



PCC 3222

Materiais de Construção II

Introdução

2023

Objetivos

Permitir que os alunos **compreendam** os fundamentos de materiais cimentícios, capacitando-os para especificar, formular e produzir os materiais cimentícios de **baixo impacto ambiental**, considerando:

- As condições de produção
- Requisitos de desempenho (comportamento em uso)
- Vida útil esperada
- Especificidades de cada aplicação

Metas

Capacitar os alunos a aplicar de forma criativa e ambientalmente responsável os materiais cimentícios

Propiciar a compreensão da **complexidade** das diferentes aplicações de argamassas e concretos em engenharia e as oportunidades de inovação e novos negócios

Consolidar critérios técnicos & ambientais para seleção de matérias-primas e seus fornecedores

Conteúdo do curso

- Ligantes inorgânicos
 - Cimentos Portland
 - Gesso
 - Cal
- Aplicações
 - Concreto
 - Argamassa
 - Pré-moldados..
- Formulação de concretos e argamassas
 - Impacto ambiental
 - Produção
 - Requisitos da obra
 - Durabilidade

Nota de Aproveitamento Final (A)

$MP \geq 5$ (sobre 10) $\rightarrow A = 0,75MP + 0,15TD + 0,1PC$

$MP < 5 \rightarrow A = MP$

MP = média das duas provas sobre 10;

TD = nota do trabalho dirigido

PC = nota de participação em classe.

Atenção!

Media 5 nas provas não garante aprovação pois para $MP > 5$ a nota dos TD entra na média.

Aprovação $A \geq 5$ e presença $> 70\%$.

Provas regulares

- Três provas, datas no programa.
- Média das provas (MP): 75 % da nota
- Trabalho Dirigido e Participação para $MP > 5$ (sobre 10)

Prova substitutiva:

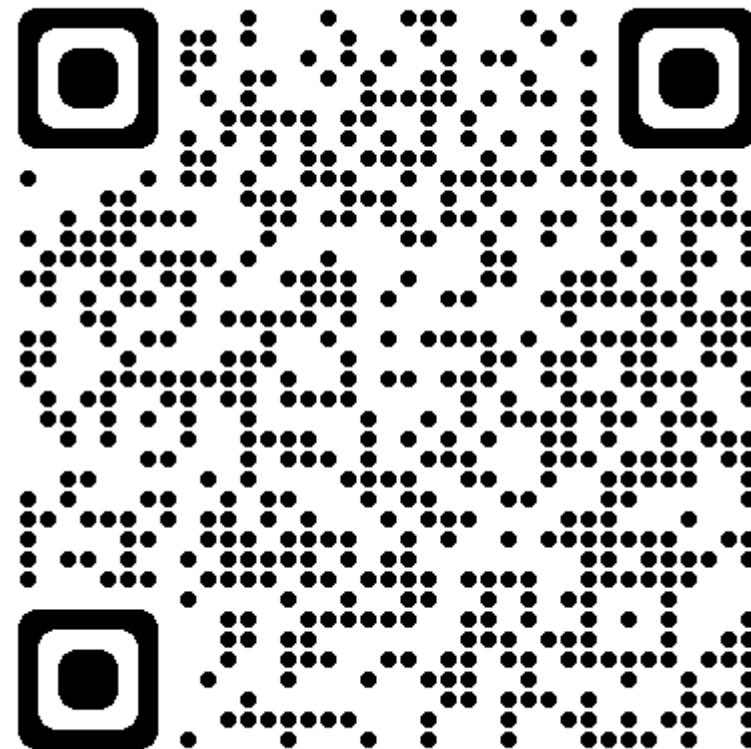
- substitui prova perdida por motivos comprovado de saúde
- abrange todo o conteúdo da disciplina
- realizada no final do semestre

Sobre aprendizagem

- **O aluno é o principal agente de aprendizado.**
- Professor e assistentes guiam e facilitam a aprendizagem
- Frequência faz parte da avaliação porque fixação dos conceitos depende de repetição.

Método

- **Aulas presenciais** com participação dos alunos
 - Perguntas esclarecem
 - Exercícios e atividades aplicam os conceitos (**qr codes contam como participação em aula, sempre preencher com email usp**)
- **Aulas teóricas gravadas:** as aulas teóricas completas da disciplina estão gravadas e poderão ser assistidas no [espaço PCC3222 canal USP no YouTube](#)



Video aulas gravadas

Método (ii)

- **Aulas de laboratório:** neste semestre pretende-se realizar uma aula de laboratório presencial. **Será necessário horários adicionais aos da disciplina.** Em planejamento pela equipe do laboratório.
- **Trabalhos dirigidos:** atividades a serem realizadas fora do período de aulas teóricas. Visam reforçar a capacidade de análise de dados e de informações técnicas

AULAS EXTRAS DE LABORATORIO
ENQUETE



<https://forms.gle/zrrqUiaKMzoLADhd8>

Moodle PCC 3222 é o canal

- Todas as **informações** estão no Moodle.
- Todas as **comunicações** serão feitas pelo Moodle
- **Dúvidas** podem ser esclarecidas pelo Moodle.
- **Calendário** atualizado está no Moodle.

Programa

Aula	Data	Tema
1	08/ago	Introdução ao curso. Cimento
2	15/ago	Adições minerais
3	22/ago	Hidratação e microestrutura
4	29/ago	Comportamento reológico de misturas cimentícias
5	13/set	Prova 1
6	19/set	Laboratório de cimento
6 ex	22/set	Laboratório de cimento extra
7	26/set	Agregados convencionais e reciclados
8	03/out	Propriedades Mecânicas do Concreto
9	10/out	Retração, fissuração e fluência
10	17/out	Durabilidade do concreto
11	25/out	Prova 2
12	31/out	Dosagem de concretos
13	07/nov	Laboratório de concreto (dosagem)
13 ex	10/nov	Laboratório de concreto extra (dosagem)
14	14/nov	Agglomerantes aéreos e argamassas
15	21/nov	Inovação em materiais cimentícios (visita ao PCD Hubic)
16	28/nov	Laboratório de concreto (ruptura dos concretos)
17	06/dez	Prova 3
18	13/dez	Prova Substitutiva

Bibliografia

Básica

- MEHTA, P. K. e MONTEIRO, P. J. M. Concreto: Microestrutura, propriedades e materiais. IBRACON, 3a Edição. São Paulo, 2008.
- Textos indicados no Moodle (<https://edisciplinas.usp.br/>).

Adicional recomendada

- ISAIA, G. C. Concreto: ciência e tecnologia. IBRACON, São Paulo, vol. 1 e 2, 2010.
- NEVILLE, A. Propriedades do concreto. 2 ed. São Paulo: Pini, 1997. 828p.
- NEVILLE, A. M. & BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. 2 ed. Tradução: Ruy Alberto Cremonini. Porto Alegre. Bookman, 2013. 448p.
- ILLSTON, J.; DOMONE, P. Construction materials: their nature and behaviour. Spon Press. 2010. 567p.

Quiz de introdução



<https://forms.gle/XGAwiFiPKbgK7q6g8>

O que são os materiais cimentícios?

Antes dos ligantes...







**Peças esculpidas artesanalmente, sob encomenda.
demorado e caro.**

Ligantes inorgânicos

Partículas minerais finas ($\sim < 100 \mu\text{m}$), *solúveis em água* com a qual formam *suspensão moldável* que *endurece por reações químicas, gerando sólidos monolíticos de qualquer forma e tamanho*, nas condições ambientais ($T > \sim 5^\circ\text{C}$)

Cimento Portland

Gesso

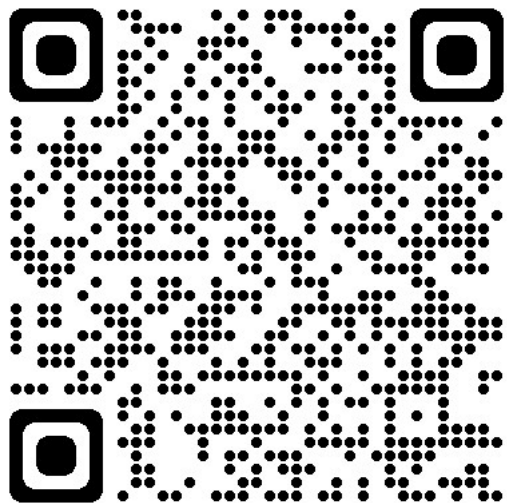
Cal

Cimento aluminoso

...

**Insumos industriais padrão, dispensa artesão.
rápido e barato.**

Monolito móvel flutuante h=420m



Plataforma Petrolifera
flutuante móvel Troll A


Massa: 1,2Mt
Noruega, 1996





Mistura com água



A close-up photograph of a dark, viscous material, likely a polymer or composite, showing a wavy, layered structure. The material has a glossy, slightly reflective surface. There are several small, irregular clusters of red and white particles or fibers embedded within the dark matrix. The overall appearance is that of a complex, multi-phase material.

Forma suspensão estável

Com reologia adequada para
conformação





**Endurecem formando
um novo sólido (poroso)**



Os materiais cimentícios



Os materiais cimentícios



Os materiais cimentícios

concreto

argamassa

Pasta



Cimento
~12%

Água
8%

Agregados
80%

materiais locais

Matérias primas principais

- **Agregados graúdos**
 - Brita (rocha britada)
 - Cascalho
- **Agregados miúdos**
 - areia natural
 - Areia britada
 - Resíduos (entulho, minérios..)
- **Ligante(s)**
 - Cimento
- **Adições**
 - Fíleres
 - Pozolanas
 - Escórias de alto forno
 - Resíduos
 - Saibro
 - Fibras, ...
- **Aditivos**
 - Incorporador de ar
 - Modificador de viscosidade
 - Polímeros em emulsão
 - Dispersantes, ...

Concreto endurecido

A black and white micrograph showing the internal structure of hardened concrete. The image is filled with numerous dark, rounded aggregates of various sizes, ranging from small pebbles to larger, smooth stones. These aggregates are embedded in a lighter-colored, porous matrix. The overall appearance is that of a dense, heterogeneous material with a granular texture.

Imagem de
secção polida
Agregados graúdos
arredondados são
cascalho ou seixo
rolado.

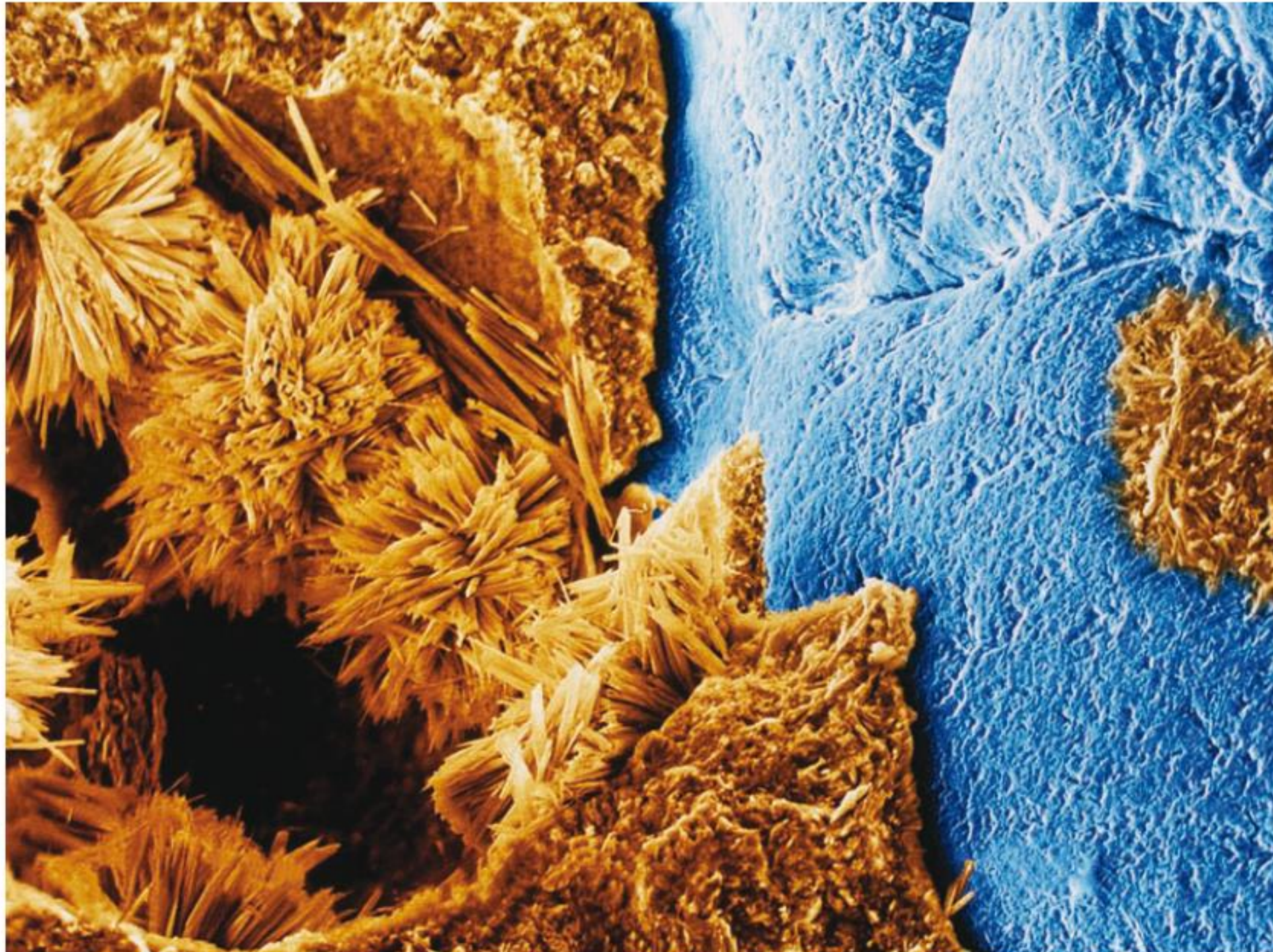
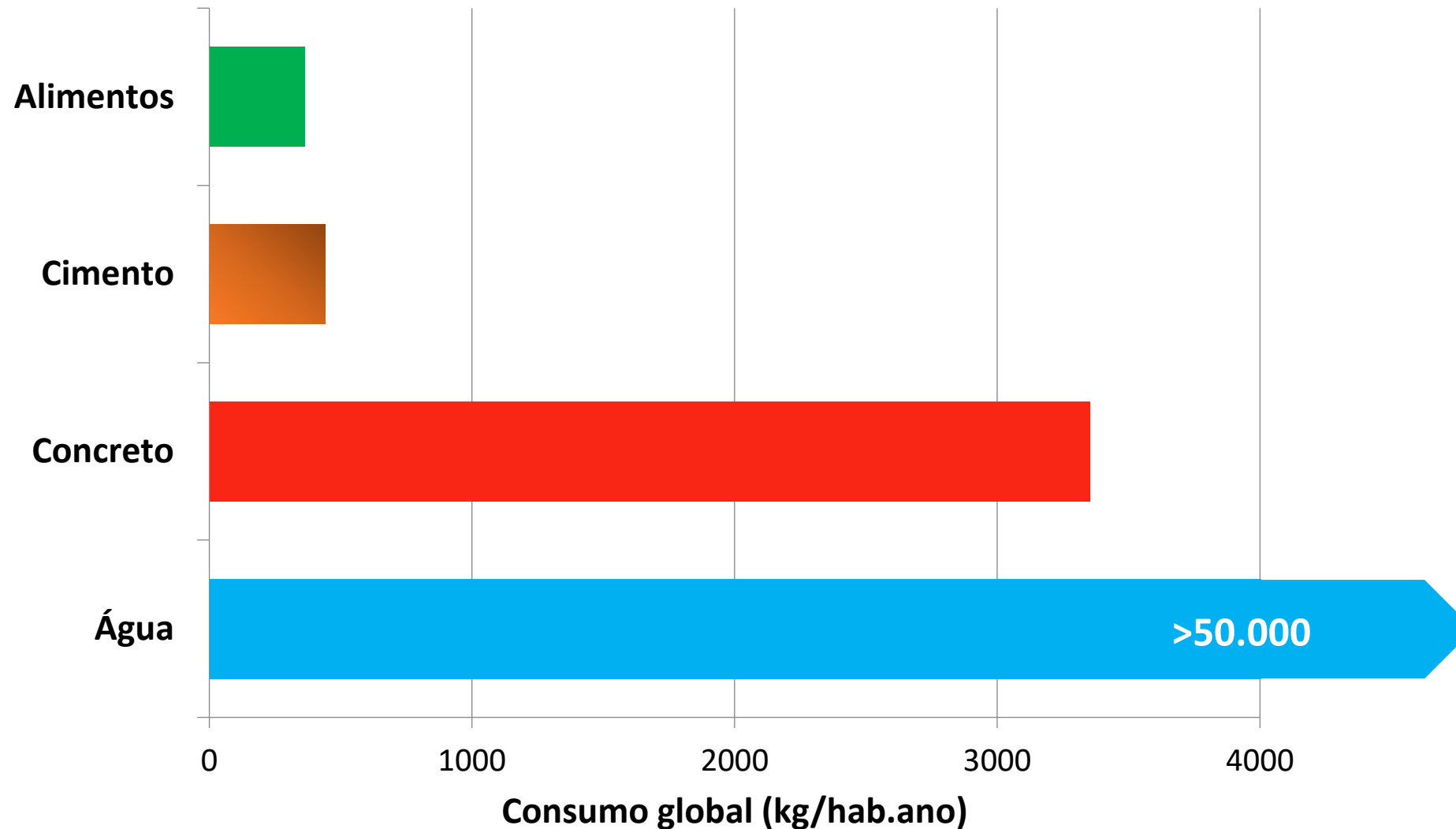


Imagem microscopia eletrônica de varredura colorida artificialmente. Em azul o agregado e em marrom produtos da hidratação do cimento.

Materiais cimentícios e o ambiente construído

Materiais cimentícios e a vida moderna



Gesso e cal: os primeiros ligantes inorgânicos

- Conhecidos a mais de 5000 anos
- Assentamento de alvenaria
- Revestimento simples & decorativos
- Assentamento de placas cerâmicas

- **Gesso:** Baixa resistência à água
- **Cal:** espessuras finas, baixa resistência a água

Alhambra, Granada

By Yves Remedios

Para saber mais: <https://doi.org/10.1016/j.culher.2003.02.002>

Colagem de placas cerâmicas com argamassa



Porta de Ishtar (século VII a.C., Iraque)

O concreto romano 24 AC

- Mistura de cal com cinzas vulcânicas geram material similar ao cimento Portland
- Resistente a água
- Flexibilidade de forma

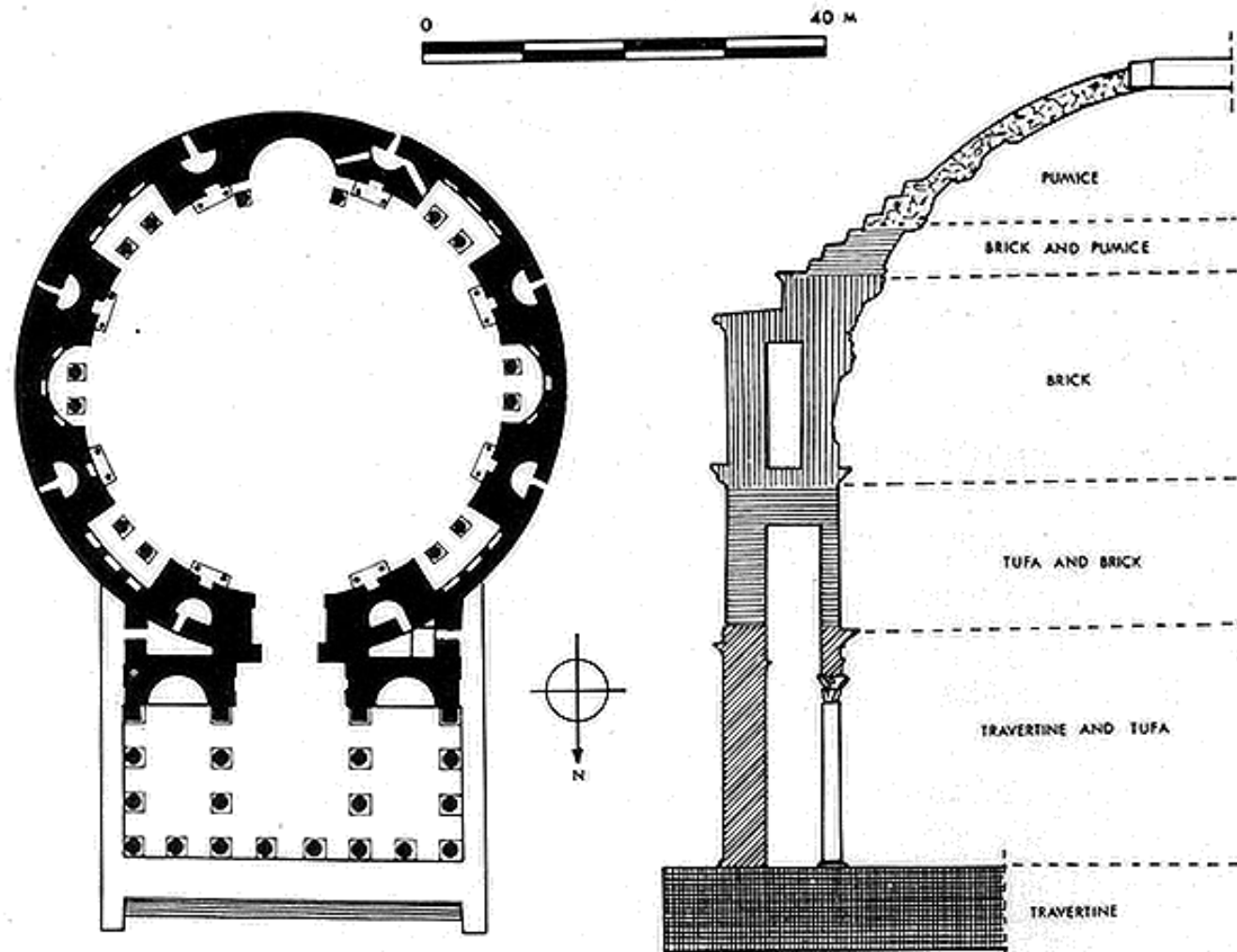
Peças monolíticas
de grandes dimensões
moldadas em formas.

Jackson et. All. Mechanical resilience and cementitious processes
in Imperial Roman architectural mortar
<https://Dx.doi.org//10.1073/p'nas.1417456111>



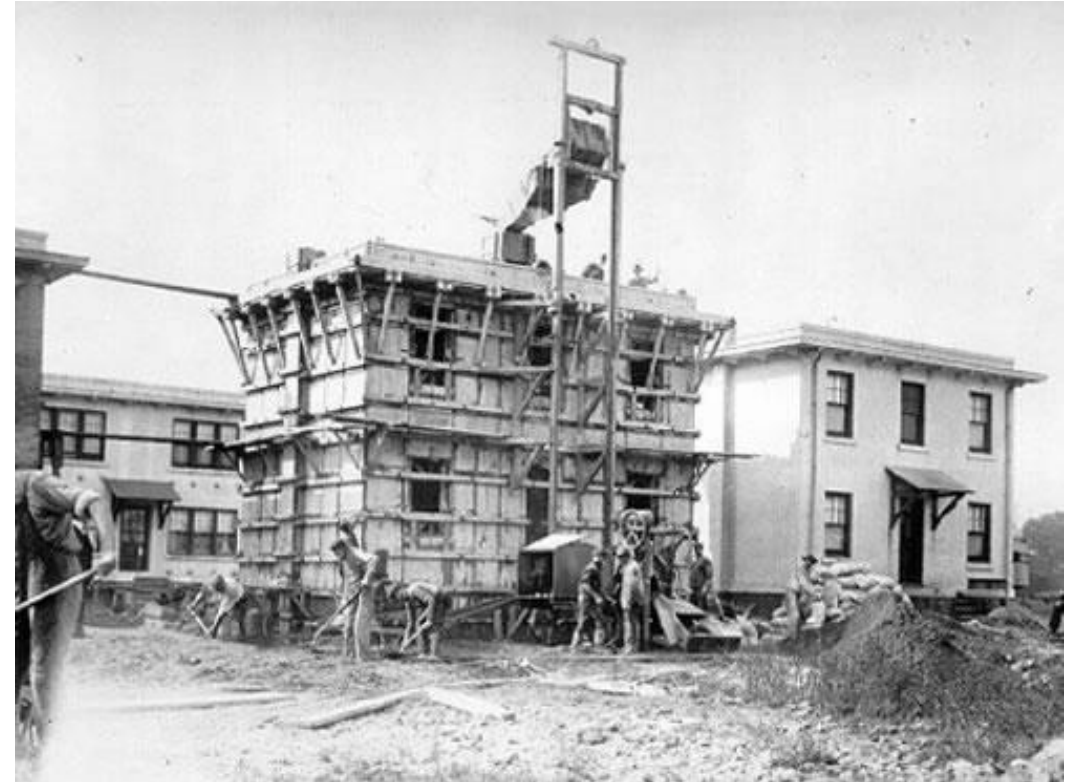
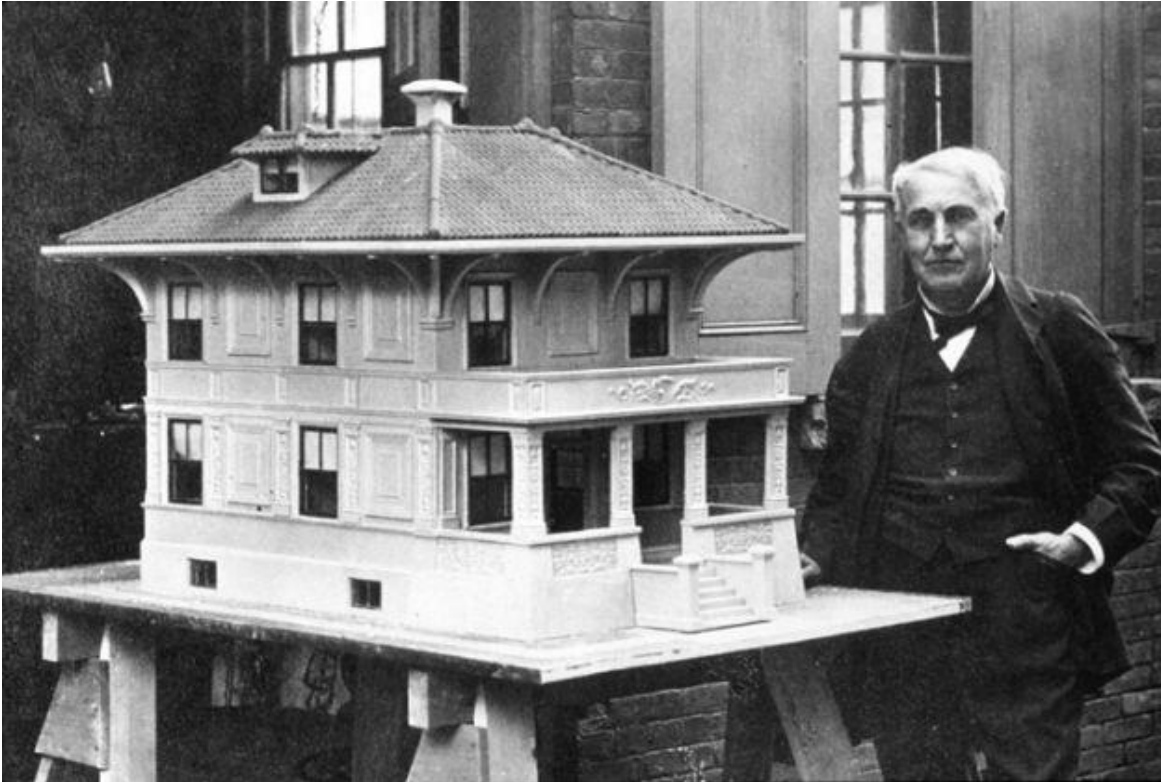
By [Marco Verch](#)

Pantheon: propriedades do concreto variam de acordo com a tensão



Vão: 44m; Concreto com densidade e resistências variáveis, otimizados para tornar a estrutura mais leve.

Thomas Edison (~1900): patente de casas de concreto



As casas de dois andares eram moldadas em uma só operação.
Proprietário de uma fábrica de cimento, Edison também desenvolveu os fornos de produção de cimento.
Veja mais na [Slate](#). Fotos da [Wikipédia](#)



[The Treehugger](#)

Aplicações

O concreto define a cidade moderna



Concreto domina a infraestrutura



Itaipu

US\$ 18,5 bilhões;

altura 196m –

extensão 180 m

20 tipos de concreto

12,5 M de m³

<http://www.itaipu.gov.br>

Pontes



Vão central 90 m; vão total 133 metres

Robert Maillart - Ponte Salginatobel – Imgur (1930) [Wikipedia](#)

90% da massa
(agregados e água)
do local

Viadutos e túneis

Rodovia dos Imigrantes – 2ª. pista 2002



Metrô – SP: Obra da estação Ipiranga



Argamassas: autonivelante e colante



[Lafarge Flooring Solutions](#)



Painéis de gesso acartonado



papel

As juntas entre placas de gesso acartonado são preenchidas com uma pasta de gesso e aditivos.

Gesso em revestimento



[Revestimento de gesso](#)



[Painéis decorativos em gesso](#)

Argamassa de revestimento projetada

Argamassas podem ser de cimento, cimento e cal, cal ou gesso



<http://www.bullx.com.br/>

Concreto projetado



MATEI



Concreto auto-adensável

Pré-moldados revestimento estrutural de túnel (Linha 4 Metro)



Tunleadora

- Escava o túnel e posiciona os pre-moldados



Burj Khalifa

- Area : 280.000m²
- Concreto: 330,000 m³
 - $f_{ck} = 80\text{MPa}$ (10MPa em 10h)
 - $E = 44\text{ Gpa}$
- Bombeamento 600m de altura
- Aço para concreto armado: 55.000 t
 - 167 kg/m³ de concreto

Baker et al [Engineering the World's Tallest – Burj Dubai](#)
CTBUH 8th World Congress 2008

https://en.wikipedia.org/wiki/Burj_Khalifa
http://www.som.com/projects/burj_khalifa



Aplicações especiais & inovação

O UHPC: concreto c/fibras de aço c/ altíssima resistência



Resist. Compressão: **>200MPa**. Flexão 40MPa.

Museum of European and Mediterranean Civilizations ([MuCEM](https://www.muCEM.org)) in Marseille (France)

Para saber mais: Fehling et al **Ultra-High Performance Concrete** UHPC 2014 <http://dx.doi.org/10.1002/9783433604076> **POLI USP**



Concreto com impressão superficial



<https://www.reckli.com/en/>

[University Paul Sabatier, Toulouse](#)

Impressão 3D de concreto



<https://www.youtube.com/watch?v=cPDaOuiDK5Y>

Impressão 3D de concreto



<https://www.3dsourced.com/wp-content/uploads/2021/06/COBOD-BOD2-concrete-3d-printer.jpg>

Amberes, Bélgica

Impressão 3D de concreto



https://images.adsttc.com/media/images/5d36/b31d/284d/d1d4/2900/0049/slideshow/Concrete_Choreography_05.jpg?1563865854

Impressão 3D de concreto na Poli-USP





Arq. Stefan Zwicky 1980
Poltrona em concreto inspirada na “*Grand Confort*” de Le
Courbusier. “*Grand confort, without comfort*”

Exercício :

Qual é a propriedade do
material que torna a
poltrona de concreto
desconfortável?