_2022
97. Resultados 3T22 - Vallourec