

ANA PAULA KLAUS LOCATELLI

Ciência dos Materiais para Engenharia e Construção: Uma Abordagem Simplificada

SÃO PAULO | 2025



ANA PAULA KLAUS LOCATELLI



Ciência dos Materiais para Engenharia e Construção: Uma Abordagem Simplificada

SÃO PAULO | 2025



1.^a edição
Ana Paula Klaus Locatelli

**CIÊNCIA DOS MATERIAIS PARA ENGENHARIA E
CONSTRUÇÃO: UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA**

ISBN 978-65-6054-128-3



Ana Paula Klaus Locatelli

**CIÊNCIA DOS MATERIAIS PARA ENGENHARIA E
CONSTRUÇÃO: UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA**

1.^a edição

SÃO PAULO
EDITORA ARCHÉ
2025

Copyright © dos autores e das autoras.

Todos os direitos garantidos. Este é um livro publicado em acesso aberto, que permite uso, distribuição e reprodução em qualquer meio, sem restrições desde que sem fins comerciais e que o trabalho original seja corretamente citado. Este trabalho está licenciado com uma Licença *Creative Commons Internacional* (CC BY- NC 4.0).



Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

L811c Locatelli, Ana Paula Klaus.
Ciência dos materiais para engenharia e construção [livro eletrônico] : uma abordagem simplificada / Ana Paula Klaus Locatelli.
– São Paulo, SP: Arché, 2025.
83 p. : il.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-6054-128-3

1. Engenharia. 2. Materiais de construção. I. Título.

CDD 691

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

Revista REASE chancelada pela Editora Arché.

São Paulo- SP

Telefone: +55 55(11) 5107-0941

<https://periodicorease.pro.br>

contato@periodicorease.pro.br

1ª Edição- *Copyright*® 2025 dos autores.

Direito de edição reservado à Revista REASE.

O conteúdo de cada capítulo é de inteira e exclusiva responsabilidade do (s) seu(s) respectivo (s) autor (es).

As normas ortográficas, questões gramaticais, sistema de citações e referenciais bibliográficos são prerrogativas de cada autor (es).

Endereço: Av. Brigadeiro Faria de Lima n.º 1.384 — Jardim Paulistano.

CEP: 01452 002 — São Paulo — SP.

Tel.: 55(11) 5107-0941

<https://periodicorease.pro.br/rease>

contato@periodicorease.pro.br

Editora: Dra. Patrícia Ribeiro

Produção gráfica e direção de arte: Ana Cláudia Néri Bastos

Assistente de produção editorial e gráfica: Talita Tainá Pereira Batista

Projeto gráfico: Ana Cláudia Néri Bastos

Ilustrações: Ana Cláudia Néri Bastos e Talita Tainá Pereira Batista

Revisão: Ana Cláudia Néri Bastos e Talita Tainá Pereira Batista

Tratamento de imagens: Ana Cláudia Néri Bastos

EDITORIA- CHEFE

Dra. Patrícia Ribeiro, Universidade de Coimbra- Portugal

CONSELHO EDITORIAL

Doutoranda Silvana Maria Aparecida Viana Santos- Facultad Interamericana de Ciencias Sociales - FICS

Doutorando Alberto da Silva Franqueira-Facultad Interamericana de Ciencias Sociales (FICS)

Doutorando Allysson Barbosa Fernandes- Facultad Interamericana de Ciencias Sociales (FICS)

Doutorando. Avaetê de Lunetta e Rodrigues Guerra- Universidad del Sol do Paraguai- PY

Me. Victorino Correia Kinhamu- Instituto Superior Politécnico do Cuanza Sul-Angola

Me. Andrea Almeida Zamorano- SPSIG

Esp. Ana Cláudia N. Bastos- PUCRS

Dr. Alfredo Oliveira Neto, UERJ, RJ

PhD. Diogo Vianna, IEPA

Dr. José Fajardo- Fundação Getúlio Vargas

PhD. Jussara C. dos Santos, Universidade do Minho

Dra. María V. Albardonado, Universidad Nacional del Comahue, Argentina

Dra. Uaiana Prates, Universidade de Lisboa, Portugal

Dr. José Benedito R. da Silva, UFSCar, SP

PhD. Pablo Guadarrama González, Universidad Central de Las Villas, Cuba

Dra. Maritza Montero, Universidad Central de Venezuela, Venezuela

Dra. Sandra Moitinho, Universidade de Aveiro-Portugal

Me. Eduardo José Santos, Universidade Federal do Ceará,

Dra. Maria do Socorro Bispo, Instituto Federal do Paraná, IFPR

Cristian Melo, MEC

Dra. Bartira B. Barros, Universidade de Aveiro-Portugal

Me. Roberto S. Maciel- UFBA

Dra. Francisne de Souza, Universidade de Aveiro-Portugal

Dr. Paulo de Andrada Bittencourt – MEC

PhD. Aparecida Ribeiro, UFG

Dra. Maria de Sandes Braga, UFTM

DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores se responsabilizam publicamente pelo conteúdo desta obra, garantindo que o mesmo é de autoria própria, assumindo integral responsabilidade diante de terceiros, quer de natureza moral ou patrimonial, em razão de seu conteúdo, declarando que o trabalho é original, livre de plágio acadêmico e que não infringe quaisquer direitos de propriedade intelectual de terceiros. Os autores declaram não haver qualquer interesse comercial ou irregularidade que comprometa a integridade desta obra.

DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Editora Arché 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.º 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 *ecommerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. 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.

INTRODUÇÃO

Desde os primeiros objetos moldados em pedra até as avançadas ligas metálicas e os compósitos sintéticos de hoje, os materiais desempenham um papel central na evolução da humanidade. O progresso das sociedades sempre esteve ligado à nossa capacidade de descobrir, transformar e aplicar os materiais ao nosso redor.

Ao longo do tempo, testemunhamos uma incrível revolução tecnológica impulsionada pela inovação em materiais. Um exemplo claro está nos aviões modernos, que utilizam ligas leves e compósitos avançados para alcançar velocidades impressionantes e eficiência energética. Os carros, por sua vez, evoluíram de estruturas básicas de ferro para veículos projetados com alumínio, fibra de carbono e materiais inteligentes que priorizam segurança, desempenho e sustentabilidade. Na medicina, os biomateriais têm revolucionado tratamentos, permitindo o desenvolvimento de próteses, implantes e tecidos artificiais que salvam vidas e restauram funções vitais.

Na engenharia civil, a evolução dos materiais tem transformado a forma como projetamos e construímos. Desde o uso de pedras naturais e argila nas primeiras civilizações até os modernos concretos de alto desempenho e os compósitos avançados. O concreto armado, por exemplo, mudou radicalmente a engenharia estrutural, permitindo a criação de pontes, edifícios e barragens monumentais. Mais recentemente, materiais como o concreto autoadensável, o concreto translúcido e os polímeros reforçados com fibras têm ampliado os limites do *design* arquitetônico e da eficiência estrutural. O uso de materiais sustentáveis, como bambu laminado e reciclados, reflete o compromisso da engenharia civil em

reduzir impactos ambientais e construir um futuro mais resiliente e inovador.

Este livro convida você a explorar esse fascinante universo, abordando os princípios fundamentais da ciência dos materiais e suas aplicações práticas, voltadas para o ramo da engenharia civil. Vamos mergulhar em suas estruturas, compreender suas propriedades e descobrir como eles moldam o mundo ao nosso redor – desde os desafios mais complexos da engenharia até os objetos simples do cotidiano.

Prepare-se para uma jornada de aprendizado e inspiração, desvendando as histórias e os segredos que transformaram os materiais no alicerce das grandes inovações da humanidade.

Boa leitura!

Organizadora,

Ana Paula Klaus Locatelli

DEDICATÓRIA

A Deus, acima de tudo, pela sabedoria, pela força nos momentos difíceis e pela luz que guia cada passo do meu caminho. Sem Ele, nada seria possível.





Aos meus pais, por serem o alicerce em todas as construções da minha vida, e por me ensinarem que sonhos são os pilares mais fortes de uma jornada.

E ao meu amor, Izaias, pela paciência, pela compreensão e por estar ao meu lado em cada passo desta vida. Sua presença é um alicerce que fortalece meu coração e meus sonhos.

Aos amigos e mentores que, com suas palavras e gestos, iluminaram meu caminho, mostrando que o conhecimento floresce quando compartilhado.

Que estas páginas sejam uma inspiração para quem busca sempre crescer e acreditar naquilo que pode realizar. Com gratidão e amor, dedico estas páginas a todos vocês.

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	09
CAPÍTULO 01	13
EXPLORANDO O UNIVERSO DOS MATERIAIS	
Ana Paula Klaus Locatelli	
	https://doi.org/10.51891/rease.978-65-6054-128-3-1
CAPÍTULO 02	21
PROPRIEDADES FUNDAMENTAIS DOS MATERIAIS	
Ana Paula Klaus Locatelli	
	https://doi.org/10.51891/rease.978-65-6054-128-3-2
CAPÍTULO 03	38
MATERIAIS METÁLICOS E CERÂMICOS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES	
Ana Paula Klaus Locatelli	
	https://doi.org/10.51891/rease.978-65-6054-128-3-3
CAPÍTULO 04	57
MATERIAIS COMPÓSITOS E POLÍMEROS: VERSATILIDADE E INOVAÇÃO	
Ana Paula Klaus Locatelli	
	https://doi.org/10.51891/rease.978-65-6054-128-3-4
ÍNDICE REMISSIVO	78

CAPÍTULO 1

EXPLORANDO O UNIVERSO DOS MATERIAIS

EXPLORANDO O UNIVERSO DOS MATERIAIS

Ana Paula Klaus Locatelli¹

Os materiais estão profundamente integrados em nossa cultura, mais do que geralmente percebemos. Eles influenciam quase todos os aspectos de nossa vida diária, como transporte, habitação, vestuário, comunicação, recreação e produção de alimentos. Hoje, sua presença é ainda mais evidente em itens como celulares, televisores, lâmpadas, coberturas térmicas tipo sanduíche em casas e muitos outros produtos que utilizamos cotidianamente. Esses avanços mostram como os materiais moldam nosso mundo e continuam a evoluir junto com as tecnologias que usamos.

A evolução dos materiais utilizados na fabricação de carros transformou significativamente a segurança dos veículos. No passado, os materiais predominantes, como o aço rígido, transmitiam grande parte do impacto de uma colisão diretamente aos ocupantes, o que resultava em lesões mais graves para os motoristas e passageiros. Com o avanço da tecnologia, materiais mais modernos, como ligas de aço de alta resistência e polímeros avançados, passaram a ser utilizados em projetos que priorizam a absorção de energia. Hoje, a estrutura dos veículos é projetada para deformar-se controladamente em áreas específicas, como zonas de impacto, reduzindo a força transmitida aos ocupantes e aumentando consideravelmente a segurança em caso de acidentes (Teixeira, 2019).

¹Docente na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre em Ciência de Materiais.

Atualmente, os carros são equipados com sistemas avançados, como controle eletrônico de estabilidade, que ajuda a prevenir derrapagens e perda de controle em curvas ou superfícies escorregadias. A crescente quantidade de sensores tornou os veículos mais inteligentes e seguros, com funcionalidades como câmeras de ré para facilitar manobras, sensores de permanência na pista que alertam o motorista caso o carro saia da faixa, e sistemas que monitoram sinais de fadiga do condutor, emitindo alertas se detectarem que ele pode estar dormindo ao volante. Sensores de proximidade lateral também contribuem para evitar colisões com veículos ou objetos ao lado, oferecendo uma camada extra de proteção e conforto durante a condução.

Todas essas melhorias desde a absorção de impacto até os avanços em segurança ativa, só foram possíveis graças ao aprofundado estudo dos materiais, que envolve o entendimento de suas propriedades e estruturas. A ciência dos materiais desempenha um papel central no desenvolvimento de soluções inovadoras, permitindo que os engenheiros projetem componentes que atendam a exigências específicas, como resistência, leveza, elasticidade e durabilidade.

Callister e Rethwisch (2012), estabelecem uma classificação abrangente para os materiais, dividindo-os em categorias principais, como polímeros, metais, compósitos e cerâmicos. Os metais, como o aço e o alumínio, são amplamente utilizados em estruturas devido à sua alta resistência mecânica e capacidade de suportar cargas elevadas. Já as ligas metálicas, têm contribuído para a criação de estruturas mais leves e duráveis, ideais para projetos modernos e inovadores. Os polímeros, por

sua vez, são frequentemente utilizados em acabamentos, tubulações e revestimentos. Os compósitos, que combinam diferentes materiais para obter propriedades otimizadas, são cada vez mais comuns em fachadas, pontes e painéis estruturais, graças à sua alta relação resistência/peso e à versatilidade no *design*. E os cerâmicos, que incluem tijolos, telhas, porcelanatos e vidros, continuam sendo materiais tradicionais e indispensáveis na construção civil.

Outros autores como Askeland e Wright (2019), classificam os materiais em:

- Metais e ligas;
- Cerâmicos, vidros e vitrocerâmicas;
- Polímeros;
- Semicondutores;
- Materiais compósitos.

Sendo assim, a combinação estratégica de materiais, fundamentada em estudos detalhados, tem sido a base para a evolução tecnológica, possibilitando soluções inovadoras que transformam não apenas os setores industriais, como transporte e construção civil, mas também a vida cotidiana. Esse avanço reflete a importância do contínuo investimento em pesquisa e desenvolvimento, garantindo que os materiais do futuro sejam ainda mais eficientes, sustentáveis e adaptados às necessidades de um mundo em constante mudança.

CIÊNCIA E ENGENHARIA DE MATERIAIS

A ciência dos materiais é focada na compreensão fundamental das propriedades, estruturas e comportamentos dos materiais. Seu objetivo principal é estudar como as ligações atômicas, a composição química e a microestrutura influenciam as propriedades dos materiais. Por exemplo, os cientistas investigam como alterações em uma liga metálica podem melhorar sua resistência ou como modificar um polímero para torná-lo mais resistente ao calor (Ceramic and glass foundation, s.d.).

Já a engenharia de materiais aplica esse conhecimento científico para projetar, desenvolver e fabricar materiais que atendam às necessidades específicas de aplicações industriais. Os engenheiros trabalham para selecionar e adaptar materiais que sejam adequados a diferentes finalidades, otimizando seu desempenho e garantindo eficiência econômica e ambiental. Por exemplo, na construção de um avião, eles determinam qual combinação de materiais pode oferecer leveza e resistência, levando em conta também custos e processos de fabricação (Ceramic and glass foundation, s.d.).

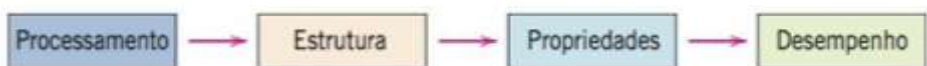
A ciência de materiais envolve a investigação das relações que existem entre as estruturas e as propriedades dos materiais e que a engenharia de materiais consiste, baseado nessas correlações estrutura-propriedade, no projeto ou na engenharia da estrutura de um material para obter um conjunto predeterminado de propriedades (Callister; Rethwisch, 2012).

A estrutura de um material está relacionada à organização de seus componentes internos em diferentes escalas. Na escala subatômica, ela envolve os elétrons nos átomos e suas interações com os núcleos. Já na escala atômica, refere-se ao arranjo dos átomos ou moléculas entre si. Em

um nível superior, a estrutura microscópica abrange grandes conjuntos de átomos, sendo visível com o auxílio de microscópios. Por fim, os elementos estruturais perceptíveis a olho nu são classificados como macroscópicos (Curso Técnico em Eletromecânica, EEEP, s.d.).

Na ciência e engenharia de materiais, além das propriedades e da estrutura, dois outros elementos desempenham um papel fundamental: o “processamento” e o “desempenho”. Esses quatro componentes – estrutura, propriedades, processamento e desempenho – estão intrinsecamente interligados. A estrutura de um material é diretamente influenciada pelo método de processamento aplicado a ele. Da mesma forma, o desempenho de um material é determinado por suas propriedades específicas. Essa relação é representada de forma linear, como ilustrado na Figura 1, evidenciando a dependência mútua entre esses aspectos (Askeland; Wright, 2019).

Figura 1 - Os quatro componentes da disciplina de ciência e engenharia de materiais e o seu inter-relacionamento.



Fonte: Callister e Rethwisch (2012).

As propriedades dos materiais podem ser classificadas em diversas categorias, que serão amplamente discutidas e exploradas ao longo deste livro, e que fornecem uma base para compreender o comportamento dos materiais em diferentes contextos (Curso Técnico em Eletromecânica, EEEP, s.d). São elas:

- **Propriedades mecânicas:** incluem resistência, dureza, ductilidade, elasticidade e tenacidade. Elas determinam como um material reage a forças externas, como tensão ou compressão.
- **Propriedades térmicas:** como condutividade térmica, expansão térmica e resistência ao calor, que influenciam o desempenho em ambientes de alta ou baixa temperatura.
- **Propriedades elétricas:** como condutividade e resistência elétrica, que definem sua aplicação em sistemas eletrônicos e de energia.
- **Propriedades ópticas:** como transparência, refração e absorção de luz, fundamentais em materiais como vidros e fibras ópticas.
- **Propriedades magnéticas:** estão relacionadas à capacidade de um material interagir com campos magnéticos.
- **Propriedades deteriorativas:** referem-se ao comportamento dos materiais em relação a processos que levam à sua degradação ao longo do tempo.

REFERÊNCIAS

Askeland, D. R.; Wright, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. Tradução Priscilla Lopes; revisão técnica Daniel Rodrigo Leiva. São Paulo, SP: Cengage, 2019.

Callister, W. D. Jr.; Rethwisch, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Ceramic and glass industry foundation. **O que é ciência de materiais?** s.d. Disponível em: <<https://foundation.ceramics.org/teacher-resources/what-is-materials-science/>>. Acesso em: 03 jan. 2025.

CURSO Técnico em Eletromecânica. **Escola Estadual de Educação**

Profissional - EEEP. Ensino médio integrado à Educação Profissional. Tecnologia dos Materiais. Governo do Estado do Ceará. Secretaria de Educação. Disponível em: <https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2012/06/eletromecanica_tecnologia_dos_materiais.pdf> Acesso em: 03 jan. 2025.

Teixeira. A. C. **Segurança automotiva: confira o que evoluiu na indústria nos últimos 50 anos.** 2019. Disponível em: <<https://institutocombustivellegal.org.br/seguranca-automotiva-confira-o-que-evoluiu-na-industria-nos-ultimos-50-anos/>>. Acesso em: 03 jan. 2025.

CAPÍTULO 2

PROPRIEDADES FUNDAMENTAIS DOS MATERIAIS

PROPRIEDADES FUNDAMENTAIS DOS MATERIAIS

Ana Paula Klaus Locatelli¹

As propriedades dos materiais (Figura 2) são características fundamentais que definem seu comportamento e desempenho em diferentes condições de uso. Essas propriedades podem ser classificadas em categorias como elétricas, térmicas, óticas, magnéticas, mecânicas, deteriorativas, entre outras (Bauer, 2019).

Figura 2 - Propriedade dos materiais.



Fonte: Autora, 2025.

PROPRIEDADES ELÉTRICAS

As propriedades elétricas dos materiais estão relacionadas à sua habilidade de conduzir ou dificultar o fluxo de corrente elétrica, o que permite sua classificação em condutores, isolantes e semicondutores. A condutividade elétrica, que mede a facilidade de condução de corrente, é o inverso da resistividade (Callister; Rethwisch, 2012).

Os materiais condutores possuem alta condutividade elétrica

¹Docente na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre em Ciência de Materiais.

devido à presença de elétrons livres em sua estrutura atômica, o que facilita o fluxo de corrente. Exemplos típicos incluem metais como cobre, alumínio e prata, amplamente utilizados em fios e cabos elétricos, graças à sua eficiência na transmissão de eletricidade (Callister; Rethwisch, 2012).

Por outro lado, os materiais isolantes possuem baixíssima condutividade elétrica, pois seus elétrons estão fortemente ligados aos átomos, impedindo o fluxo de corrente. Materiais como borracha, vidro e cerâmica são comumente usados como revestimentos de segurança em sistemas elétricos, garantindo proteção contra choques e perdas de energia. Normalmente, materiais isolantes elétricos também apresentam baixa condutividade térmica, pois não possuem elétrons livres para facilitar a transferência de energia (Askeland; Wright, 2019).

Já os materiais semicondutores apresentam propriedades intermediárias entre condutores e isolantes, podendo conduzir corrente elétrica sob determinadas condições, como a aplicação de calor ou luz. Os semicondutores, como silício e germânio, são a base da tecnologia moderna, sendo essenciais na fabricação de componentes eletrônicos como diodos, transistores e circuitos integrados (Stein; Gehlen; Rojas, 2017).

PROPRIEDADES TÉRMICAS

“É extremamente importante a distinção entre calor e temperatura. Temperatura é um nível de atividade térmica enquanto calor é a energia térmica”. Diversos tipos de calor de transformação são fundamentais no estudo dos materiais, sendo os mais conhecidos o calor latente de fusão e

o calor latente de vaporização. Esses calores representam a energia necessária para que o material passe pelos processos de fusão e vaporização, respectivamente. Cada um desses fenômenos envolve uma transformação interna, onde ocorre a transição de um arranjo atômico para outro (Van Vlack, 1970).

Quando um material recebe calor do ambiente, sua temperatura aumenta. Essa realidade, que observamos no dia a dia, pode ser medida por uma característica essencial dos materiais, chamada capacidade térmica. Tanto a capacidade térmica quanto o calor específico refletem a absorção de calor presente no entorno. A elevação da temperatura resulta em uma maior vibração térmica dos átomos de um material, e aumenta a distância média entre átomos adjacentes (Shackelford, 2008).

No concreto, por exemplo, a dilatação térmica é um fenômeno particularmente relevante em pontes, viadutos e grandes estruturas. As variações térmicas ao longo do dia podem causar microfissuras e tensões internas se não forem previstos elementos como juntas de dilatação, que permitem a movimentação controlada e evitam danos estruturais.

Nas cerâmicas utilizadas em revestimentos de fachadas ou pisos, a dilatação térmica também pode gerar trincas e descolamentos se não forem aplicados rejuntas adequados ou observadas as condições de aplicação. O mesmo ocorre em rebocos e argamassas, que podem apresentar fissuras quando expostos a mudanças bruscas de temperatura, principalmente em climas extremos.

A transmissão de calor dos ambientes externos para os internos é outro fator importante. Materiais como concreto e cerâmica têm alta

condutividade térmica, podendo transferir calor rapidamente para o interior de edificações. Isso impacta diretamente no conforto térmico, especialmente em regiões quentes. Para mitigar esses efeitos, é comum utilizar revestimentos isolantes térmicos ou incorporar elementos como mantas térmicas nas coberturas.

Materiais com alta capacidade de retenção de calor, como as telhas isotérmicas, têm ganhado destaque na construção civil. Compostas por camadas de materiais isolantes, como poliuretano ou poliestireno, essas telhas reduzem significativamente a transferência de calor para o interior das edificações, proporcionando maior conforto térmico e menor dependência de sistemas de climatização. Isso resulta em economia de energia e maior sustentabilidade.

PROPRIEDADES MAGNÉTICAS

As características magnéticas estão ligadas à forma como os materiais interagem com campos magnéticos, além da sua habilidade de produzir ou reter magnetismo. Vários dos dispositivos tecnológicos contemporâneos se baseiam no magnetismo e em materiais magnéticos. Entre os principais aspectos estão (Callister; Rethwisch, 2012):

- **Permeabilidade magnética:** indica a facilidade com que um material permite a formação de linhas de campo magnético. Materiais como ferro e níquel têm alta permeabilidade, sendo usados em núcleos de transformadores e motores.
- **Magnetização:** mede a capacidade de um material de se tornar magnetizado ao ser exposto a um campo magnético. Os materiais

magnéticos são classificados como:

- Ferromagnéticos: possuem alta capacidade de magnetização, como o ferro e o cobalto.
- Paramagnéticos: têm fraca interação magnética, como o alumínio.
- Diamagnéticos: repelem campos magnéticos, como o cobre e o ouro.
- Histérese magnética: refere-se ao comportamento do material após a remoção do campo magnético, sendo importante na escolha de materiais para memórias magnéticas e ímãs permanentes.

PROPRIEDADES ÓTICAS

As propriedades ópticas descrevem como um material interage com a luz, incluindo sua capacidade de transmitir, refletir, absorver ou refratar ondas luminosas (Callister; Rethwisch, 2012).

Alguns materiais têm a capacidade de absorver energia e posteriormente emitir luz visível, um fenômeno conhecido como luminescência. Essa propriedade tem sido explorada no desenvolvimento de materiais inovadores para a construção civil, como o concreto luminescente. O concreto luminescente é um material revolucionário que incorpora compostos luminescentes capazes de armazenar energia da luz solar ou artificial durante o dia e liberá-la na forma de luz visível no escuro. Esse fenômeno ocorre graças à presença de aditivos fotoluminescentes no concreto, que capturam e acumulam a energia luminosa. À noite, o concreto emite uma luz suave, criando um efeito de brilho que pode durar várias horas. Ele é utilizado em pavimentações de calçadas, ciclovias, fachadas e até mesmo em interiores, contribuindo para a segurança,

sustentabilidade e redução do consumo de energia elétrica com iluminação (Morlin-Yron, 2016).

Transparência, translucidez e opacidade (Figura 3) são propriedades ópticas que descrevem como os materiais interagem com a luz. Um material transparente permite que a luz passe através dele sem distorções significativas, permitindo uma visão clara dos objetos do outro lado. Isso ocorre porque a estrutura interna do material permite que os raios de luz atravessem diretamente, sem serem espalhados. Um material translúcido permite que a luz passe através dele, mas de forma difusa, espalhando os raios de luz. Isso impede a visão nítida dos objetos do outro lado, criando um efeito de privacidade enquanto ainda ilumina o ambiente. E materiais opacos não permitem a passagem da luz, bloqueando completamente sua trajetória. Essa característica os torna ideais para criar barreiras visuais e proteger os ambientes da luz excessiva (Callister; Rethwisch, 2012).

Figura 3 - Material cristalino, translúcido e opaco.



Fonte: S. Tanner (apud Callister; Rethwisch, 2012).

As propriedades de reflexão, refração e absorção descrevem como a luz interage com diferentes materiais e desempenham papéis importantes na arquitetura e no design de ambientes. A reflexão ocorre quando a luz incide sobre uma superfície e é redirecionada, como acontece em materiais altamente reflexivos, como espelhos, superfícies metálicas polidas e vidros tratados, que são usados para ampliar a percepção de espaço ou redirecionar a iluminação. A refração acontece quando a luz atravessa um material transparente ou translúcido e muda de direção devido à variação de densidade, como no caso do vidro ou do acrílico, sendo amplamente utilizada em fachadas, prismas decorativos e luminárias para manipular a luz natural ou artificial. Já a absorção ocorre quando a luz é retida pelo material, convertendo-se em calor; isso é característico de materiais como concreto, madeira e telhas cerâmicas, que ajudam no controle térmico das edificações (Shackelford, 2008).

PROPRIEDADES DETERIORATIVAS

As propriedades deteriorativas estão relacionadas à degradação dos materiais ao longo do tempo, devido à exposição a fatores ambientais, químicos ou mecânicos. Esses fatores podem comprometer a integridade estrutural, a funcionalidade e a vida útil dos materiais (Zanoni, 2016).

A corrosão (Figura 4) é o processo de degradação de materiais metálicos devido a reações químicas ou eletroquímicas, geralmente em interação com o ambiente. Esse fenômeno ocorre no ferro e em diversas ligas ferrosas, como os aços-carbono, quando expostos à atmosfera ou imersos em águas naturais. O resultado é a perda de material, que reduz a

seção do aço e compromete sua funcionalidade e desempenho (Silva et al., 2015).

Figura 4 - Aço em estágio avançado de corrosão.



Fonte: Disponível em: < https://compraco.com.br/cdn/shop/articles/Corrosao-das-armaduras-Causas-e-prevencao_f09809bc-bddd-46fb-80d064c0d6bfef19.jpg?v=1718083230>. Acesso em: 08 jan. 2025.

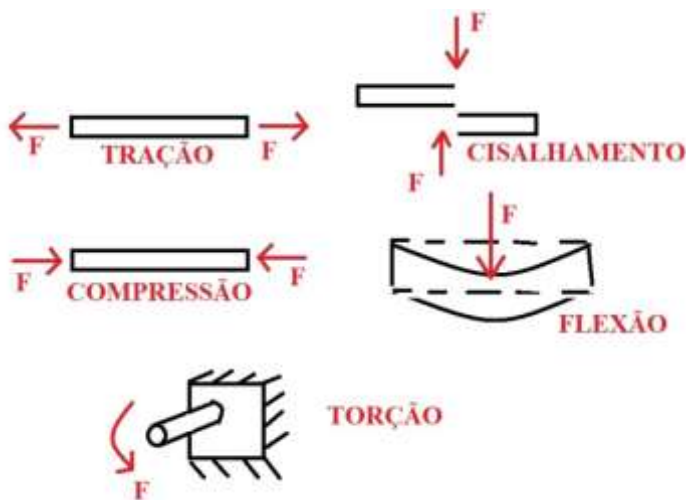
A degradação térmica ocorre quando materiais expostos a temperaturas elevadas sofrem alterações irreversíveis em suas propriedades. No caso de polímeros, podem perder resistência ou deformar-se devido ao calor. Metais, por sua vez, podem sofrer mudanças na microestrutura, impactando características como dureza e ductilidade. Especificamente em polímeros, o aumento da temperatura pode levar à migração de aditivos de baixa massa molecular, especialmente em materiais envelhecidos. Esse processo depende da estrutura do polímero, da temperatura, do peso molecular e da natureza dos aditivos. A degradação térmica também pode intensificar reações de hidrólise, fotoquímicas secundárias e a oxidação de contaminantes em pequenas

concentrações (Izdebska; Thomas, 2016).

PROPRIEDADES MECÂNICAS

As propriedades mecânicas dos materiais são fundamentais para a engenharia, pois descrevem como os materiais respondem a forças externas, permitindo avaliar sua resistência, deformação e comportamento sob carga (tração, compressão, cisalhamento – Figura 5). Essas características são essenciais para o projeto e análise de estruturas e componentes, garantindo segurança e eficiência (Callister; Rethwisch, 2012).

Figura 5 - Forças externas ao material.



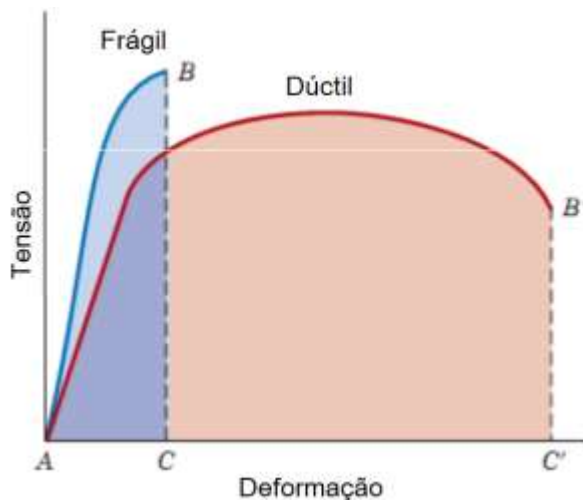
Fonte: Locatelli, 2025.

Tensão refere-se à força aplicada sobre uma área, representando a força interna que atua dentro de um material (Figura 6). Essa força é

responsável por causar deformações e pode ser classificada como normal ou tangencial, dependendo da direção em relação à superfície. **Deformação**, por sua vez, é a alteração na forma ou no tamanho de um corpo devido à aplicação de uma tensão. Pode ser elástica, quando o material retorna à sua forma original após a remoção da carga, ou plástica, quando a mudança é permanente (Van Vlack, 1970).

A **deformação elástica** é caracterizada por ser reversível e temporária, permitindo que o material recupere sua forma original assim que a força aplicada é removida. Por outro lado, a **deformação plástica** é permanente, causando uma alteração irreversível na forma do material, mesmo após a remoção da força (Callister; Rethwisch, 2012).

Figura 6 - Gráfico Tensão X Deformação para materiais frágeis e dúcteis.



Fonte: (Callister; Rethwisch, 2012).

A **Lei de Hooke** é um princípio fundamental da mecânica dos

materiais que descreve o comportamento elástico dos materiais dentro de um limite específico conhecido como limite de proporcionalidade. No gráfico tensão x deformação, a Lei de Hooke é representada por uma reta linear que passa pela origem, indicando a proporcionalidade direta entre tensão e deformação no regime elástico do material. O coeficiente angular dessa reta é o módulo de elasticidade, que varia dependendo do material analisado (Brasil escola, s.d).

O **módulo de elasticidade** representa a relação entre tensão e deformação elástica, indicando a rigidez do material. Essa propriedade é muito importante para a engenharia, pois avalia a capacidade de um material resistir à deformação sob esforços, sendo uma medida direta de sua resistência mecânica (Van Vlack, 1970).

Ainda sobre o gráfico de tensão x deformação, a **ductilidade** é a capacidade de um material de se deformar plasticamente sem se romper. Materiais dúcteis, como o aço e o alumínio, podem ser moldados em diferentes formas, sendo amplamente utilizados em aplicações que exigem flexibilidade e resistência. Em contraste, **materiais frágeis**, como vidro e cerâmica, tendem a quebrar facilmente sob tensão (Shackelford, 2008).

A **dureza** é uma propriedade mecânica dos materiais que reflete sua resistência à deformação permanente, ao risco ou à penetração. Em termos práticos, a dureza está relacionada à capacidade de um material resistir ao desgaste, arranhões ou marcas causadas por outro material. Uma das formas mais conhecidas de medir a dureza é por meio da Escala de Mohs (Figura 7), desenvolvida em 1812 pelo mineralogista Friedrich Mohs. Essa escala é baseada na resistência de um material a ser riscado

por outro e classifica os minerais em uma escala de 1 a 10, em que 1 representa o talco, o material mais macio da escala, que pode ser riscado facilmente e 10 representa o diamante, o material mais duro conhecido, capaz de riscar todos os outros materiais da escala (Callister; Rethwisch, 2012).

Figura 7 - Escala de Mohs.



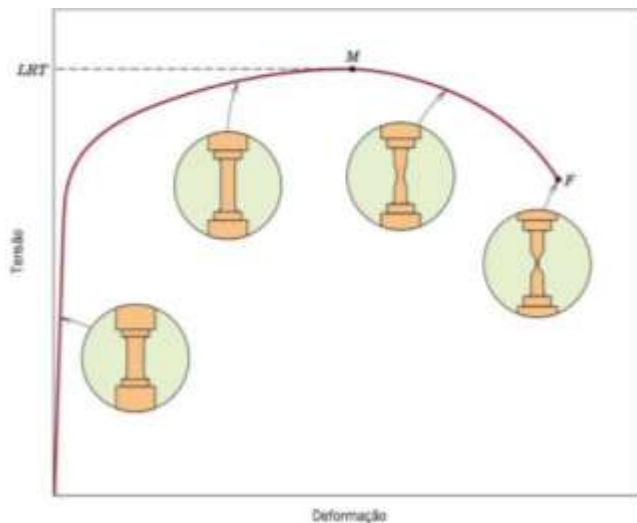
Fonte: Disponível em: <https://www.researchgate.net/figure/Figura-51-Escala-Mohs-o-grau-de-dureza-dos-minerais_fig35_335639923>. Acesso em: 09 jan. 2025.

A **tenacidade** mede a energia que o material pode absorver antes de se romper. É uma combinação de resistência e ductilidade. Materiais tenazes, como certos tipos de aço, são ideais para aplicações estruturais críticas, onde é necessário resistir a impactos e cargas dinâmicas sem falhar (Shackelford, 2008).

A **resistência à tração** refere-se à capacidade de um material suportar forças que atuam no sentido de alongá-lo. Essa propriedade é

avaliada por meio de ensaios de tração, nos quais se mede a tensão máxima que o material consegue suportar antes de romper (Bejo et al., 2021). Na Figura 8, observa-se que o corpo de prova foi fixado pelas extremidades e submetido a uma força axial aplicada em sentidos opostos, resultando no alongamento do aço, seguido pelo fenômeno de empescoçamento e, por fim, sua ruptura. A partir desse ensaio é possível determinar a tensão máxima suportada (LRT), a tensão de ruptura (F), o regime elástico (tensão de escoamento) e o regime plástico do material.

Figura 8 - Ensaio de tração até a fratura.



Fonte: Callister e Rethwisch (2012).

Já a **resistência à compressão** é a capacidade de um material suportar forças que atuam no sentido de esmagá-lo ou reduzir seu volume. Essa propriedade é avaliada por meio de ensaios de compressão, onde se mede a tensão máxima que o material pode suportar antes de deformar-se

permanentemente ou falhar. É especialmente relevante em materiais usados em aplicações estruturais, como concreto e cerâmicas, que frequentemente estão sujeitos a cargas compressivas (Callister; Rethwisch, 2012). Na Figura 9, é possível observar o corpo de prova centralizado na prensa, onde a parte inferior permanece estática enquanto a parte superior aplica compressão até a ruptura do material. Durante o ensaio, o computador conectado à prensa gera um gráfico indicando a resistência máxima suportada pelo corpo de prova.

Figura 9 - Ensaio de resistência a compressão do concreto.



Fonte: Locatelli, 2022.

A **fluência** é a deformação lenta e contínua de um material submetido a tensão constante, geralmente em altas temperaturas. Esse fenômeno é especialmente relevante em componentes usados em turbinas,

caldeiras e motores, onde altas temperaturas e tensões prolongadas podem comprometer a integridade estrutural ao longo do tempo. Já a **fadiga** é o processo de falha progressiva de um material devido a carregamentos cíclicos repetidos. Mesmo em tensões abaixo do limite de escoamento, esses ciclos podem causar o surgimento e o crescimento de microfissuras, que eventualmente levam à falha completa da peça. Vibrações, impactos e solicitações cíclicas são causas comuns de falha por fadiga em pontes, aeronaves, turbinas e outros equipamentos (Askeland; Wright, 2019).

REFERÊNCIAS

Askeland, D. R.; Wright, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. Tradução Priscilla Lopes; revisão técnica Daniel Rodrigo Leiva. São Paulo, SP: Cengage, 2019.

Bauer, L. A. F. **Materiais de construção**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Bejo, F. G.; Caminaga, C.; Verderio Junior, S.A.; Antonio, J. W. Estudo comparativo das propriedades mecânicas dos aços SAE 1045 e SAE 1020, em diferentes condições metalúrgicas, através dos ensaios de tração unidirecional e flexão em três pontos. **Revista Matéria**, v.26, n.3, 2021.

Brasil escola. **Lei de Hooke**. S.d. Disponível em: <<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/lei-de-hooke.htm>>. Acesso em: 09 jan. 2025.

Callister, W. D. Jr.; Rethwisch, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Izdebska, J. Thomas, S. *Printing on polymers*. **Elsevier**, 2016. ISBN 978-0-323-37468- 2 <https://doi.org/10.1016/C2014-0-02411-2>

Morlin-Yron, S. *Glow-in-the-dark cement could revolutionize how we light cities*. CNN, 15 jul. 2016. Disponível em: <<https://edition.cnn.com/style/article/glow-in-the-dark->

cement/index.html.>. Acesso em: 8 jan. 2025.

Shackelford, J. F. **Introdução à ciência de materiais para engenheiros**. Tradução: Daniel Vieira; revisão técnica Nilson C. Cruz. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008.

Silva, M. V. F.; Pereira, M. C.; Codaro, E. N.; Acciari, H. A. Corrosão do aço-carbono: uma abordagem do cotidiano no ensino de química. **Quim. Nova**, Vol. 38, No. 2, 293-296, 2015. <http://dx.doi.org/10.5935/0100-4042.20140313>

Stein, R. T.; Gehlen, R. Z. Da C.; Rojas, F. C. **Tecnologia dos materiais**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

Van Vlack, L. H. **Princípios de ciência de materiais**. Traduzido por Eng. Luiz Paulo Camargo Ferrão. São Paulo: Blucher, 1970.

Zanoni, E. **As seis propriedades que definem a utilização de um material**. 2016. Disponível em: <
<https://engenhariadeelite.wordpress.com/2016/04/09/as-seis-propriedades-que-definem-a-utilizacao-de-um-material/>>. Acesso em: 08 jan. 2025.

CAPÍTULO 3

MATERIAIS METÁLICOS E CERÂMICOS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES

MATERIAIS METÁLICOS E CERÂMICOS: FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES

Ana Paula Klaus Locatelli¹

A ciência e a engenharia de materiais classificam os materiais em diferentes categorias com base em sua composição química, propriedades e aplicações. As quatro principais classes de materiais mais comumente encontradas na literatura são materiais metálicos, cerâmicos, poliméricos e compósitos.

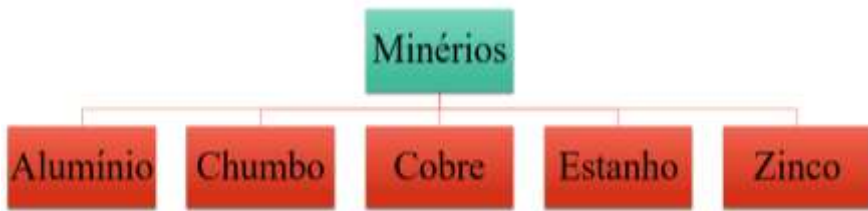
MATERIAIS METÁLICOS

Os materiais metálicos são amplamente utilizados devido às suas propriedades como resistência mecânica, ductilidade, boa condutividade elétrica e térmica, e durabilidade. Eles podem ser divididos em duas categorias principais: metais ferrosos (que contêm ferro, como aço e ferro fundido) e metais não ferrosos (como alumínio, cobre e titânio)(Bauer, 2019).

Os metais são amplamente encontrados na natureza, podendo ocorrer tanto no estado livre quanto combinados em compostos. A forma em que os metais são encontrados depende de sua reatividade química e das condições geológicas da região (Bauer, 2019). Os minérios mais encontrados na natureza podem ser visualizados na Figura 10.

¹Docente na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre em Ciência de Materiais.

Figura 10 - Principais minérios encontrados na natureza.



Fonte: Locatelli (2025).

Para alcançar propriedades mecânicas e tecnológicas superiores, as ligas metálicas são desenvolvidas pela combinação de diferentes elementos. Elas consistem em misturas homogêneas de dois ou mais componentes, podendo ser exclusivamente metálicos, como no caso do latão (liga de cobre e zinco), ou incluir elementos não metálicos, como no aço (liga de ferro e carbono). Essas combinações químicas permitem ajustar as características do material, ampliando sua aplicabilidade em diversos setores (Askeland; Wright, 2019).

O processamento de metais inclui técnicas como fundição, forjamento, extrusão e usinagem. Além disso, os metais são frequentemente combinados com outros elementos químicos para formar ligas metálicas, como o aço inoxidável (ferro-carbono com cromo), que oferece maior resistência à corrosão (Bauer, 2019).

O aço e os metais desempenham um papel essencial na engenharia civil devido às suas propriedades únicas, que atendem às necessidades de resistência, durabilidade e eficiência estrutural. Este, destaca-se por sua alta resistência mecânica, que permite suportar grandes cargas, tornando-o ideal para a construção de pontes, edifícios e estruturas metálicas. Sua

ductilidade também possibilita que ele se deforme antes de romper, garantindo maior segurança estrutural ao absorver impactos e redistribuir tensões em situações extremas (Shackelford, 2008).

O sistema *steel frame* (Figura 11) é uma tecnologia construtiva moderna e sustentável que utiliza perfis de aço galvanizado como estrutura principal. Amplamente aplicado em projetos residenciais e comerciais, o *steel frame* se destaca pela leveza, durabilidade e rapidez na execução das obras. Esse sistema permite a construção de edificações com alta precisão, eficiência energética e redução de resíduos, proporcionando excelente desempenho térmico e acústico quando combinado com materiais de vedação e isolamento. Por ser um método construtivo industrializado, o *steel frame* também favorece o controle de qualidade e a economia de tempo, tornando-se uma alternativa viável e competitiva frente aos sistemas tradicionais de alvenaria (Ribeiro, 2024).

Figura 11 - *Steel Frame*: estruturas pré-moldadas em aço.



Fonte: Disponível em: < <https://www.rdgacosdobrasil.com.br/aco-muita-vantagem-para-construcao/>>. Acesso em: 14 jan. 2025.

Outra característica importante do aço é sua versatilidade. Ele pode ser moldado em diferentes formas, como vigas, chapas e barras, e combinado com outros materiais, como concreto, para formar estruturas mistas de alto desempenho. Sua resistência à fadiga e consistência dimensional também garantem desempenho confiável em aplicações variadas.

Os metais, de forma geral, apresentam propriedades como boa condutividade térmica e elétrica, resistência à corrosão (particularmente em ligas específicas, como o aço inoxidável) e leveza em algumas opções, como ligas de alumínio, que são usadas em coberturas e fachadas. Uma característica comum a todos os metais usuais é que eles são sólidos comuns à temperatura ambiente e não apresentam porosidade aparente, o que contribui para sua integridade estrutural. Os metais também exibem um brilho característico, conferindo-lhes uma aparência atrativa e distinta. Essas propriedades tornam os metais indispensáveis em uma ampla gama de aplicações (Bauer, 2019).

MATERIAIS CERÂMICOS

A cerâmica é um material artificial obtido por meio da moldagem, secagem e queima de argilas ou misturas que contenham argilas. A utilização da argila como material de construção se destaca devido à sua abundância, baixo custo e facilidade de moldagem quando em contato com a água. Após a moldagem, o material seca e endurece ao ser exposto ao calor. O desenvolvimento de produtos cerâmicos a partir da queima de argilas surgiu como uma solução prática em regiões onde as rochas eram

escassas, proporcionando uma alternativa eficiente e de propriedades similares às das pedras naturais. São compostas principalmente por partículas cristalinas extremamente pequenas, constituídas por um número limitado de substâncias conhecidas como argilominerais. Esses argilominerais podem estar presentes individualmente ou em combinações na sua composição (Abitante; Lisboa, 2017).

Os argilominerais são silicatos hidratados de alumínio, ferro e magnésio, geralmente contendo pequenas quantidades de álcalis e alcalino-terrosos. Além desses componentes principais, podem conter sílica, alumina, mica, ferro, cálcio, magnésio e matéria orgânica, incluindo elementos formadores de vidro. Eles se formam a partir da decomposição do feldspato presente em rochas ígneas, devido à ação da água e do gás carbônico. Como as rochas ígneas e os feldspatos possuem grande diversidade, os argilominerais também apresentam variados tipos. Por isso, os depósitos de argila são extremamente variados, e não há duas jazidas exatamente iguais, podendo haver diferenças significativas até mesmo dentro de uma mesma jazida (Leonel, 2020).

Bauer (2019) divide as argilas em gordas e magras, dependendo da quantidade de coloides na composição. Argilas gordas possuem alto teor de alumina, sendo plásticas e apresentando maior deformação durante o cozimento. Já as argilas magras, contém mais sílica, tornando-se mais porosas e frágeis. Este ainda classifica as argilas nos seguintes tipos:

- Argilas de cor de cozimento branca: incluem os caulins e as argilas plásticas.
- Argilas refratárias: abrangem caulins, argilas refratárias e argilas

altamente aluminosas.

- Argilas para produtos de grês: utilizadas na fabricação de cerâmicas mais resistentes.
- Argilas para materiais cerâmicos estruturais (cerâmica vermelha): apresentam cores amarelas ou vermelhas.

Os materiais cerâmicos, produzidos a partir dessas argilas, são compostos inorgânicos e não metálicos que se destacam por sua dureza, resistência ao calor e propriedades isolantes. Essas características os tornam ideais para aplicações que exigem estabilidade térmica e resistência a condições extremas, como isoladores elétricos, revestimentos térmicos e ferramentas de corte. Contudo, sua fragilidade pode ser um fator limitante em situações de alta tensão mecânica.

O emprego de materiais cerâmicos em construções apresenta diversas vantagens que os tornam ideais para o contexto brasileiro. Sua adequação ao clima tropical contribui para o conforto térmico, enquanto sua facilidade de limpeza facilita a manutenção. Os materiais cerâmicos destacam-se pela durabilidade e resistência, sendo altamente resistentes ao desgaste, impactos e intempéries. Por serem antialérgicos e anti-inflamáveis, oferecem segurança e saúde aos ambientes. Outro ponto positivo é a versatilidade decorativa, com uma ampla gama de acabamentos, texturas e cores, permitindo criar espaços esteticamente agradáveis e funcionais (Bauer, 2019).

Em comparação aos metais, os materiais cerâmicos apresentam as seguintes características (Abitante; Lisboa, 2017):

- Baixa condutividade térmica e elétrica: são excelentes isolantes de calor e eletricidade.
- Alta resistência à compressão: geralmente possuem uma resistência de 5 a 6 vezes superior à resistência à tração, enquanto os metais têm melhor desempenho na tração.
- Maior estabilidade química e térmica: são mais resistentes a reações químicas e variações de temperatura.
- Diversidade de fases: apresentam múltiplas fases em sua estrutura, ao contrário dos materiais metálicos, que são tipicamente monofásicos ou bifásicos.
- Alta fragilidade e baixa resistência a impactos: devido à dificuldade no deslizamento de planos atômicos, são menos tolerantes a choques mecânicos.

USOS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Os materiais cerâmicos podem ser classificados com base em diferentes critérios, como o tipo de argila utilizada, o método de moldagem, o processo de queima ou a sua aplicação. Essa classificação é essencial para diferenciar os diversos produtos cerâmicos disponíveis no mercado e compreender suas especificidades. Abaixo estão as principais categorias de materiais cerâmicos, considerando sua composição e finalidade (Bauer, 2019):

- **Materiais de Argila Secos ao Sol (Adobes):** São produtos fabricados com argila que passam apenas pelo processo de secagem ao sol ou ao ar, sem queima.

- **Cerâmica Vermelha ou Estrutural:** Este grupo inclui tijolos, blocos, telhas e tubos, materiais amplamente utilizados na construção civil. São caracterizados por baixa vitrificação, o que os torna porosos e mais acessíveis em termos de custo.
- **Cerâmicas de Revestimento, Grês e Louças Cerâmicas:** Esses produtos incluem placas cerâmicas para pisos e paredes, louças sanitárias e materiais de acabamento. São caracterizados por alta vitrificação, o que lhes confere baixa porosidade, maior resistência e acabamento refinado.
- **Refratários:** Os materiais refratários são cerâmicas naturais ou artificiais, moldadas ou não, com a capacidade de reter sua forma física e identidade química quando submetidas a altas temperaturas. Esses produtos são essenciais em indústrias que operam com fornos, caldeiras e outros equipamentos que exigem alta resistência térmica. Essa categoria é definida pela ABNT NBR 8826:2014.
- **Abrasivos:** Os materiais abrasivos, utilizados principalmente na indústria, incluem produtos como lixas em rolos, discos abrasivos, rebolos (em diferentes formatos) e pastas. Eles são projetados para aplicações que exigem desgaste controlado, como polimento, corte e acabamento de superfícies.

Um dos principais usos dos materiais cerâmicos na construção (Figura 12) é em revestimentos e acabamentos, como pisos, azulejos e telhas. Esses produtos não apenas conferem estética às edificações, mas também oferecem alta resistência ao desgaste, facilidade de limpeza e baixo custo de manutenção, sendo ideais para climas tropicais, como o brasileiro. Materiais cerâmicos estruturais, como blocos e tijolos, são

amplamente utilizados na construção de paredes, devido à sua resistência à compressão e isolamento térmico.

Outra aplicação importante está nos elementos técnicos, como isoladores elétricos e revestimentos térmicos. Graças à sua baixa condutividade elétrica e térmica, os cerâmicos são amplamente utilizados em instalações elétricas e na proteção de estruturas expostas a altas temperaturas. Esses materiais também são empregados em peças estruturais refratárias, como chaminés industriais e fornos, devido à sua capacidade de suportar ambientes extremos sem perder suas propriedades.

Figura 12 - Produtos cerâmicos para construção civil.



Fonte: Locatelli (2025).

A fabricação de materiais cerâmicos para a construção civil segue etapas bem definidas em processos industriais, culminando com a queima da matéria-prima. Inicialmente, ocorre a extração da matéria-prima, com a retirada das argilas de jazidas específicas. Em seguida, passa-se à preparação ou tratamento da matéria-prima, onde a argila é limpa, moída

e homogeneizada para garantir sua qualidade. A próxima etapa é a moldagem, que dá forma ao material. Nesse estágio, o produto encontra-se no estado denominado "verde", ou seja, ainda não consolidado. Posteriormente, o material moldado é submetido à secagem, processo que remove a umidade para evitar deformações ou rachaduras. A fase da queima é muito importante, na qual a argila passa por altas temperaturas que transformam o material em cerâmica, conferindo-lhe resistência e estabilidade. Após a queima, ocorre o esfriamento, no qual o material é resfriado de maneira controlada para evitar tensões internas. Os materiais aprovados seguem para a estocagem e, posteriormente, para a expedição, atendendo ao mercado da construção civil (Askeland; Wright, 2019).

As cerâmicas refratárias são materiais amplamente utilizados na construção civil e em indústrias devido às suas propriedades únicas, que incluem alta resistência ao calor, baixa condutividade térmica e durabilidade. Elas são fabricadas a partir de matérias-primas principais como alumina e sílica (entre 25% e 45%) e são especialmente projetadas para suportar temperaturas acima de 1.500°C, muito utilizadas para execução de fornos e churrasqueiras (Leonel, 2020).

Apesar de sua fragilidade e baixa resistência a impactos, os avanços tecnológicos têm permitido o desenvolvimento de cerâmicos com maior desempenho mecânico, ampliando suas possibilidades de uso. O uso de argilas e outros minerais locais na fabricação de materiais cerâmicos favorece a sustentabilidade, reduzindo o impacto ambiental e promovendo o aproveitamento de recursos naturais disponíveis na região.

BLOCOS E TIJOLOS

Um dos principais produtos cerâmicos utilizados na construção civil são os blocos e tijolos para alvenaria, devido à sua resistência, durabilidade e capacidade de isolamento térmico. Esses componentes são regulamentados pelas normas Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) Norma Brasileira (NBR) 15270-1:2023 e ABNT NBR 15270-2:2023, que estabelecem os requisitos técnicos e os métodos de ensaio para garantir a qualidade e o desempenho desses materiais em obras.

A ABNT NBR 15270-1:2023 define os requisitos que os blocos e tijolos cerâmicos devem atender, como dimensões, resistência mecânica e características de absorção de água. Já a ABNT NBR 15270-2:2023 especifica os métodos de ensaio para avaliar essas propriedades, assegurando que os materiais cerâmicos cumpram os padrões exigidos para uso seguro e eficiente na construção civil. Os blocos cerâmicos utilizados na construção civil podem ser classificados em estruturais e não estruturais, de acordo com as especificações da NBR 15270-1:2023. Essa diferenciação está diretamente relacionada às funções que os blocos desempenham nas edificações e às suas características técnicas.

A norma ainda define se são estruturais e não estruturais. Os blocos estruturais são projetados para suportar cargas e integrar o sistema estrutural das edificações, substituindo, em muitos casos, pilares e vigas convencionais. Eles devem apresentar alta resistência à compressão, garantindo a estabilidade e a segurança da estrutura. Esses blocos são utilizados em alvenarias portantes, que têm a função de suportar tanto o peso próprio quanto as cargas adicionais, como as de lajes e telhados. Já

os blocos não estruturais, também chamados de blocos de vedação, têm a função de dividir e compartimentar espaços em uma edificação. Diferentemente dos estruturais, eles não suportam cargas além do seu peso próprio, sendo destinados apenas ao fechamento de paredes. Esses blocos apresentam menor resistência à compressão e não devem ser usados em sistemas de alvenaria portante.

A ABNT NBR 15270-1:2023 estabelece requisitos específicos para cada tipo de bloco, como os valores mínimos de resistência (Quadro 1) e as características dimensionais que devem ser atendidas. Essa padronização é essencial para garantir que os materiais sejam utilizados de forma adequada e segura, conforme sua aplicação no projeto arquitetônico e estrutural.

Quadro 1 – Resistência a compressão de blocos de vedação e estruturais.

Tipo de bloco	Resistência a Compressão (MPa)
Blocos de vedação utilizados com furos na horizontal	$\geq 1,5$
Blocos de vedação utilizados com furos na vertical	$\geq 3,0$
Blocos estruturais	$\geq 3,0$

Fonte: adaptado de ABNT NBR 15270-1:2023.

CIMENTOS

O cimento é obtido por meio do processamento de matérias-primas naturais, como calcário, argila e gesso, que são trituradas, misturadas e submetidas a altas temperaturas em fornos (até 1.400°C). Esse processo resulta no clínquer, que, ao ser moído e combinado com pequenas quantidades de gesso, origina o cimento Portland, o mais utilizado

globalmente (Callister; Rethwisch, 2012).

Em 2024, segundo dados do Sindicato Nacional da Indústria do Cimento (SNIC), o Brasil produziu 25.746.121 toneladas de cimento e consumiu 25.483.408 toneladas. Esses números destacam a relevância do cimento como base essencial para o desenvolvimento do país, sendo indispensável em projetos de infraestrutura, habitação e urbanização.

O cimento é um material cerâmico, amplamente utilizado na construção civil, caracterizado por sua capacidade de endurecer e adquirir resistência quando misturado com água, devido ao processo de hidratação. Por outro lado, o concreto, embora tenha o cimento como um de seus principais componentes, é um material compósito. Ele é formado pela combinação de cimento, agregados (areia e brita) e água, podendo incluir aditivos para aprimorar suas propriedades (Bauer, 2019).

TELHAS CERÂMICAS

As telhas cerâmicas são elementos tradicionais na construção civil, amplamente utilizadas para coberturas devido à sua durabilidade, estética e eficiência térmica. Sua composição à base de argila permite a criação de peças resistentes e de grande apelo visual, contribuindo para a valorização e funcionalidade das edificações.

No uso, as telhas cerâmicas se destacam pela versatilidade. Elas são amplamente empregadas em residências, comércios e edifícios devido à sua capacidade de proteção contra intempéries e eficiência no isolamento térmico, reduzindo a absorção de calor nos ambientes internos. Oferecem também um acabamento estético diversificado, com opções de diferentes

cores, texturas e formatos, como telhas coloniais, planas e onduladas, permitindo atender a projetos arquitetônicos variados.

REVESTIMENTOS CERÂMICOS

Os revestimentos cerâmicos, incluindo os porcelanatos, são materiais amplamente utilizados na construção civil devido à sua versatilidade, durabilidade e estética. Eles são empregados tanto em pisos quanto em paredes, oferecendo soluções funcionais e decorativas para ambientes internos e externos.

Os revestimentos cerâmicos possuem alta resistência mecânica, o que os torna ideais para suportar tráfego intenso e cargas pontuais em superfícies. Apresentam baixa absorção de água, especialmente os porcelanatos, cuja porosidade é menor que 0,5%. A Tabela 1 demonstra a relação de absorção e tipos de materiais e seus usos. Essa característica os torna adequados para áreas sujeitas à umidade, como banheiros, cozinhas e fachadas. Outra propriedade física importante é a resistência ao desgaste superficial, que garante longevidade mesmo em áreas de alto uso (ABNT NBR 13817:2020).

A porosidade dos pisos cerâmicos refere-se à quantidade de espaços vazios em sua estrutura (Tabela 1), que afeta diretamente sua absorção de água. Materiais com baixa porosidade, como porcelanatos, apresentam maior resistência a manchas, desgastes e condições climáticas adversas, sendo recomendados para ambientes úmidos ou expostos ao clima. Cerâmicas mais porosas são geralmente indicadas para uso interno e áreas de menor umidade.

Tabela 1 - Tabela de Porosidade dos Pisos.

Absorção	Grupo B placas prensadas	Tipos	Aplicações
Acima de 10 até 20%	B III	Porosa	* Paredes internas
Acima de 6 até 10%	B II b	Semi-Porosa	* Paredes internas, pisos internos
Acima de 3 até 6%	B II a	Semi-Grês	* Paredes e pisos internos, pisos externos
Acima de 0,5 até 3%	B Ib	Grês	** Paredes e pisos internos, pisos externos e fachadas
Até 0,5%	B Ia	Porcelanato	** Paredes e pisos internos, pisos externos e fachadas

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 13817:2020.

A resistência à flexão é outro parâmetro importante (Tabela 2), avaliado para determinar a capacidade do material de suportar cargas antes de se romper. Cerâmicas com alta resistência à flexão são mais indicadas para aplicações que exigem robustez, como pisos de áreas externas ou locais com tráfego intenso de veículos

Tabela 2 - Resistência a flexão dos pisos.

Grupo B placas prensadas	Tipos	Resistência à flexão Kgf/cm ²
B III	Porosa	≥ 150
B II b	Semi-Porosa	≥ 180
B II a	Semi-Grês	≥ 220
B Ib	Grês	≥ 300
B Ia	Porcelanato	≥ 350

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 15463:2020.

O PEI (*Porcelain Enamel Institute*) é uma classificação que mede

a resistência à abrasão superficial das cerâmicas esmaltadas (Figura 13). Ele varia de 0 a 5, onde 0 indica baixa resistência, ideal apenas para revestimentos em paredes, e 5 representa alta resistência, adequada para áreas de alto tráfego, como indústrias ou espaços públicos. A escolha do PEI correto é fundamental para garantir durabilidade e desempenho em cada tipo de ambiente. Compreender essas propriedades é essencial para especificar o tipo de cerâmica mais adequado a cada projeto, garantindo funcionalidade e estética ao mesmo tempo.

Figura 13 - Classificação PEI das cerâmicas.

PEI	0	1	2	3	4	5
resistência	muito baixa	baixa	moderada	média	média/alta	alta
aplicação	apenas paredes	paredes e banheiros internos	paredes, banheiros e áreas internas com baixíssimo tráfego	áreas internas ou externas com baixo tráfego	áreas internas ou externas com tráfego médio	áreas internas e externas, comerciais e industriais com alto tráfego

Fonte: Disponível em: < <https://scovinouduarte.com.br/a-influencia-do-pei-no-seu-projeto/>>. Acesso em: 07 jan. 2025.

Os revestimentos cerâmicos são fabricados em diferentes tamanhos e formatos, com alta precisão geométrica. Essa regularidade nas dimensões facilita a instalação e reduz o uso de rejunte, especialmente nos porcelanatos retificados, que possuem bordas cortadas com precisão. A espessura uniforme também contribui para uma aplicação uniforme e nivelada.

A diversidade estética dos revestimentos cerâmicos é um de seus

maiores atrativos. Eles estão disponíveis em uma ampla variedade de cores, texturas, padrões e acabamentos, como fosco, brilhante ou acetinado. A tecnologia de impressão digital permite reproduzir com fidelidade a aparência de outros materiais, como madeira, mármore, cimento e pedra natural, oferecendo soluções versáteis e econômicas para diferentes estilos arquitetônicos.

REFERÊNCIAS

Abitante, A. L.; Lisboa, E. De S. **Materiais de construção**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

Askeland, D. R.; Wright, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. Tradução Priscilla Lopes; revisão técnica Daniel Rodrigo Leiva. São Paulo, SP: Cengage, 2019.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Blocos e tijolos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Parte 1: Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Blocos e tijolos cerâmicos para alvenaria estrutural e de vedação – Parte 2: Métodos de ensaio**. Rio de Janeiro: ABNT, 2023.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Materiais refratários – Terminologia**. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira 13817:2020. **Planejamento e execução da recuperação de áreas degradadas pela atividade agropecuária — Requisitos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. Norma Brasileira NBR 15463:2020. **Placas cerâmicas para revestimento — Classificação**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

Bauer, L. A. F. **Materiais de construção**. 6 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Callister, W. D. Jr.; Rethwisch, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Leonel, R. F. **Polímeros e cerâmicas**. Curitiba: InterSaberes, 2020.

Ribeiro, M. **O que é *Steel Frame*? Guia completo na construção civil**. 2024. Disponível em: < <https://maiscontroleerp.com.br/steel-frame-construcao-civil/>>. Acesso em: 14 jan. 2025.

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DO CIMENTO. Produção e consumo de cimento no Brasil. 2024. Disponível em: <http://snic.org.br/numeros-industria.php>. Acesso em: 4 jan. 2025.

Shackelford, J. F. **Introdução à ciência de materiais para engenheiros**. Tradução: Daniel Vieira; revisão técnica Nilson C. Cruz. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2008

CAPÍTULO 4

MATERIAIS COMPÓSITOS E POLÍMEROS: VERSATILIDADE E INOVAÇÃO

MATERIAIS COMPÓSITOS E POLÍMEROS: VERSATILIDADE E INOVAÇÃO

Ana Paula Klaus Locatelli¹

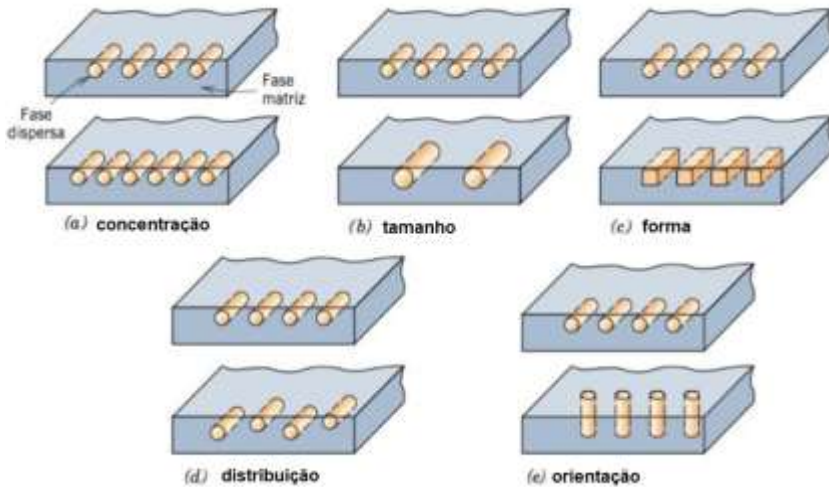
MATERIAIS COMPÓSITOS

Os materiais compósitos são combinações de dois ou mais materiais distintos, resultando em um produto com propriedades superiores às de seus constituintes individuais. Eles geralmente consistem em uma matriz (que mantém os componentes juntos) e um reforço (que confere resistência e rigidez). Por exemplo, o concreto armado é um dos compósitos mais comuns, composto por concreto (matriz) e barras de aço (reforço) (Callister; Rethwisch, 2012).

Os compósitos são um dos materiais mais estudados por cientistas da atualidade em busca de melhorias nas propriedades físicas, mecânicas e de sustentabilidade dos materiais. Diversos estudos exploram alternativas inovadoras, como o uso de poliuretano reciclado como agregado para concreto leve (Lima, 2020) e o reaproveitamento de resíduos de granalha de aço na composição de concreto (Rodrigues, 2021). Outras pesquisas investigam a incorporação de resíduos como PVC (Mouchrek; De Araújo; Picanço, 2021), cinzas de esterco bovino (Neves; Sousa, 2023), e fibra de milho (Moreira, 2022), destacam o potencial dos compósitos no desenvolvimento de materiais sustentáveis, ampliando suas aplicações na construção civil.

¹Docente na Universidade do Estado de Mato Grosso (UNEMAT). Mestre em Ciência de Materiais.

Figura 14 - Representações esquemáticas das características geométricas e espaciais dos compósitos.



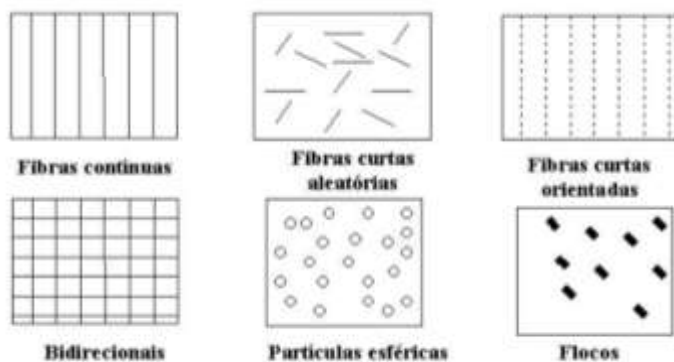
Fonte: Adaptado de Callister e Rethwisch (2012).

Os materiais compósitos podem ser classificados em três divisões principais: compósitos reforçados com partículas, compósitos reforçados com fibras e compósitos estruturais. Suas propriedades são influenciadas por características geométricas e espaciais das fases matriz e dispersa. Entre essas características, destacam-se a concentração, tamanho, forma, distribuição e orientação das partículas ou fibras (Figura 14). Essas variáveis desempenham um papel essencial no desempenho mecânico, térmico e estrutural dos compósitos, permitindo sua adaptação para diferentes aplicações na construção civil e em outras áreas (Callister; Rethwisch, 2012).

As partículas e as fibras são dois tipos distintos de reforços utilizados em materiais compósitos, e a principal diferença entre elas estão

em suas formas, dimensões e no papel que desempenham na matriz do material. Podemos observar essas diferenças da fase reforço na Figura 15.

Figura 15 - Configurações para fase reforço.



Fonte: Soares (s.d.) Disponível: <<https://www.ucsminhaescolha.com.br/site/midia/arquivos/05-12-1-materiais-compositos-e-aplicacoes1.pdf>>. Acesso em: 09 jan. 2025.

Nos compósitos reforçados com fibras, a fase matriz desempenha diversas funções essenciais. Primeiramente, ela conecta as fibras entre si, atuando como meio de transmissão e distribuição das tensões aplicadas externamente para as fibras. Apesar disso, apenas uma pequena parcela da carga aplicada é suportada diretamente pela matriz. Para cumprir essas funções, o material da matriz deve apresentar boa ductilidade, enquanto o módulo de elasticidade da fibra precisa ser significativamente maior do que o da matriz. A matriz protege as fibras individuais contra danos superficiais causados por abrasão mecânica ou reações químicas, garantindo maior durabilidade do compósito, e asseguram uma forte aderência com as fibras (Callister; Rethwisch, 2012).

Joseph, Medeiros e Carvalho (1999) investigaram compósitos de matriz poliéster reforçado por fibras curtas de sisal. Os resultados demonstraram que, nos compósitos analisados, a resistência à tração aumentou com o comprimento das fibras na faixa de 5 a 45 mm, alcançou um plateau entre 45 e 55 mm e diminuiu para comprimentos entre 55 e 75 mm. Já os valores de módulo de elasticidade e alongamento na ruptura não apresentaram variações significativas em função do comprimento das fibras. A resistência à tração dos compósitos cresceu proporcionalmente ao teor de fibras até atingir 50% em peso, apresentando uma queda após esse limite. Observou-se também que compósitos reforçados com fibras orientadas e testados no sentido longitudinal ao reforço apresentaram uma resistência à tração 10 vezes maior do que na direção transversal e 3 vezes maior em comparação aos compósitos reforçados com fibras dispostas aleatoriamente.

A fase de reforço nos compósitos tem como principal função fornecer resistência mecânica ao material, e contribuem para o aprimoramento de outras propriedades, como a resistência à fadiga, à corrosão e às altas temperaturas. Por sua vez, o comportamento do compósito pode variar conforme as características da matriz: uma matriz mais rígida tende a aumentar a rigidez geral, enquanto uma matriz mais flexível pode aprimorar a resistência à fadiga (Moura; Morais; Magalhães, 2010).

De acordo com Callister e Rethwisch (2012), os materiais compósitos podem ser classificados de forma esquemática (Figura 16) em diferentes categorias de reforços. Entre elas estão os compósitos

reforçados com partículas, que podem ser de partículas grandes ou de dispersão fina, e os compósitos reforçados com fibras, que podem ser contínuas ou descontínuas. E os compósitos estruturais, que incluem laminados e painéis sanduíche, destacando-se por suas aplicações em estruturas que exigem alta resistência e eficiência mecânica.

Figura 16 - Classificação dos compósitos.



Fonte: Callister; Rethwisch (2012).

As fibras de aço (Figura 17) têm se tornado uma solução amplamente utilizada no reforço do concreto, oferecendo diversas vantagens para aplicações em estruturas submetidas a esforços complexos. Sua principal aplicação está em estruturas que interagem com meios elásticos, como túneis (anéis segmentados e concreto projetado), pisos industriais e logísticos, pavimentos portuários, hangares e pátios para aeronaves, tubos de concreto e capas de compressão (Belgo arames, 2019).

A resistência da ligação adesiva entre matriz e fibras é fundamental para evitar o arrancamento das fibras e otimizar a transferência de tensões. Essa ligação adequada é uma das principais considerações ao escolher a combinação matriz-fibra, pois a resistência máxima do compósito depende diretamente da eficácia dessa transmissão de tensões de uma matriz menos resistente para fibras mais resistentes (Callister; Rethwisch, 2012).

Figura 17 - Uso de fibras de aço no concreto.



Fonte: Disponível em: <<https://wasaki.com.br/quando-usar-o-concreto-reforcado-com-fibras-de-aco/>>. Acesso em: 09 jan. 2025.

Lima (2019) avaliou o uso sustentável da fibra de coco (Figura 18) em compósitos cimentícios, destacando suas características como baixo custo, flexibilidade e resistência à umidade e variações climáticas. Foram realizados ensaios de resistência à compressão axial e à tração por compressão diametral em concretos com 2%, 4% e 6% de fibras de coco.

Os resultados mostraram que altos teores de fibra reduziram a resistência mecânica do concreto, embora tenham contribuído para minimizar a propagação de fissuras, indicando limitações quanto ao ganho de resistência mecânica.

Figura 18 - Fibra de coco.



Fonte: Lima, 2019.

Ferreira (2023) investigou o uso de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar (Figura 19) como material cimentício suplementar em substituição parcial ao cimento em argamassas. O estudo avaliou proporções de substituição de 10%, 20% e 30%, submetendo os corpos de prova a cura úmida e térmica a 65 °C por períodos de 7, 14 e 28 dias. As cinzas, processadas apenas por secagem e peneiramento ($<150\ \mu\text{m}$), apresentaram um Índice de Atividade Pozolânica de 112%. Os resultados indicaram que, em cura úmida, toda as substituições aumentaram a resistência à

compressão em comparação à argamassa controle (28,99 MPa), com destaque para a substituição de 10%, que atingiu 35,01 MPa aos 28 dias. As amostras com cura térmica apresentaram desempenho semelhante às de cura úmida, evidenciando o potencial das cinzas como material sustentável para matrizes cimentícias.

Figura 19 - Cinzas em processo de produção.



Fonte: Ferreira (2023).

Locatelli (2022) analisou o desempenho mecânico de pastas de cimento com adição de amidos de mandioca, milho e fruta de lobeira (Figura 20) em diferentes teores (0,5%, 0,8% e 1,0%). Os ensaios de resistência à compressão realizados aos 7 e 28 dias mostraram que as amostras com amido de mandioca apresentaram um acréscimo de resistência de cerca de 22% em relação à média de controle. Já as amostras com amido de milho e fruta de lobeira não demonstraram alterações significativas em suas resistências, independentemente do teor utilizado, indicando que o amido de mandioca é uma alternativa promissora para

aplicação no cimento Portland.

Figura 20 - Amido extraído da fruta de lobeira.



Fonte: Locatelli, 2022.

Outro compósito popularizado é a telha sanduíche (Figura 21), um tipo de material utilizado na cobertura de residências, comércios e indústrias devido às suas excelentes propriedades térmicas, acústicas e estruturais. Ela é formada por três camadas principais: duas superfícies externas rígidas (geralmente de aço galvanizado, alumínio ou fibrocimento) e uma camada interna de material isolante, como poliuretano (PU), poliestireno expandido (EPS) ou lã de rocha (Viva Decora, 2021).

Os compósitos destacam-se como um dos materiais mais versáteis e promissores na construção civil e em diversas outras indústrias, sendo amplamente utilizados e investigados devido às suas propriedades mecânicas superiores, sustentabilidade e adaptabilidade a diferentes aplicações. Estudos recentes têm demonstrado avanços significativos no

desenvolvimento de compósitos com materiais alternativos, como resíduos agroindustriais e aditivos vegetais, que não apenas melhoram o desempenho mecânico, mas também contribuem para a redução do impacto ambiental. Essa busca contínua por inovações reforça o papel central dos compósitos como solução tecnológica e sustentável para atender às demandas crescentes de resistência, durabilidade e eficiência em projetos estruturais.

Figura 21 - Telha isotérmica.



Fonte: Disponível em: <<https://arquitetura.vivadecora.com.br/2021/08/06/telha-isotermica/>>. Acesso em: 09 jan. 2025.

MATERIAIS POLIMÉRICOS

Os materiais poliméricos, originados tanto de polímeros naturais quanto sintéticos, têm se destacado na construção civil devido à sua leveza, resistência à corrosão e versatilidade. Esses materiais são formados por longas cadeias de moléculas orgânicas, como polietileno, PVC (cloreto de polivinila) e poliuretano, que podem ser projetadas para atender a uma

ampla gama de necessidades. O termo "polímero" vem do grego, sendo composto pelas palavras "poli" (muitas) e "meros" (partes ou unidades repetitivas), refletindo sua estrutura formada por unidades repetitivas em sequência (Bauer, 2019).

Callister e Rethwisch (2012) explicam que os polímeros são materiais formados por hidrocarbonetos, ou seja, compostos cujas moléculas são constituídas por átomos de carbono e hidrogênio. Esses materiais apresentam ligações intramoleculares covalentes, que são ligações químicas fortes entre os átomos dentro de uma mesma molécula. Os polímeros são estruturados a partir de longas cadeias formadas pela repetição de unidades básicas chamadas de monômeros, que se ligam entre si em um processo conhecido como polimerização.

Os materiais poliméricos apresentam diversas vantagens que os tornam altamente valorizados em diversas áreas de aplicação. Dentre as principais vantagens, destacam-se as excelentes propriedades de isolamento elétrica, que os tornam ideais para componentes elétricos e eletrônicos. Esses materiais oferecem a possibilidade de coloração integrada, permitindo uma variedade estética sem a necessidade de processos adicionais de pintura ou tingimento. Outra vantagem significativa é o baixo custo, que torna os polímeros uma opção acessível em comparação com outros materiais. Eles também apresentam facilidade de adaptação à produção em massa, sendo facilmente processados por meio de métodos industriais como injeção e extrusão, o que contribui para a eficiência e escalabilidade na fabricação. Os polímeros possuem imunidade à corrosão

e alta durabilidade, o que garante uma vida útil longa, mesmo em ambientes agressivos (Bauer, 2019).

Entretanto, os materiais poliméricos apresentam algumas desvantagens, especialmente quando comparados aos materiais metálicos e cerâmicos. Uma das principais limitações é a menor resistência mecânica, o que pode restringir o uso de polímeros em aplicações que exigem alta resistência estrutural. Eles também possuem um maior coeficiente de dilatação térmica, o que significa que suas dimensões podem variar consideravelmente com a mudança de temperatura. Os polímeros tendem a apresentar maiores deformações sob carga (fluência), o que pode comprometer sua estabilidade ao longo do tempo. Outro ponto negativo é o menor módulo de rigidez, tornando os polímeros mais flexíveis, mas menos rígidos do que materiais como metais ou cerâmicas. Muitos polímeros têm menor resistência ao calor, limitando seu uso em ambientes de altas temperaturas. Por fim, a resistência ao intemperismo, especialmente à radiação ultravioleta, pode ser inferior, levando à degradação acelerada se não forem devidamente aditivados ou protegidos (Bauer, 2019).

Os polímeros podem ser classificados em três categorias principais com base no comportamento térmico e nas propriedades mecânicas: termoplásticos, termofixos e elastômeros (Stein; Gehlen; Rojas, 2017).

Os polímeros termoplásticos são materiais que fundem ao serem aquecidos, permitindo sua moldagem e transformação. Ao serem resfriados, retornam ao estado sólido sem que sua estrutura química seja alterada. Essa característica possibilita que os termoplásticos sejam

reaquecidos e reprocessados diversas vezes, com mínima perda de propriedades mecânicas, o que facilita sua reciclagem (Askeland; Wright, 2019).

Os termofixos, diferentemente dos termoplásticos, os termofixos passam por um processo de cura ou reticulação durante o aquecimento, formando uma estrutura tridimensional rígida. Após essa etapa, eles não podem ser reprocessados ou fundidos, pois se degradam em altas temperaturas (Callister; Rethwisch, 2012).

Os elastômeros são polímeros que possuem alta elasticidade e capacidade de retornar à forma original após serem deformados. Eles são caracterizados por uma estrutura molecular com cadeias parcialmente reticuladas, o que lhes confere flexibilidade e resistência ao impacto. São capazes de sustentar deformações elásticas superiores a 200% (Askeland; Wright, 2019).

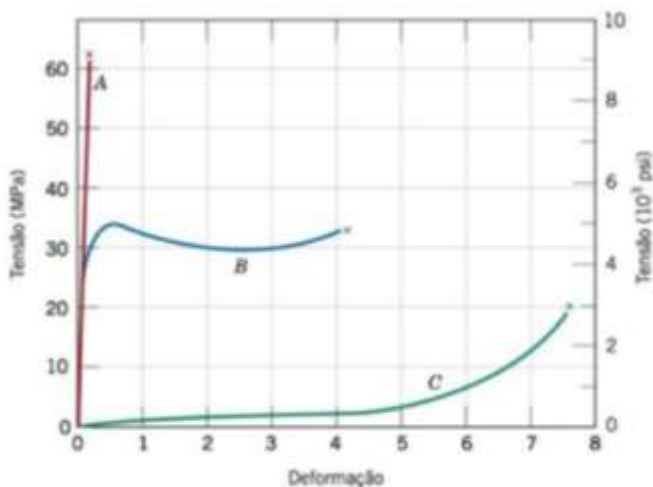
De acordo com Bauer (2019), os polímeros podem ser classificados em diversas categorias, com base em suas aplicações tecnológicas. Entre as principais classificações, destacam-se:

- Plásticos, que incluem os termoplásticos e termofixos, amplamente utilizados em uma variedade de produtos devido à sua versatilidade e facilidade de processamento.
- Elastômeros, que são materiais com alta elasticidade, utilizados em aplicações que exigem flexibilidade e resistência, como pneus e selantes.
- Fibras, empregadas em tecidos e outros produtos que exigem resistência e flexibilidade, como os polímeros utilizados em roupas e materiais industriais.

- Tintas e vernizes, que utilizam polímeros para proporcionar acabamentos protetores e estéticos em diferentes superfícies.
- Adesivos, que são polímeros projetados para unir materiais de forma eficaz, sendo essenciais em diversas indústrias.

O comportamento dos polímeros em relação à tensão e deformação (Figura 22) depende de fatores como a taxa de deformação, a temperatura e as condições químicas do ambiente. A curva A ilustra um polímero que fratura enquanto passa pela fase de deformação elástica. Já a curva B mostra um comportamento que começa com uma deformação elástica, seguida de uma fase plástica. A curva C representa um comportamento totalmente elástico, típico de materiais como a borracha. (Callister; Rethwisch, 2012).

Figura 22 - Comportamento tensão x deformação para polímeros frágeis (A), plásticos (B) e altamente elásticos (C).



Fonte: Callister; Rethwisch (2012).

Na construção civil, tanto os polímeros naturais quanto os sintéticos desempenham papéis importantes devido às suas diversas aplicações e propriedades. Entre os polímeros naturais destacam-se materiais como lã, asfalto, borracha, PVC (Figura 23), couro, madeira e algodão, amplamente utilizados em revestimentos, isolamento térmico, impermeabilização e outras finalidades. Já os polímeros sintéticos, como a resina epoxídica, o poliuretano e os poliésteres, apresentam alta versatilidade e desempenho, sendo aplicados em adesivos, selantes, revestimentos, impermeabilizantes e materiais compósitos (Pinheiro; Crivelaro, 2020).

Figura 23 - Policloreto de vinila (PVC).



Fonte: Disponível em: <

https://blogger.googleusercontent.com/img/b/R29vZ2xl/AVvXsEgROgdqAgciKx6loM1LeCsHbDWtA6ucnJnXtzvkDYU50oTjVyOPUDP196tC5meUfIk1F3taOyEOA9kKxfMcYBMA4KuhFJGL5Wxw5XruukTvQ_4uWtYx6Z4Zfh6bUom5n06I5RntAHx3EKd/s1600/acessorios_482d6f8554274.jpg>. Acesso em: 14 jan. 2025.

O uso de plásticos tem se mostrado vantajoso principalmente pela contribuição significativa na redução do peso das estruturas. Exemplos disso incluem a utilização de lajes com formação de vazios, que tornam as lajes mais leves e possibilitam a criação de vãos maiores sem a necessidade de vigas; o uso de fibras de polipropileno no reforço de concreto, substituindo as fibras metálicas ou telas metálicas; e a substituição do amianto por microfibras de polipropileno nas telhas de fibrocimento. A adoção de materiais plásticos é facilitada pela sua fácil reprodução e padronização, pela infraestrutura moderna de transformação e pela ampla disponibilidade de laboratórios e profissionais especializados (Bauer, 2019).

O uso de EPS (poliestireno expandido) como forma para concretagem tem ganhado destaque na construção civil devido às suas vantagens em termos de eficiência, praticidade e sustentabilidade. O sistema de formas de EPS (Figura 24) tipo lego para concreto é uma solução inovadora, onde as peças de EPS são montadas de forma modular, formando as formas que serão preenchidas com aço e concreto, resultando em paredes estruturais de concreto armado com o revestimento em EPS. Essas formas, quando preenchidas com o concreto, criam uma estrutura altamente resistente, enquanto o EPS age como isolante térmico e acústico. Isso torna as paredes não apenas uma solução estrutural, mas também uma excelente opção para garantir eficiência energética, mantendo a temperatura interna dos edifícios e reduzindo os custos com climatização (Isocret, s.d.).

Figura 24 - Formas de EPS para Construção Civil.



Fonte: Isocret, s.d.

Além dessas aplicações, os materiais poliméricos são valorizados por sua capacidade de reduzir custos, facilitar a instalação e promover soluções inovadoras, como a impressão 3D na construção. Esses materiais contribuem para a modernização do setor, tornando as edificações mais eficientes, sustentáveis e duráveis.

Ao longo deste livro, exploramos os principais tipos de materiais utilizados na engenharia e na construção civil, focando em compósitos, metais, polímeros e cerâmicas. Cada um desses materiais possui características únicas que os tornam adequados para aplicações específicas, dependendo das exigências do projeto em questão.

O futuro da engenharia e da construção civil depende da capacidade de explorar as características dos materiais de maneira eficaz,

buscando sempre otimizar suas propriedades e minimizar os impactos ambientais. O conhecimento profundo de compósitos, metais, polímeros e cerâmicas, aliado à constante busca por melhorias, permitirá a criação de estruturas mais eficientes, seguras e sustentáveis, contribuindo para o avanço da sociedade e da tecnologia.

REFERÊNCIAS

Askeland, D. R.; Wright, W. J. **Ciência e engenharia dos materiais**. Tradução Priscilla Lopes; revisão técnica Daniel Rodrigo Leiva. São Paulo, SP: Cengage, 2019.

Bauer, L. A. F. **Materiais de construção**. 6 ed. Vol 2. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

Belgo arames. 2019. Disponível em: <<https://www.belgo.com.br/blog/construcao-civil/fibra-de-aco-para-concreto/>>. Acesso em: 09 jan. 2025.

Callister, W. D. Jr.; Rethwisch, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

Ferreira, W. P. **Resistência à Compressão de Argamassas de Cimento com Cinzas de Bagaço de Cana-de-Açúcar em Cura Úmida e Cura Térmica**. 2023. 76 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina-MT.

Isocret. **Formas do Sistema Construtivo Inteligente Isocret-ICF**. s.d. Disponível em: <<https://isocret.com.br/formas.html>>. Acesso em: 14 jan. 2025.

Joseph, K.; Medeiros, E. S.; Carvalho, L. H. Compósitos de Matriz Poliéster Reforçados por Fibras Curtas de Sisal. **Polímeros: Ciência e Tecnologia** - Out/Dez – 99.

Lima, F. M. **Análise da resistência mecânica de concretos com adição de fibras de coco**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Nova Xavantina-MT.

Lima, A. O. S. **Poliuretana reciclada como agregado na produção de concreto leve**. 2020. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Universitário Unichristus. Fortaleza, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unichristus.edu.br/jspui/handle/123456789/1047>. Acesso em: 09 jan. 2025.

Locatelli, A. P. K. **Análise da Resistência Mecânica da Pasta de Cimento com Adição de Amidos de Fruta de Lobeira (*Solanum Lycocarpum*), Mandioca (*Manihot Esculenta*) e Milho (*Zea Mays*)**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência de Materiais) – Universidade Federal do Mato Grosso, Barra do Garças-MT.

Moura, M. F. S. F.; Morais, A. B.; Magalhães, A. G. **Materiais Compósitos – Materiais, Fabrico e Comportamento Mecânico**. 2ª ed. Porto: Editora Publindústria, 2010.

Rodrigues, M. H. Reaproveitamento de resíduo de granalha de aço na composição de concreto. **In: 26º Congresso de iniciação científica da UNB e 17º do DF**. 2021. Disponível em: <https://conferencias.unb.br/index.php/iniciacaocientifica/26CICUNB17DF/paper/viewPaper/34242>. Acesso em: 09 jan. 2025.

Mouchrek, R. M.; De Araújo, M. V.; Picanço, M. De S. Estudo da resistência à compressão do concreto desenvolvido com resíduos de PVC. **Revista de Engenharia e Tecnologia**, v. 13, n. 4, 2021.

Moreira, F. de S. **Análise física e mecânica do uso de fibra de milho como material alternativo na produção de concreto reforçado com fibras vegetais**. 2022. Trabalho de conclusão de curso (Bacharel em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de São Carlos, Buri – SP, 2022.

Neves, V. Da S.; De Sousa, G. M. Uso de cinza de esterco bovino como substituto parcial de cimento no concreto. **Revista Multidisciplinar do**

Nordeste Mineiro, [S.l.], v. 6, n. 1, 2023.

Pinheiro, A. C. da F. B.; Crivelaro, M. **Materiais de Construção**. 3 ed. São Paulo: Érica, 2020.

Stein, R. T.; Gehlen, R. Z. Da C.; Rojas, F. C. **Tecnologia dos materiais**. Porto Alegre: SAGAH, 2017.

ÍNDICE REMISSIVO

A

Absorção de energia
(carros) – 14

Adesivos (polímeros) – 52,
53

Agregado reciclado
(concreto) - 44

Alumínio – 15, 20, 22, 26,
32, 33, 34, 49

Amido de mandioca
(compósitos) – 49

Amido de milho
(compósitos) – 49

Amido de fruta de lobeira
(compósitos) – 49

Argila – 33, 34, 35, 36, 37,
38, 39

B

Bagaço de cana-de-açúcar
(cinzas) – 48

Borracha (elastômeros) –
20, 52, 53

C

Cimento Portland – 38, 39,
48, 49

Ciência de materiais – 16

Ciência e Engenharia de
Materiais – 15, 16

Comportamento dos
materiais (tensão x
deformação) – 17

Compósitos – 15, 32, 44, 45,
46, 47, 49, 50, 54

Compósitos de matriz
poliéster (fibras de sisal) –
45

Compósitos reforçados com
fibras – 45, 46, 47, 53

Concreto – 21, 22, 23, 24,
28, 33, 38, 44, 46, 47, 53

Concreto armado – 44

Concreto leve – 44

Condutividade térmica – 17,
20, 21, 32, 33, 35, 36, 37

Corrosão (metais) – 24, 33,
47, 50, 51

Controle eletrônico de
estabilidade (carros) – 14

D

Deterioração de materiais –
24, 25

Deformação (tensão x deformação) – 25, 26, 52

Ductilidade – 17, 24, 26, 27, 32, 33, 46

Dureza (materiais poliméricos) – 17, 24, 26, 27, 34

Deformação (polímeros) – 52

E

Elasticidade – 15, 17, 26, 45, 46, 51, 52

Engenharia de materiais – 15, 16, 17, 32

Expansão térmica – 17

Elastômeros – 51, 52

EPS – 49, 54

F

Fadiga – 29, 33, 47

Fibra de coco (compósito cimentício) – 47, 48

Fibra de sisal (compósito poliéster) – 45

Fibras (polímeros) – 6

G

Gráfico de propriedades (tensão x deformação) – 26

Granalha de aço (resíduo para concreto) – 44

I

Impacto (carros) – 14

Impacto (propriedades de compósitos) – 27, 29, 33, 34, 35, 37, 49, 51, 54

Índice de Atividade Pozolânica (cinzas de bagaço de cana) – 48

Interações atômicas – 16

L

Laminados (compósitos estruturais) – 46

Lajes de plástico (estruturas) – 53

M

Materiais cerâmicos – 33, 34, 35, 36, 37

Materiais compósitos – 15, 32, 44, 45, 46, 47, 49, 50, 54

Materiais metálicos – 32

Materiais poliméricos – 15, 24, 50, 51, 52, 53, 54

Metais – 15, 20, 24, 32, 33

Microestrutura dos materiais – 16, 24

Matriz (compósitos) – 44, 45, 46, 47, 48

Módulo de elasticidade – 26, 45, 46

Magnetização – 22

P

Propriedades deteriorativas – 17, 24, 25

Propriedades elétricas – 17, 20, 21, 23, 32, 33, 35, 36, 50

Propriedades magnéticas – 17, 20, 22

Propriedades mecânicas – 17, 25, 32, 49, 51

Propriedades ópticas – 17, 22, 23

Propriedades térmicas – 17, 20, 21, 32, 49

Polímeros – 15, 24, 50, 51, 52, 53, 54

Polímeros (definição) – 50

Plástico (material) – 52, 53

PVC (polímero) – 44, 50, 53

Poliuretano (material compósito) – 22, 44, 49, 50, 53.

Polímeros termoplásticos – 51, 52

Polímeros termofixos – 51, 52

Polímeros elastômeros – 51, 52

Painéis sanduíche (compósitos estruturais) – 46, 49

R

Radiação ultravioleta (materiais) – 51

Reatividade dos materiais – 32

Reforço (materiais compósitos) – 44, 45, 46, 47, 53

S

Segurança (carros) – 14

Sensores (carros) – 14

Sustentabilidade – 22, 23, 37, 44, 49, 54

T

Telha sanduíche
(compósitos) – 49

Tensão – 17, 25, 26, 27, 28,
34, 52

Temperatura – 21, 24, 25,
29, 33, 35, 36, 37, 38, 47,
51, 52

Tenacidade – 17, 27

Tipos de materiais – 39, 54

Termofixos (polímeros) –
51, 52

Termoplásticos (polímeros)
– 51, 52

V

Vazios em lajes (plásticos)
– 53

CIÊNCIA DOS MATERIAIS PARA ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO: UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA

Revista REASE chancelada pela Editora Arché.

São Paulo- SP.

Telefone: +55(11) 5107- 0941

<https://periodicorease.pro.br>

contato@periodicorease.pro.br

**CIÊNCIA DOS MATERIAIS PARA ENGENHARIA E CONSTRUÇÃO:
UMA ABORDAGEM SIMPLIFICADA**

