

ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

ARMANDO DIAS DUARTE
(ORGANIZADOR)

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING

Atena
Editora
Ano 2022

Editora chefe

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Editora executiva

Natalia Oliveira

Assistente editorial

Flávia Roberta Barão

Bibliotecária

Janaina Ramos

Projeto gráfico

Camila Alves de Cremo

Daphynny Pamplona

Gabriel Motomu Teshima

Luiza Alves Batista

Natália Sandrini de Azevedo

Imagens da capa

iStock

Edição de arte

Luiza Alves Batista

2022 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2022 Os autores

Copyright da edição © 2022 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-Não-Derivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

Conselho Editorial

Ciências Exatas e da Terra e Engenharias

Prof. Dr. Adélio Alcino Sampaio Castro Machado – Universidade do Porto

Profª Drª Alana Maria Cerqueira de Oliveira – Instituto Federal do Acre

Profª Drª Ana Grasielle Dionísio Corrêa – Universidade Presbiteriana Mackenzie

Profª Drª Ana Paula Florêncio Aires – Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro

Prof. Dr. Carlos Eduardo Sanches de Andrade – Universidade Federal de Goiás

Profª Drª Carmen Lúcia Voigt – Universidade Norte do Paraná



Prof. Dr. Cleiseano Emanuel da Silva Paniagua – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás
Prof. Dr. Douglas Gonçalves da Silva – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Profª Drª Érica de Melo Azevedo – Instituto Federal do Rio de Janeiro
Prof. Dr. Fabrício Menezes Ramos – Instituto Federal do Pará
Profª Dra. Jéssica Verger Nardeli – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho
Prof. Dr. Juliano Bitencourt Campos – Universidade do Extremo Sul Catarinense
Prof. Dr. Juliano Carlo Rufino de Freitas – Universidade Federal de Campina Grande
Profª Drª Luciana do Nascimento Mendes – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte
Prof. Dr. Marcelo Marques – Universidade Estadual de Maringá
Prof. Dr. Marco Aurélio Kistemann Junior – Universidade Federal de Juiz de Fora
Prof. Dr. Miguel Adriano Inácio – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Profª Drª Neiva Maria de Almeida – Universidade Federal da Paraíba
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Priscila Tessmer Scaglioni – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Sidney Gonçalo de Lima – Universidade Federal do Piauí
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista



Diagramação: Daphynny Pamplona
Correção: Yaidy Paola Martinez
Indexação: Amanda Kelly da Costa Veiga
Revisão: Os autores
Organizador: Armando Dias Duarte

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C697 Collection: applied civil engineering / Organizador Armando Dias Duarte. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2022.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-855-4

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.554222501>

1. Civil engineering. I. Duarte, Armando Dias. II. Título.
CDD 624

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

Atena Editora
Ponta Grossa – Paraná – Brasil
Telefone: +55 (42) 3323-5493
www.atenaeditora.com.br
contato@atenaeditora.com.br



DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão.; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.



DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.



APRESENTAÇÃO

A coleção de trabalhos intitulada “*Collection Applied civil engineering*” é uma obra que tem como foco principal a discussão científica por intermédio de diversos trabalhos que compõe seus capítulos. O volume abordará de forma categorizada e interdisciplinar, pesquisas cujos resultados possam auxiliar na tomada de decisão, tanto no campo acadêmico, quanto no profissional.

Os trabalhos desenvolvidos foram realizados em instituições de ensino e pesquisa no Brasil e um em Porto. Nos capítulos apresentados, são encontrados estudos de grande valia nas áreas da educação, construção civil, segurança, métodos numéricos, resíduos sólidos e tratamento de esgoto. A composição dos temas buscou a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pela área da Engenharia Civil, através de temáticas atuais com resoluções inovadoras, descritas nos capítulos da coleção. Sendo assim, a divulgação científica é apresentada com grande importância para o desenvolvimento de toda uma nação, portanto, fica evidenciada a responsabilidade de transmissão dos saberes através de plataformas consolidadas e confiáveis, como a Atena Editora, capaz de oferecer uma maior segurança para os novos pesquisadores e os que já atuam nas diferentes áreas de pesquisa, exporem e divulgarem seus resultados.

Armando Dias Duarte

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1..... 1

METODOLOGIA PBL COMO ALTERNATIVA PARA VIABILIDADE DO ENSINO NO CONTEXTO DE PANDEMIA DA COVID-19

Luamim Sales Tapajós
Valquíria Santana da Silva
Fabiano Hector Lira Muller
Ronne Clayton de Castro Gonçalves
Andryo Henrique Freitas da Silva

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225011>

CAPÍTULO 2..... 12

PATOLOGIAS EM IMÓVEL POR AUSÊNCIA DE IMPERMEABILIZAÇÃO - ESTUDO DE CASO: EDIFÍCIO NA CIDADE DE MANAUS

Rosalina Siqueira Moraes
Anna Isabell Esteves Oliveira
Kassem Assi
Fátima Mendes Teixeira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225012>

CAPÍTULO 3..... 20

PERMEABILIDADE MÍNIMA DE ESPÉCIES DE MADEIRA PARA A PRODUÇÃO DE ELEMENTOS ESTRUTURAIS DE MADEIRA LAMINADA COLADA (MLC)

Kelly Dayane Nadaleti de Souza
Bárbara Branquinho Duarte
Francisco Antonio Rocco Lahr

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225013>

CAPÍTULO 4..... 32

UTILIZAÇÃO DA INJEÇÃO DE RESINA EPÓXI COMO MÉTODO DE CORREÇÃO DO SOMCAVO EM FACHADAS COM REVESTIMENTO CERÂMICO

Guilherme Alves Correa
Marcus Daniel Friederich dos Santos
Yuri Dos Santos Tatim Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225014>

CAPÍTULO 5..... 46

ANÁLISE COMPARATIVA TERMOACÚSTICA ENTRE O SISTEMA MONOLÍTICO COM PAINEL DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) E A ALVENARIA CONVENCIONAL

Pedro Afonso de Araújo Costa
Felipe Daniel Bastos Lopes
Marco Antônio de Moura Fortes
Tiago de Macêdo Lima Moura Fé
Renan Maycon Mendes Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225015>

CAPÍTULO 6..... 64

A IMPORTÂNCIA DA CALDA DE CIMENTO PARA INJEÇÃO NA PROTENSÃO DE PONTES:
UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE NORMATIVOS NACIONAIS E INTERNACIONAIS
DE CONTROLE DE QUALIDADE

Paulo André Valadares

Fabio Albino de Souza

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225016>

CAPÍTULO 7..... 79

ESTADO DEL ARTE DE LA CONSTRUCCIÓN DE PUENTES DE HORMIGÓN CON
CIMBRA AUTOLANZABLE – UN CASO PRÁCTICO

Pedro Pacheco

Diogo Carvalho

Hugo Coelho

Pedro Borges

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225017>

CAPÍTULO 8..... 92

MODELAGEM NUMÉRICA DE VIGAS DE EQUILÍBRIO VIA MÉTODO DE BIELAS E
TIRANTES

Philippe Queiroz Rodrigues

João da Costa Pantoja

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225018>

CAPÍTULO 9..... 106

MATRIZES DE CONCRETO COM INCORPORAÇÃO DE EVA

Diana Santos de Jesus

Joabson Lima Alves

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.5542225019>

CAPÍTULO 10..... 119

REALCALINIZAÇÃO ELETROQUÍMICA DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO
CARBONATADAS: REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Guilherme Alves Correa

Yuri dos Santos Tatim Filho

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250110>

CAPÍTULO 11..... 140

ESTUDO DA ATIVIDADE POZOLÂNICA DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS ATRAVÉS
DE MEDIDAS DE pH E CONDUTIVIDADE ELÉTRICA EM SUSPENSÕES CAL:RESÍDUO

Lucas Gil Duarte

Letícia Freitas Assis

Gean Pereira da Silva Junior

Alan Henrique Vicentini

Mauro Mitsuchichi Tashima

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250111>

CAPÍTULO 12.....	153
DESEMPENHO NA REMOÇÃO DA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGÊNIO (DBO) EM UM SISTEMA SIMULADOR DE VALA DE FILTRAÇÃO	
Ariston da Silva Melo Júnior	
Kleber Aristides Ribeiro	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250112	
CAPÍTULO 13.....	166
POLÍTICA INTEGRADA DE ESG APLICADA À MINERAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA	
Rafaela Baldi Fernandes	
 https://doi.org/10.22533/at.ed.55422250113	
SOBRE O ORGANIZADOR.....	177
ÍNDICE REMISSIVO.....	178

POLÍTICA INTEGRADA DE ESG APLICADA À MINERAÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM A TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Data de aceite: 01/01/2022

Rafaela Baldí Fernandes

RESUMO: A discussão de temas relacionados a ESG e sustentabilidade tem sido ampliada na indústria da mineração, substancialmente, juntamente com o foco nas mudanças climáticas. Embora as questões ambientais, sociais e de governança não sejam novas para as atividades minerárias, mesmo que o termo ESG ainda possa ser desconhecido por muitos, as discussões para implantação de uma agenda "verde" ou sustentável ainda são pouco assertivas. Em meados dos anos 80 mudanças perceptíveis, mas ainda tímidas, começaram a ser percebidas em relação as preocupações com controle ambiental, drenagens ácidas e o impacto das atividades minerárias. As recentes rupturas de barragens vivenciadas no Brasil atraíram a atenção internacional, enfatizando a necessidade de aproximação da indústria da mineração da política integrada de ESG, que reúne diversos temas em uma estrutura abrangente, podendo auxiliar as empresas a equilibrarem os benefícios para o planeta, pessoas e lucratividade.

PALAVRAS-CHAVE: ESG, mineração e transição energética

ABSTRACT: Discussion of topics related to ESG and sustainability has been broadened in the mining industry substantially, along with the focus on climate change. Although environmental, social and governance issues are not new to

mining activities, even though the term ESG may still be unknown by many, discussions for the implementation of a "green" or sustainable agenda are still not very assertive. In the mid-1980s, noticeable but still timid changes began to be noticed in relation to concerns about environmental control, acid drainage and the impact of mining activities. The recent dam failures experienced in Brazil have attracted international attention, emphasizing the need to bring the mining industry closer to the integrated ESG policy, which brings together several themes in a comprehensive framework and can help companies balance the benefits for the planet, people and profitability.

KEYWORDS: ESG, mining and energy transition

1 | INTRODUÇÃO

A discussão de temas relacionados a ESG e sustentabilidade tem sido ampliada na indústria da mineração, substancialmente, juntamente com o foco nas mudanças climáticas. Embora as questões ambientais, sociais e de governança não sejam novas para as atividades minerárias, mesmo que o termo ESG ainda possa ser desconhecido por muitos, as discussões para implantação de uma agenda "verde" ou sustentável ainda são pouco assertivas. Em meados dos anos 80 mudanças perceptíveis, mas ainda tímidas, começaram a ser percebidas em relação as preocupações com controle ambiental, drenagens ácidas e o impacto das atividades minerárias. As recentes

rupturas de barragens vivenciadas no Brasil atraíram a atenção internacional, enfatizando a necessidade de aproximação da indústria da mineração da política integrada de ESG, que reúne diversos temas em uma estrutura abrangente, podendo auxiliar as empresas a equilibrarem os benefícios para o planeta, pessoas e lucratividade.

O fato de que as estratégias corporativas e os sistemas de gestão são, geralmente, desenvolvidos em níveis executivos, exige que operação e a produção sejam consideradas para implantação de planos e entrega de mudanças mensuráveis. O ESG tem sido o foco de investidores que exigem atenção ampliada a questões e dados ambientais, sociais e de governança. O olhar tem sido ampliado para além das demonstrações e projeções financeiras, considerando ética, vantagem competitiva e cultura das organizações. As propostas relacionadas a ESG para a indústria de mineração, geralmente, estão relacionadas a:

- Meio ambiente: biodiversidade, serviços ecossistêmicos, gestão da água, resíduos / rejeitos de mina, ar, ruído, energia, mudança climática (pegada de carbono, gás de efeito estufa), substâncias perigosas, fechamento de mina.
- Social: direitos humanos, uso da terra, reassentamento, pessoas vulneráveis, gênero, práticas trabalhistas, saúde e segurança do trabalhador / comunidade, segurança, mineradores artesanais, fechamento de mina após o uso.
- Governança: conformidade legal, ética, antissuborno e corrupção (ABC), transparência.

O recém lançado Padrão Global da Indústria para gestão de rejeitos (*Global Industry Standard on Tailings Management*), publicado em agosto de 2020, baseia-se na orientação de melhores práticas existentes, incluindo o programa rumo à mineração sustentável da Associação de Mineração do Canadá e diretrizes de segurança de barragens da Associação Canadense de Barragens. O padrão foi lançado pela Conselho Internacional de Mineração e Metais (*The International Council on Mining & Metals* - ICMM), pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (*United Nations Environment Programme* - UNEP) e pelos Princípios para Investimento Responsável (*Principles for Responsible Investment* - PRI). Os signatários do PRI são o Conselho de Pensões da Igreja da Inglaterra (*Church of England Pensions Board*) e pelo Conselho de Ética dos Fundos de Pensão Nacionais Suecos (*Swedish National Pension Funds*). Além de questões operacionais, garantias financeiras para o encerramento das atividades e o compromisso com a reabilitação de áreas degradadas, as diretrizes recomendam que a gestão de risco integrada em todo o processo, desde a implantação do empreendimento até o seu fechamento, é essencial.

As diversas nuances da Agenda ESG também podem ser visualizadas dentre os dezessete objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) elencados pela Organização das Nações Unidas (ONU), que abordam os principais desafios globais de desenvolvimento em relação à:

- | | |
|---------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. Erradicação da pobreza | 9. Indústria, inovação e infraestrutura |
| 2. Fome zero e agricultura sustentável | 10. Redução das desigualdades |
| 3. Saúde e bem-estar | 11. Cidades e comunidades sustentáveis |
| 4. Educação de qualidade | 12. Consumo e produção responsáveis |
| 5. Igualdade de gênero | 13. Ação contra a mudança global do clima |
| 6. Água potável e saneamento | 14. Vida na água |
| 7. Energia limpa e acessível | 15. Vida terrestre |
| 8. Trabalho crescente e desenvolvimento econômico | 16. Paz, justiça e instituições eficazes |
| | 17. Parcerias e meios de implementação |

2 | O PILAR SOCIAL E A INTEGRAÇÃO COM GOVERNANÇA E MEIO AMBIENTE

Na mineração, os impactos nas comunidades locais é a maior área ESG que requer melhorias, podendo auxiliar as empresas a melhorar o seu desempenho em todas as três áreas. Comunidades com moradores infelizes podem interromper expansões ou, até mesmo, as operações. O rompimento de barragens de rejeito, além de causar poluição e consequências sócio-ambientais catastróficas, resultam na perda de licenças e interrupção das atividades, sem mencionar a responsabilização civil e criminal. À medida em que os riscos são minimizados e as oportunidades identificadas, no cenário de longo prazo, há uma maior proteção contra possíveis prejuízos além de ampliação de capital. Investir em uma mineração ética, na segurança no local das atividades minerárias e em reduções das emissões são parte dos desafios relacionados a esta questão. Metas realistas de ESG e sustentabilidade devem considerar que as operações precisam ser aprovadas junto a sociedade, o que requer o envolvimento de todas as partes, incluindo comunidades locais, organizações não governamentais e outras partes interessadas terceirizadas, evitando a oposição da população local.

Algumas governanças globais injetam valores, sem precedentes, de benefícios e estímulos fiscais nos mercados, principalmente como medidas de enfrentamento as reduções de lucro da sociedade em atividades que foram atingidas durante a pandemia de coronavírus. Entretanto, há um receio de que a sustentabilidade possa ser afetada à medida em que o mundo se adapta a essa nova normalidade. Para os países em desenvolvimento acredita-se que poderá haver um aditamento às integrações da agenda ESG à medida em que estes países irão buscar mais investimentos e maneiras mais simplificadas de enfrentar o momento.

O maior receio é de que as questões ambientais que, historicamente, sempre foram deixadas de lado, sejam novamente postergadas, e o danos resultantes dessa condição sejam ampliados a um nível além do remediável.

Por exemplo, o cobalto, um dos principais componentes das baterias nos veículos elétricos, tem produção expressiva na República do Congo e, um atraso na resposta da África no que se refere as questões humanitárias de ESG podem ampliar o trabalho infantil

na cadeia de abastecimento europeia. No final de 2019 a *London Metal Exchange* anunciou um conjunto de requisitos que espera implantar em todas as suas unidades de mineração, de pequena e grande escala. Os princípios são baseados em quatro pilares:

- combinação entre transparência e padrões
- não discriminação entre mineração em grande escala e pequena escala
- adesão as boas práticas do setor
- processos pragmáticos e claros

A transição energética, que parecia ganhar impulso com a redução nos custos das energias renováveis e no desenvolvimento de novas indústrias, com novas e abrangentes promessas de redução das emissões, paralisou durante a pandemia. Não há como lutar contra mudanças climáticas se não forem resolvidos os problemas associados a pobreza, sendo crescente a necessidade de que as empresas apoiem o desenvolvimento econômico em países e comunidades em desenvolvimento. O pilar social na ESG é importante para que as pessoas não sejam deixadas de lado, principalmente, em uma visão global. Sem o social, não haveria negócios que sejam realmente sustentáveis o suficiente para preocupar com a conformidade com os demais elementos, meio ambiente e governança. E, sem governança, que pode ser entendido como liderança, os componentes sociais e ambientais deixarão de se comunicar corretamente e portanto, não serão devidamente implantados.

As exigências de capital de curto prazo devido a recessão provocada pelo fechamento global podem ser uma distração na implantação da agenda ESG. Mas esse momento é uma grande oportunidade para fazer um balanço e reavaliar as práticas atuais, ampliando as discussões e, conseqüentemente, acelerando a implantação das práticas.

3 | NO CAMINHO DA TRANSIÇÃO ENERGÉTICA

Uma parcela significativa de consumidores tem inserido nas decisões de compra questões associadas as mudanças climáticas, optando por produtos e empresas que demonstrem alguma ação positiva de redução de emissões. O mesmo ocorre com os profissionais, que tem considerado trabalhar em empresas que adotam posturas mais sustentáveis. Empresas que divulgam estratégias e dados sobre suas ações relacionadas às mudanças climáticas experimentam uma redução no custo de capital. O custo de capital é um retorno sobre o investimento mínimo que a empresa deve gerar antes de possuir lucros e, por isso, as empresas devem apresentar custos de capital o menor possível para administrar com sucesso as suas finanças. Antes que uma empresa possa ter lucro, deve-se gerar receita suficiente para cobrir o custo do capital utilizado para financiar suas operações.

Cada pequena ação no nosso dia a dia influencia na medição das emissões de carbono. O simples fato de respirar emite carbono quando expiramos. A pegada de carbono,

originada do termo em inglês *carbon footprint*, considera os valores de carbono emitido por pessoas, empresas ou atividades através de uma série de indicadores, que refletem a quantidade de gases do efeito estufa emitidos, considerados carbono equivalente. Todas as atividades liberam um certo teor de gás carbônico (CO_2) ou outros gases do efeito estufa que contenham carbono (Gases de efeito estufa - GEE) e a fabricação ou ciclo de vida de um serviço ou produto deixa uma pegada de carbono à medida em que libera gases a cada etapa. A pegada de carbono mensura o total de gases do efeito estufa (GEE) que uma pessoa, organização, empresa ou atividade emite. Em uma escala ampliada, a pegada do carbono faz parte dos cálculos de pegada ecológica, que mensuram a quantidade de água e solo necessários para sustentabilidade do modo de vida da população, comparativamente com a necessidade de recursos naturais e a capacidade regenerativa destes recursos.

Os maiores países emissores são a China, União Europeia, Índia e Estados Unidos, que comportam 55% das emissões de CO_2 lançados na atmosfera na última década. As principais emissões estão relacionadas a geração de energia termelétrica e outras fontes não-renováveis, indústrias, emissões veiculares e incêndios florestais. O Brasil também está no G20, que é o grupo de países que representam 78% das emissões globais, ocupando o 6º lugar entre os maiores emissores, com cerca de 3,2% do total mundial, segundo o Sistema de Estimativas de Emissões e Remoções de Gases de Efeito Estufa (SEEG)¹.

O efeito estufa é o fenômeno referente ao impedimento, criado por uma série de gases, de que o calor do sol seja dissipado, ou seja, temos incidência de calor mas não a saída. Um dos principais gases é o dióxido de carbono (CO_2), além de metano (CH_4), óxido nitroso (N_2O), ozônio (O) e os clorofluorcarbonos (CFCs).

O Acordo de Paris, firmado em 12 de dezembro de 2015, é o principal e mais atual tratado internacional relacionado às mudanças climáticas, que objetiva combater o aumento da temperatura provocada pelo aquecimento global em 2° C, comparativamente a era pré-industrial. O aumento já é de 1° C desde a revolução industrial nos séculos 18 e 19. Estabelecido durante a Conferência das Nações Unidas sobre Mudanças Climáticas (COP), entrou em vigor em novembro de 2016. Ao todo, 196 países fazem parte deste tratado internacional, sendo que os Estados Unidos abandonou o propósito durante um determinado período mas, retornaram em 2021. Não há punições diretas para os países que descumprem o acordo mas, na prática, acordos comerciais podem ser mais vantajosos para países que seguem os mesmos regulamentos. A imposição de restrições de compra e venda de produtos para países que não adotem uma política colaborativa pode ser um dos pontos que amplie a aceitação do acordo.

Os países integrantes do Acordo de Paris tiveram cinco anos para apresentar a Contribuição Nacionalmente Determinada (NDC) e, em 2020, metas individuais foram estabelecidas por cada país. O Brasil, por exemplo, utilizou como base o ano de 2005, se comprometendo com a redução de 37% da emissão líquida de gases de efeito estufa, sendo 43% até 2060. O decreto nº 9.073/17 ratifica o apoio do Brasil ao Acordo.

O estímulo à criação de mecanismos para diminuir os impactos relacionados às mudanças climáticas, bem como substituição de fontes emissoras de gases estufas, também são tópicos que fazem parte do acordo. Há diversas formas para substituir as principais emissões dos gases de efeito estufa como, por exemplo, incentivar uso de carros elétricos, desenvolver energias renováveis e impor uso de filtros em chaminés de indústrias. O uso de energia limpa, combustíveis sintéticos, biomassa, aumento das florestas e investimentos em formas sustentáveis de agricultura e pecuária são ações que impactam na sociedade como um todo. A substituição da energia termoelétrica através da queima do carvão pelo uso de energia eólica também é uma das opções. Alguns dos costumes pessoais que mais geram dióxido de carbono estão relacionados ao uso de combustíveis fósseis, como gasolina e gás de cozinha, o elevado consumo de carnes e o desperdício de energia elétrica.

O *Greenhouse Gas Protocol* (GHGP) estabelece normativas para cálculos de pegada climática (*climate footprint*) incluindo as emissões dos escopos 1, 2 e 3. O escopo 1 cobre todas as emissões diretas de fontes próprias ou controladas e o escopo 2 refere-se as emissões indiretas da geração de eletricidade, vapor, aquecimento e resfriamento consumidos por determinada empresa. Já o escopo 3 inclui todas as outras emissões indiretas que ocorrem na cadeia de valor de uma empresa. A cadeia de valor representa o conjunto de atividades desempenhadas por uma organização, desde as relações com os fornecedores e ciclos produtivos, até a venda e distribuição final.

Acompanhar e classificar os fornecedores em relação à quantidade de emissões auxilia nas decisões de compras que apresentem uma maior pegada de carbono (*carbon footprint*). Os relatórios de sustentabilidade, além de cumprir regulamentos e envolver as partes interessadas, como investidores e clientes, permite um melhor acompanhamento das métricas de política de sustentabilidade. Dados de sustentabilidade são, geralmente, computados em formatos GRI, CDP, Nasdaq e ESG.

A *fintech* Moss apresenta em seu website uma calculadora gratuita de pegada de carbono pessoal, além de opções de compensação do impacto através de créditos de carbono, destinados a projetos de conservação da floresta Amazônica. A ferramenta está disponível no site: <https://calculator.moss.earth>. O cálculo das emissões considera a região em que a pessoa mora no Brasil, além de quantas pessoas habitam a mesma residência, uso de gás, eletricidade, transporte, hábitos alimentares e de consumo. Segundo a Moss, cada crédito de carbono equivale a evitar a emissão de uma tonelada de CO₂ em um ano. Em outubro de 2021 cada crédito era vendido a um custo de R\$ 65.22.

O Earth Overshoot Day demarca quando as demandas por uso de recursos naturais do planeta são excedidas, ou seja, quando é utilizado mais do que a natureza pode regenerar. Essa relação é denominada de biocapacidade ou, como já apresentado anteriormente, Pegada Ecológica. Segundo a ONG responsável pelo cálculo², em 2020, o dia em que se excedeu a capacidade de regeneração da terra ficou 24 dias mais distante em relação à

2019, principalmente por conta das paralisações em diversos setores ocasionadas pela pandemia de COVID-19. Os indicadores com maior redução foram a pegada de carbono, cerca de 14.5% menor, e a pegada de produtos florestais, com redução de 8.4%. Embora o impacto tenha sido menor

O cálculo é realizado considerando a proporção entre a capacidade da Terra de gerar recursos (biocapacidade), com as demandas da humanidade sobre a natureza (pegada ecológica). Em relação a biocapacidade são consideradas a capacidade de absorção de CO₂ proveniente da combustão fóssil, demanda por alimentos e fibras, produção de energia (desde energia elétrica a biomassa), espaço para estradas, construções, dentre outros. A pegada ecológica é representada, esquematicamente, na Figura 1.



Figura 1. Pegada ecológica para uma vida sustentável no Japão³.

Segundo a WWF³, a Pegada Ecológica do Japão para consumo em 2006 foi de 4,1 gha (hectare global) *per capita*, cerca de uma vez e meia a média global de 2,6 gha *per capita*. A biocapacidade do Japão era de apenas 0,6 gha *per capita*, cerca de um terço da média global de 1,8 gha *per capita*. Isso significa que se todos vivessem com base no padrão de vida japonês, exigiríamos o equivalente a 2,3 Terras para sustentar a população mundial. Embora tenha biocapacidade de apenas 0,6 gha *per capita*, a Pegada Ecológica do Japão é de 4,1 gha *per capita*. Isso implica que o Japão depende de importações para compensar a diferença. Mesmo com uma grande área para pesca, não consegue atender a demanda de produtos pesqueiros, que indicam uma grande importação, o que também se aplica a grãos e demais produtos primários.

Tanto a biocapacidade quanto a pegada ecológica podem ser rastreadas e comparadas entre si, com base em dois princípios simples: (1) todas as demandas concorrentes são superfícies produtivas, ou seja, as superfícies que contêm a biocapacidade

do planeta, podem ser somadas; (2) ao dimensionar essas áreas proporcionalmente à sua produtividade biológica, elas se tornam comensuráveis. A unidade de medida usada é “hectare global”, que é um hectare biologicamente produtivo com produtividade média mundial². Na Figura 2 tem-se o cálculo para 2021 em diversos países.



Figura 2. Dias em que a demanda por recursos naturais do planeta serão excedidas.

O carbono é um dos componentes essenciais para manutenção da vida terrestre e o aquecimento causado pelo efeito estufa também é natural, haja visto que animais e plantas liberam gás carbônico. Entretanto, o excesso de práticas não controladas, principalmente no setor industrial, faz com que as emissões sejam ampliadas e os gases acumulados geram um aquecimento da temperatura no planeta.

A neutralização do carbono considera o balanço zero de gases emitidos e retirados da atmosfera. Alguns países da União Europeia, além de Japão e Coreia do Sul, já se comprometeram com essa neutralização até 2050, sendo que na China é considerado o ano de 2060. A Rede Zero significa a não adição de novas emissões na atmosfera, ou seja, as emissões de CO₂ continuarão mas serão equilibradas pela absorção de quantidade equivalente.

Apesar das estratégias de redução da pegada de carbono serem globais, é possível que cada indivíduo contribua e faça sua parte. Dentre algumas ações, cita-se a redução no consumo de plástico com o uso de objetos reutilizáveis, uso de aparelhos de baixo consumo energético, consumo de produtos locais ou de hortas urbanas, apoio a projetos socioambientais, plantio de árvores, dentre outras.

4 | CONSIDERAÇÕES FINAIS

No cenário industrial, tem-se que novos dispositivos, como por exemplo carros elétricos e turbinas eólicas, requerem uma grande quantidade de diferentes minerais, principalmente quando compara-se com as tecnologias que estes dispositivos estão substituindo. Em alguns casos, pode-se requerer um salto de 500% na extração mineral⁴ e, com novas formas de geração de energia tão dependentes da mineração as cadeias de abastecimento deverão ser mais robustas do que as que se tem atualmente. Nesse sentido, a transição energética irá ampliar a pressão na indústria da mineração, em todo o mundo, à medida em que será necessário uma maior consciência e aplicação das políticas de sustentabilidade.

Com o exemplo dos carros elétricos, tem-se que é necessário cerca de seis vezes mais insumos minerais quando compara-se com carros convencionais. Para as usinas eólicas *onshore* esse quantitativo equivale a nove vezes mais recursos do que uma usina a gás⁵.

De acordo com a IEA⁵, sistemas de energia alimentados por tecnologias de “energia limpa” requerem significativamente mais minerais, como descrito na Figura 3 e, sendo principalmente relacionados a:

- Lítio, níquel, cobalto, manganês e grafite para baterias e produtos de tecnologia
- Terras raras para turbinas eólicas e motores de veículos elétricos
- Cobre, silício e prata para energia solar fotovoltaica
- Cobre e alumínio para redes elétricas.

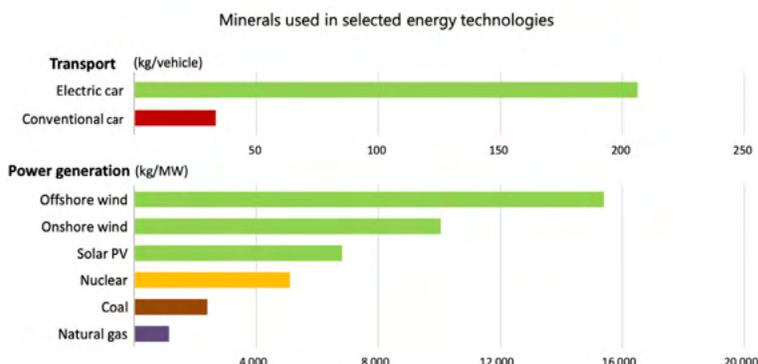


Figura 3. Quantidade de minerais utilizados em algumas tecnologias⁵.

Nesse sentido, garantir investimentos adequados em fontes diversificadas de abastecimento, além de promover inovação tecnológica em toda a cadeia de valor são pontos essenciais para a indústria da mineração na transição energética. No que diz

respeito a sustentabilidade e a agenda ESG, tem-se a necessidade de ampliação de ações relacionadas a reciclagem, resiliência da cadeia de abastecimento e da transparência nas atividades deste mercado. Incorporar padrões ambientais, sociais e de governança mais elevados é mais do que uma política estratégica, sendo fundamental para a manutenção dos setores da indústria mineral. E, ainda, estabelecer relações de colaboração e cooperação internacional, tanto entre produtores quanto entre consumidores, além de integração entre produção e consumo.

O crescimento das demandas minerais está diretamente relacionado às necessidades de viabilização das transições energética, mas, também, são uma forma de desenvolvimentos para alguns países. A mineração, quando devidamente explorada de forma responsável, contribui para a receita pública e fornece receitas econômicas para muitos. Mas, se mal administradas, expõe o setor a uma série de consequências. As falhas de gerenciamento dos impactos ambientais e sociais relacionados ao desenvolvimento mineral irã desacelerar as ações de transição para energia limpa. Emissões significativas de gases de efeito estufa (GHG ou GEE) decorrentes das atividades de mineração, impactos ambientais como a perda de diversidade e a perturbação social em função das atividades exploratórias são algumas dessas falhas, somada à poluição da água, contaminação do solo e poluição do ar. Ainda há que se considerar impactos decorrentes de corrupção, uso indevido dos recursos, fatalidades e trabalho infantil, dentre outros.

De acordo com a WWF⁵ há três conjuntos de ações para alcançar a transição energética com sucesso, resumidos na Figura 4. A primeira, se refere a minimizar as emissões e maximizar a eficiência da infraestrutura e das cadeias de valores atuais, seguindo para a substituição das fontes de energia e métodos de consumo atuais por alternativas mais limpas e de emissão zero. Por fim, a ampliação das fronteiras, ampliando as soluções e a comercialização destas soluções.

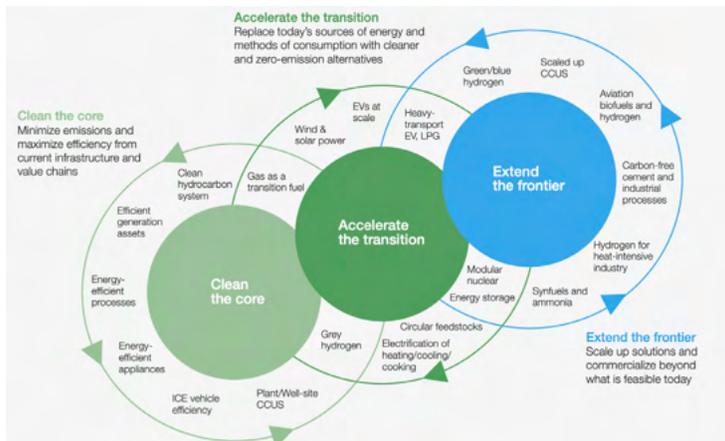


Figura 3. Conjunto de ações para uma transição energética de sucesso⁵.

REFERÊNCIAS

1. SEEG 8. Análise das emissões brasileiras de gases de efeito estufa e suas implicações para as metas de clima do Brasil – 1970/2019. 2020
2. Earth Overshoot Day. Disponível em <https://www.overshootday.org/2020-calculation/>
3. WWF Japan and Global Footprint network. Disponível em https://wwf.panda.org/wwf_news/?196151/Japan-Ecological-Footprint
4. WEF – World Economic Forum - Insight Report April 2021 - Fostering Effective Energy Transition – 2021 Edition
5. IEA – International Energy Agency. Report: The role of critical minerals in clean energy transitions. May, 2021

SOBRE O ORGANIZADOR

ARMANDO DIAS DUARTE - Possui graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Pernambuco (2016), com um período de três meses, através de um intercâmbio realizado na cidade de Hof – Alemanha, desenvolvendo trabalhos de gestão de resíduos sólidos, em conjunto com a Educação Ambiental. Em 2018 concluiu o mestrado acadêmico em Engenharia Civil e Ambiental pela Universidade Federal de Pernambuco com ênfase em tecnologia ambiental. Atualmente (2019) realiza o doutorado na área de otimização em Recursos Hídricos pela Universidade Federal de Pernambuco. Tem experiência nas áreas da Educação Ambiental, Análise de Ciclo de Vida, Gestão Ambiental, Recursos Hídricos e Sustentabilidade. Atua com consultorias empresariais e acadêmicas.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Agregado graúdo 106, 108

C

Calda de cimento 4, 64, 65, 66, 68, 69, 71, 73, 76, 77

Carbonatação 14, 15, 119, 120, 121, 122, 123, 127, 128, 129, 131, 133, 134, 135, 138, 145

Ciclo hidrológico 153

Cimbra autolanzable 4, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 86, 87, 89, 90

Concreto 4, 14, 15, 17, 19, 34, 36, 44, 53, 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 77, 78, 79, 92, 95, 96, 97, 98, 100, 103, 104, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 113, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 141, 151

Concreto armado 4, 34, 36, 64, 68, 92, 97, 104, 105, 119, 120, 121, 122, 123, 126, 127, 135, 138, 139

Concreto leve 106, 107, 118

Concreto protendido 64, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 77, 78

Conforto acústico 46, 52, 62

Conforto térmico 46, 48, 55, 56, 63

Construcción de puentes 4, 79, 91

D

Durabilidade 13, 18, 22, 65, 69, 108, 119, 130, 142, 151

E

Edificação 12, 13, 14, 17, 33, 34, 35, 36, 44, 127

Eletroquímica 4, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 126, 128, 132, 134, 135, 137, 138, 139

Engenharia civil 2, 1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 31, 32, 44, 45, 63, 78, 118, 139, 153, 165, 177

Esgoto tratado 153, 158, 159

EVA 4, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118

G

Grandes luces 79

I

Injeções 32, 33, 35, 36, 38, 39, 44, 45

Intempéries 12, 17, 110

Itaituba 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10

M

Madeira 3, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 29, 30, 31, 35
Manifestações patológicas 12, 13, 14, 18, 32, 33, 35, 44
Materiais cimentícios suplementares 140
Materiais pozolânicos 140, 150
Método de alvenaria convencional 46, 49, 58
Método de bielas 4, 92, 93, 104
Metodologia PBL 3, 1, 3, 4
MLC 3, 20, 21, 22, 30, 31

N

Normatização 64, 65, 69

P

Pandemia 3, 1, 2, 6, 8, 9, 168, 169, 172
Patologia 15, 19, 32
Permeabilidade 3, 20, 21, 22, 23, 24, 26, 28, 29, 30, 31, 137, 155, 157
Pinus 20, 21, 22, 23, 27, 28, 29, 30, 31
Poluição 47, 142, 153, 165, 168, 175
Propriedades mecânicas 106, 107
Protótipos 32, 35, 36, 39, 43, 46, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 56, 57, 59, 60, 61, 62, 63

R

Recalibração 4, 119, 120, 121, 123, 124, 125, 126, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139
Região de descontinuidades 92
Resíduos Agroindustriais 4, 140, 142, 143
Resina epóxi 3, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 43, 44, 45
Revestimento 3, 16, 32, 33, 34, 35, 36, 38, 39, 44, 45

S

Som cavo 3, 32, 33, 34, 35, 36, 39, 43, 44, 45
Sustentabilidade 5, 106, 152, 154, 166, 168, 170, 171, 174, 175, 177

T

Tirantes 4, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 103, 104, 105
Topologia 92, 99, 100, 101, 102, 103, 104

V

Vigas de equilibrio 4, 92, 93, 97

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 @atenaeditora
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING


Ano 2022

 www.atenaeditora.com.br
 contato@atenaeditora.com.br
 [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
 www.facebook.com/atenaeditora.com.br

Collection:

APPLIED CIVIL ENGINEERING


Ano 2022