Materiais de construção civil I

Materiais de construção civil I

Livia de Faria Lopes

© 2017 por Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Todos os direitos reservados. Nenhuma parte desta publicação poderá ser reproduzida ou transmitida de qualquer modo ou por qualquer outro meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia, gravação ou qualquer outro tipo de sistema de armazenamento e transmissão de informação, sem prévia autorização, por escrito, da Editora e Distribuidora Educacional S.A.

Presidente
Rodrigo Galindo

Vice-Presidente Acadêmico de Graduação
Mário Ghio Júnior

Conselho Acadêmico
Alberto S. Santana
Ana Lucia Jankovic Barduchi
Camila Cardoso Rotella
Cristiane Lisandra Danna
Danielly Nunes Andrade Noé
Emanuel Santana
Grasiele Aparecida Lourenço
Lidiane Cristina Vivaldini Olo
Paulo Heraldo Costa do Valle
Thatiane Cristina dos Santos de Carvalho Ribeiro

Revisão Técnica
João Carlos dos Santos
Luigi Leonardo Mazzucco Albano

Editorial
Adilson Braga Fontes
André Augusto de Andrade Ramos
Cristiane Lisandra Danna
Diogo Ribeiro Garcia
Emanuel Santana
Erick Silva Griep
Lidiane Cristina Vivaldini Olo

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Lopes, Livia de Faria
L864m Materiais de construção civil I / Livia de Faria Lopes.
– Londrina : Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2017.
192 p.

ISBN 978-85-522-0191-5

1. Materiais de construção. 2. Construção civil. I. Título.

CDD 691.0294

2017
Editora e Distribuidora Educacional S.A.
Avenida Paris, 675 – Parque Residencial João Piza
CEP: 86041-100 — Londrina — PR
e-mail: editora.educacional@kroton.com.br
Homepage: http://www.kroton.com.br/

Sumário

Unidade 1 | Agregados graúdos e miúdos 7

Seção 1.1 - Agregados 8
Seção 1.2 - Constantes físicas dos agregados 26
Seção 1.3 - Granulometria 42

Unidade 2 | Aglomerantes 57

Seção 2.1 - Cal e gesso 58
Seção 2.2 - Cimento Portland 69
Seção 2.3 - Materiais betuminosos 81

Unidade 3 | Materiais da construção civil 95

Seção 3.1 - Materiais cerâmicos 97
Seção 3.2 - Madeira e materiais derivados 113
Seção 3.3 - Materiais metálicos 129

Unidade 4 | Materiais poliméricos, betuminosos e residuais 147

Seção 4.1 - Materiais poliméricos 149
Seção 4.2 - Materiais: concreto e argamassa 161
Seção 4.3 - Entulho e materiais reciclados 178

Palavras do autor

Caro aluno,

Seja bem-vindo! Nesta disciplina vamos conhecer os principais materiais aplicados na Construção Civil e suas formas de utilização. Estudaremos como esses materiais são obtidos, aplicados e suas características, visando o conhecimento da melhor maneira de aplicá-los, lembrando que sua correta utilização depende em grande parte da solidez, da durabilidade, do custo e também da beleza de uma obra.

A história da utilização de materiais da Construção Civil acompanha a própria história da evolução do homem. Desde o tempo dos homens das cavernas, estávamos em busca de abrigo e sobrevivência. No início, o homem empregava em suas construções os materiais disponíveis na natureza e os adaptava ao seu uso, como: a pedra, a madeira, o barro, fibras vegetais e metais. A própria evolução exigiu que o homem melhorasse os seus padrões, dessa forma, houve, com o passar dos séculos, o aprimoramento desses materiais, nos quais características como resistência, durabilidade e aparência tornaram-se essenciais.

Na execução de uma obra sempre utilizamos diversos materiais de construção, portanto, parte de sua qualidade depende da qualidade desses materiais, por isso a importância desta disciplina. No decorrer das unidades, conheceremos diversos materiais da Construção Civil, o que nos trará a capacidade de fazer as escolhas certas e ter sucesso na carreira profissional.

Aluno, logo no início da sua carreira, seja como estagiário ou engenheiro responsável por obras, você terá que escolher e selecionar os melhores materiais para serem empregados em suas construções, tendo como desafio garantir a qualidade, durabilidade, beleza da obra e o seu custo.

Nosso material está dividido em quatro unidades. Na Unidade 1 conheceremos os agregados graúdos e miúdos, suas propriedades, constantes físicas e granulometria. Já na unidade seguinte, estudaremos os aglomerantes, como a cal, o gesso e o cimento. Na terceira e na quarta unidades, exploraremos os materiais de construção, como

cerâmica, madeira, materiais metálicos, poliméricos, betuminosos e reciclados.

Espero que, no decorrer desta disciplina, os materiais fornecidos e as atividades propostas sejam eficientes e que auxiliem você a aprofundar o conhecimento sobre o assunto e, o principal, que seja cumprido o objetivo de fornecer subsídios para sua atuação profissional sempre que houver a necessidade de trabalhar com materiais de construção.

Desejo-lhe muito sucesso!

Agregados graúdos e miúdos

Convite ao estudo

No estudo dos materiais da Construção Civil o papel dos agregados é fundamental, pois sua utilização é muito ampla devido às suas características físicas e mecânicas que possibilitam a aplicação em toda cadeia de produção.

Nesta unidade, conheceremos os diferentes agregados aplicados na Construção Civil, suas características, classificações, origens e utilização. Estudaremos as constantes físicas que são importantes para o entendimento dos comportamentos físicos dos agregados e também na garantia da qualidade durante sua utilização. Aprofundaremos também o estudo da granulometria (tamanho dos grãos) e os principais ensaios que são realizados em campo e em laboratório.

Imaginando um caso prático, vamos supor que você, aluno, é o engenheiro recém-formado e, em sua primeira obra, será responsável pela construção de uma casa residencial. Você terá que organizar e receber os primeiros materiais dessa obra e sua tarefa será de identificar e separar os agregados de forma adequada e verificar sua qualidade.

No decorrer desta unidade, mais dessas situações serão propostas a você. Esteja preparado e atento às características dos agregados e de sua utilização na Construção Civil.

Seção 1.1

Agregados

Diálogo aberto

Nesta seção conheceremos os principais agregados utilizados na Construção Civil, suas classificações, propriedades e suas principais aplicações.

Suponha que você, aluno, é o engenheiro civil recém-formado e, em sua primeira obra, será responsável pela construção de uma casa residencial, tendo que organizar e receber os primeiros materiais dessa obra. Sua tarefa será de identificar e separar os agregados de forma adequada e verificar sua qualidade.

Logo no início, você recebe quatro caminhões, cada um com um tipo de agregado, porém no recibo de entrega dos materiais não estão identificadas as especificações, apenas algumas descrições. Diante disso, sua primeira missão será a de reconhecer os agregados através da análise visual do material e das informações recebidas e, por fim, compreendendo suas principais aplicações, separá-los no canteiro de obra para a utilização nos seguintes serviços:

- Espaço A: execução do concreto no local ("in-loco") para a concretagem da fundação
- Espaço B: preparação da argamassa para assentamento de blocos
- Espaço C: ornamentação do jardim na lateral da residência
- Espaço D: fabricação do concreto de enchimento da área externa

Na sequência, temos as imagens dos agregados e as informações que foram disponibilizadas:

Figura 1.1 | Imagem e informação de cada agregado

DESCRIÇÃO	IMAGEM DO AGREGADO	INFORMAÇÕES
CAMINHÃO 1		**Tamanho do Grão de 1,2mm**
		Agregado miúdo
		Produto natural retirado de leitos de rios

CAMINHÃO 2		**Processo resultante da expansão da argila**
		Sua massa específica é classificada como leve
		Material poroso
CAMINHÃO 3		**Tamanho do grão maior que 4,8mm**
		Sua origem é de rochas
		Produto resultante do processo de britagem
CAMINHÃO 4		**Formato de grãos arredondados**
		Encontrado em rios
		Grãos com alta resistência ao desgaste

Fonte: elaborada pela autora.

Aluno, convido você ao estudo das características e propriedades dos agregados para resolução desta primeira tarefa no canteiro de obra. Antes de iniciarmos os estudos, é importante que compreenda quais classificações e propriedades dos materiais devem ser conhecidas.

Não pode faltar

Antes de nos aprofundarmos no tema desta seção é importante compreendermos como os materiais da construção, de forma geral, podem ser classificados e quais propriedades devem ser conhecidas em cada material.

Classificação dos materiais da Construção Civil

Os materiais podem ser classificados em relação à sua origem, sua função na edificação, aplicação e natureza.

Quanto à sua origem: se são naturais, artificiais ou combinados.

• *Naturais:* são obtidos diretamente na natureza e não exigem tratamentos especiais, podemos citar como exemplo os materiais: pedra, areia e madeira.

• *Artificiais*: são obtidos por processos industriais, a exemplo de tijolos e telhas.

• *Combinados*: são resultantes da combinação de materiais naturais e artificiais. Exemplo: o concreto e a argamassa.

Quanto à função na edificação: podem ser materiais para vedação, proteção ou que apresentem função estrutural.

• *Vedação*: como o próprio nome já diz, tem o papel de vedar a estrutura, porém não tem função estrutural. É o caso de alguns tijolos e vidros.

• *Proteção*: tem a função de proteger os materiais propriamente ditos; a exemplo temos as tintas e os vernizes.

• *Estrutura*l: são utilizados para resistir aos esforços da estrutura; é o caso do concreto, aço, madeira e blocos estruturais.

Quanto à aplicação: a forma que eles podem ser aplicados, seja de maneira isolada ou combinada com outro material.

• *Simples ou Básico*: podem der aplicados independentemente, como o tijolo e as telhas.

• *Produzidos ou Compostos*: são aplicados em conjunto; é o caso de argamassa e do concreto.

Quanto à natureza: referente à composição do material, podem ser metálicos, poliméricos, cerâmicos ou compósitos.

• *Metálicos*: são materiais que possuem elementos como o ferro, o alumínio, o cobre etc. A exemplo temos as barras de aço utilizadas nas estruturas, perfis metálicos, formas e escoramentos metálicos.

• *Poliméricos*: São basicamente os materiais com composição de plásticos e de borracha; temos como exemplo os eletrodos e cabos das instalações elétricas, os tubos de PVC nas instalações hidráulicas, alguns tipos de esquadrias e portas, entre outros.

• *Cerâmicos*: São materiais inorgânicos e não metálicos. Sua formação se dá pela ação do calor e subsequente resfriamento, por este motivo possui a característica de resistir a altas temperaturas. É um material de bom isolamento térmico. Exemplo: telhas, tijolos e azulejos.

• *Compósitos*: São formados pelo resultado da mistura de pelo menos dois materiais. Estes resultados geram materiais com propriedades e características determinadas. Os exemplos mais comuns destes materiais na Construção Civil são: madeira e concreto.

Propriedades dos materiais da Construção Civil

As propriedades dos materiais podem ser divididas entre Propriedades Físicas e Propriedades Mecânicas.

Propriedades Físicas: As principais propriedades físicas que devem ser compreendidas sobre os materiais são:

• *Densidade*: relação entre a massa e o volume do material.

• *Porosidade*: é a relação de vazios que o material apresenta em relação ao seu volume de sólidos.

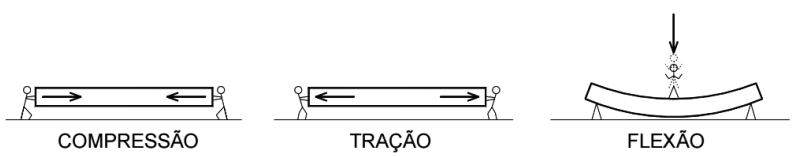
• *Permeabilidade*: é a capacidade que o material tem de absorção de fluidos sem se desintegrar, ou seja, está relacionado à durabilidade dele.

• *Absorção*: comportamento do material em relação à retenção de líquidos em seus poros e condutos capilares.

Propriedades Mecânicas:

A resistência de um material é a capacidade que ele apresenta em suportar cargas sem se romper ou sofrer excesso de deformação, como a resistência à tração, compressão e flexão, conforme apresentado nas Figuras 1.1, 1.2 e 1.3, a seguir:

Figura 1.2 | Esquema de resistência à tração, à compressão e à flexão

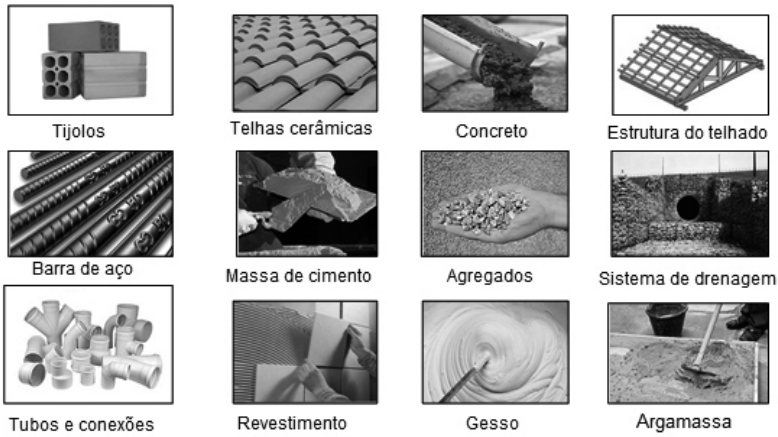


Fonte: elaborada pela autora.

Além das propriedades destacadas acima, existem diversas outras como: elasticidade, tenacidade, plasticidade, fluência e fadiga.

Na Figura 1.3, encontram-se alguns exemplos dos materiais utilizados na Construção Civil.

Figura 1.3 | Materiais da Construção Civil



Fonte: elaborada pela autora.

Assimile

Agregados

Definições e conceitos

Os agregados são materiais inertes sem forma e volume definido e possuem dimensões e propriedades adequadas para diferentes usos em obras de engenharia. Segundo a NBR 7211, os agregados são materiais pétreos, obtidos por fragmentação natural ou artificial, possuindo dimensões nominais inferiores a 75 mm.

A maioria dos agregados pode ser encontrada na natureza, como é o caso das pedras britadas, dos seixos e das areias. As britas, por exemplo, passam por diversos processos, derivando de rochas que, após sua extração em uma jazida, passam por diversos processos de beneficiamento para chegar aos tamanhos adequados aos diversos usos. Alguns agregados são os subprodutos resultantes das atividades industriais, como é o caso da escória de alto-forno, resultado do resíduo produzido na fabricação de ferro e gusa.

Utilização na Construção Civil

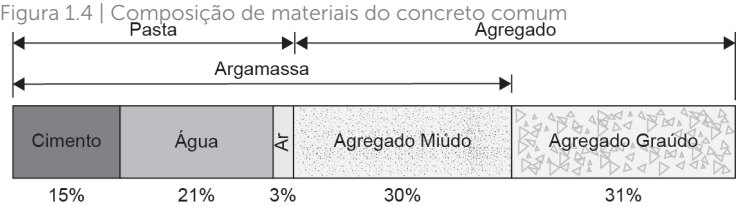
A utilização dos agregados na Construção Civil é muito ampla e normalmente está relacionada à fabricação de outros materiais que compõem a estrutura das obras de engenharia. Podemos citar alguns exemplos de suas aplicações, como:

- Argamassas e concreto
- Base para calçamentos e pavimentação
- Drenos e gabiões
- Lastros de ferrovias

Exemplificando

No concreto e na argamassa os agregados possuem uma função técnica e econômica. Técnica porque minimiza a retração, o calor de hidratação e aumenta a resistência química e à abrasão. Econômica, pois em um concreto comum mais de 60% da composição é de agregados, o que traz uma enorme economia em relação à utilização de outros materiais, conforme representado na Figura 1.4:

Figura 1.4 | Composição de materiais do concreto comum



Fonte: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/0/00/TC031_Agregados_.pdf>. Acesso em: 8 mar. 2017.

Classificação dos agregados

Assim como os materiais da Construção Civil, os agregados também são classificados em relação à sua origem, tamanhos dos grãos e massa específica.

Quanto à origem:

• *Naturais*: são encontrados na natureza na sua forma definitiva; é o caso da areia de rios, cascalhos, pedregulhos e seixos rolados.

• *Artificiais*: provenientes do "britamento" de rochas, pois necessitam da atuação do homem para que o tamanho dos seus grãos seja modificado; é o caso de pedrisco e pedra britada.

• *Industrializados*: aqueles obtidos através de processos industriais. Ex.: argila expandida e escória de alto forno.

• *Reciclados*: originados da reciclagem dos resíduos da Construção Civil.

Quanto ao tamanho dos grãos:

• ***Agregados Miúdos***: de acordo com a classificação da ABNT, os grãos que passam pela peneira de 4,8 mm (peneira de malha quadrada com abertura nominal de "L" mm, neste caso, 4,8 mm) e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm são considerados agregados miúdos.

• ***Agregados Graúdos***: são considerados agregados graúdos os grãos que passam pela peneira ABNT 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8 mm.

Quanto à massa específica (*p*):

Através da Massa Específica do agregado pode-se classificá-los como: leves, médios e pesados. A Tabela 1.1, a seguir, identifica os intervalos desses valores:

Tabela 1.1 | Classificação dos agregados em leves, médios e pesados

Leves	$p < 1000$ kg/m3
Médios	$1000 \leq p \leq 2000$ kg/m3
Pesados	$p > 2000$ kg/m3

Fonte: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carmeane/materiais/APOSTILA__ENSAIOS__TECNOLOGICOS_AGREGADOS_2014_1__4_.pdf>. Acesso em: 19 jun. 2017.

Pesquise mais

Pesquise através da ABNT a norma *NBR NM 248 - Agregados - Determinação da composição granulométrica* e conheça mais sobre o assunto.

Agora, veremos os principais tipos de agregados utilizados na Construção Civil.

BRITA:

É um agregado obtido através de um processo industrial de fragmentação de rochas maiores, como granito, gnaisse, basalto em outras menores. Este processo recebe o nome de britagem, o produto gerado origina diferentes tamanhos de pedra, que por sua vez têm diferentes aplicações. É importante destacar que o nome de cada produto originado da britagem está relacionado à dimensão do grão.

Processo de Britagem:

O processo de britagem tem como objetivo transformar a pedra natural que é retirada de jazidas em pedras menores de diferentes formas e tamanhos, para que possam ser utilizadas e aplicadas como insumos em obras da Construção Civil. Os processos que envolvem esta transformação são:

Decapagem: É o processo de limpeza do terreno. São feitas as remoções das camadas de impurezas.

Desmonte: Após o processo de limpeza do terreno (decapagem), é executado o desmonte da rocha natural com uso de explosivos.

Transporte: Neste processo é feito o transporte do material da mina para a britagem. Estes caminhões levam o material até a britagem primária.

Britagem primária: Os fragmentos das rochas são descarregados na baia de alimentação da britagem primária. Da baia, seguem para o britador de mandíbulas através de uma esteira rolante, onde serão triturados.

Britagem secundária: É o processo em que o material oriundo da britagem primária é novamente triturado. É importante destacar que o produto proveniente da britagem secundária possui dimensão inferior aos do produto da britagem primária.

Britagem terciária: É o processo em que o material oriundo da britagem secundária é novamente triturado. Este processo tem como objetivo corrigir o formato dos grãos, tornando-os arredondados.

Peneiramento, lavagem e classificação: Os materiais provenientes das britagens secundária e terciária são submetidos ao processo de peneiramento. Este processo é feito com peneiras vibratórias e, simultaneamente ao peneiramento, é feita a lavagem dos grãos. Após a lavagem, os materiais são classificados de acordo com sua dimensão através de ensaios granulométricos.

Pesquise mais

Para conhecer mais sobre o processo de britagem e seus diversos produtos, acesse o link <https://www.youtube.com/watch?v=llHYMHLxGl8> e assista ao vídeo. Acesso em: 1 jun.2017.

De acordo com Bauer (2008), os principais produtos oriundos da fragmentação da rocha (britagem) são:

• **Brita:** agregado obtido a partir de rochas compactas que ocorreram em jazidas, pelo processo industrial de fragmentação da rocha maciça.

• **Rachão ou Pedra de Mão:** passa no britador primário e é retido na peneira de 76mm.

• **Bica-corrida:** material britado que pode ser o resultado da passagem do britador primário ou secundário.

• **Pedra Britada:** produto da diminuição artificial de uma rocha, tamanhos de grãos que variam de 2,4 a 64 mm.

• **Pó de pedra:** Material mais fino que o pedrisco, sendo que sua graduação varia de 0 a 4,8mm.

• **Areia de brita:** obtida dos finos resultantes da produção da brita dos quais se retira a fração inferior a 0,15mm.

• **Fíler:** Agregado de graduação que varia de 0,005mm a 0,075mm.

• **Restolho:** material granular que apresenta grãos frágeis e que pode conter quantidades de solos; sua retirada do fluxo é na saída do britador primário.

A figura 1.5 apresenta os principais produtos resultantes da britagem.

Figura 1.5 | Principais produtos da Britagem

Fonte: <https://constructapp.io/wp-content/uploads/2017/03/britas.jpg>. Acesso em: 19 jun. 2017.

Areia

É um agregado miúdo que pode ser obtido de forma natural ou artificial. A areia natural pode ser extraída de depósitos eólios, leitos de rios, entre outros. Sua extração é feita predominantemente por processos de: *escavação*, *dragagem* e *bombeamento*. Antes de ser comercializado, independentemente do processo de extração, o material deve ser lavado e classificado.

A areia artificial é resultante do processo de britagem. Seu tamanho é inferior a 0,15 mm. É importante destacar que por ter grande quantidade de material pulverulento possui uma absorção maior em relação à areia natural.

Pelo tamanho de seus grãos, a areia pode ser classificada em: fina, média e grossa. A tabela 2 apresenta a faixa granulométrica de classificação dos tipos de areia, de acordo com Bauer (2008).

Tabela 1.2 | Classificação da areia de acordo com sua granulometria

CLASSIFICAÇÃO DA AREIA DE ACORDO COM SUA GRANULOMETRIA		
CLASSIFICAÇÃO DA AREIA	DE ACORDO COM A NBR 7225	DE ACORDO COM BAUER (2008)
AREIA FINA	de 0,75 a 0,42 mm	de 0,15 a 0,6 mm
AREIA MÉDIA	de 0,42 a 1,2 mm	de 0,6 a 2,4 mm
AREIA GROSSA	de 1,2 a 2,4 mm	de 2,4 a 4,8 mm

Fonte: BAUER, 2008.

O uso da areia como material de Construção Civil é muito amplo. Entre eles, podemos destacar:

- Concretos (betuminoso ou de cimento Portland)
- Argamassas
- Pavimentos
- Filtros de estações de tratamento de água e esgoto

Cascalho ou seixo rolado

Segundo Bauer (2008), o cascalho é um sedimento fluvial de rocha ígnea formado de grãos de diâmetro, em geral, superior a 5 mm, podendo chegar a 100 mm, conforme ilustrado na figura 1.6. Os formatos dos grãos são arredondados devido ao atrito que é causado pela movimentação das águas. O cascalho pode ser conhecido como seixo rolado e apresenta grande resistência ao processo de desgaste, pois já passou por uma forte exposição em seu local de origem. Podemos ver sua aplicação:

- agregado no concreto (apresenta maior trabalhabilidade que os preparados com brita)
- ornamental: em jardins e decorações.

Figura 1.6 | Cascalho ou seixo rolado

Fonte: <http://www.minasit.com.br/?portfolio=seixo-parana>. Acesso em: 8 mar. 2017.

Fíler ou pó de pedra

É um agregado de graduação que varia de 0,005mm a 0,075mm. Seus grãos são da mesma ordem de grandeza dos grãos de cimento, conforme ilustrado na Figura 1.7. O fíler pode ser utilizado em diversos serviços, como:

- Concretos: durante a preparação para preencher vazios.
- Cimentos
- Na argamassa betuminosa durante sua preparação
- Em asfaltos fluidos para torná-los mais espessos.

Figura 1.7 | Fíler ou pó de pedra

Fonte: <http://www.jlxmineracao.com.br/produtos-po-de-pedra-especial.html>. Acesso em: 8 mar. 2017.

Bica-corrida:

É o material britado no momento em que ele se encontra após a saída do britador. Sua classificação está dividida em primária ou secundária. A bica-corrida será primária após a saída do britador

primário e sua graduação será de aproximadamente 300 mm (dependendo da regulagem e tipo de britador) e será secundária quando passar pelo britador secundário, sua graduação será menor e de aproximadamente 76mm. A utilização na Construção Civil favorece:

- Obras de base e sub-base de pavimentação
- Melhoria nas estradas e pavimentação em áreas rurais
- Assentamento de tubos

A Figura 1.8, ilustra a bica-corrida.

Figura 1.8 | Bica-corrida

Fonte: <http://www.britastomazelli.com.br/nossos-produtos>. Acesso em: 7 mar. 2017.

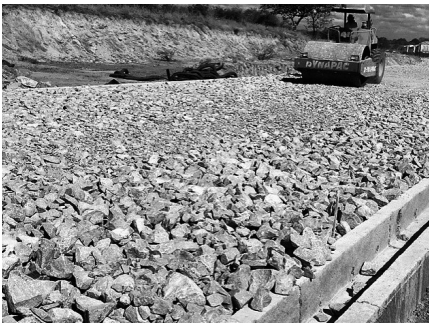
Rachão ou "pedra de mão":

É um agregado constituído do material que passa no britador primário, porém é retido na peneira de 76 mm. A NBR 9935 define rachão como "pedra de mão" quando as dimensões estiverem entre 76 e 250 mm.

O rachão é utilizado principalmente em:

- Filtros de decantação
- Obras de drenagem
- Estabilização de solo
- Reforço de base e sub-base em pavimentação e ferrovias, conforme ilustrado na Figura 1.9.

Figura 1.9 | Rachão ou "pedra de mão" sendo utilizada como base em ferrovia



Fonte: <http://www.construcaocivil.info/compactacao-da-camada-de-rachao-no-trecho-da-ferrovia-de-integracao-oeste-leste-fiol-lote-3-tanhacu-bahia-brasil/>. Acesso em: 7 mar. 2017

Argila expandida

A argila expandida pode ser classificada como um agregado leve em função da sua baixa massa específica. Para obtenção desse agregado, a matéria-prima, a argila, passa por um tratamento térmico e, com a expansão de gases, faz com que esse material se torne poroso, conforme ilustrado na Figura 1.10. Suas principais utilizações na Construção Civil são:

- No concreto (concreto de enchimento) devido à sua massa leve.

- Placas de concreto, onde apresenta comportamento de isolante térmico e acústico.

- Fins ornamentais em jardins.

Figura 1.10 | Argila expandida

Fonte: <https://blogdopetcivil.com/2015/05/25/concreto-leve-parte-1/>. Acesso em: 8 mar. 2017

Escória de alto forno

É um subproduto obtido na produção do ferro e aço durante o

processo de fusão e resfriamento da escória de ferro, conforme ilustrado na Figura 1.11. Pelo modo de resfriamento, a escória pode ter diferentes tipos e tamanhos, sendo classificada em escória expandida e escória granulada.

• **Escória expandida –** Quando a escória é resfriada com jatos de água fria. O agregado terá dimensão na ordem de 12,5 a 32 mm. Sua utilização pode ser em peças isolantes térmicas e acústicas, como agregado graúdo e miúdo no preparo de concreto leve, e em concreto estrutural (com resistência de 8-20 MPa).

• **Escória granulada –** Quando é imediatamente resfriada em água fria. O agregado terá dimensão na ordem de 0 a 4,8mm. Sua utilização principal é na fabricação do cimento Portland de alto-forno.

Das suas diversas aplicações na Engenharia Civil, podemos destacar:

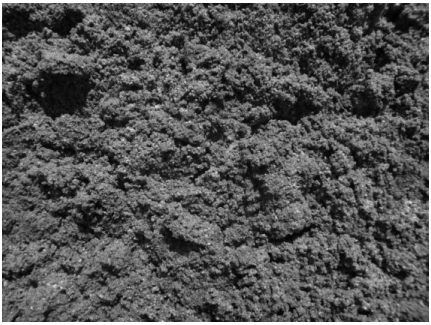
• Matéria-prima na produção de cimento

• Matéria-prima para produção de cerâmica

• Revestimento asfáltico

• Concreto leve e estrutural

Figura 1.11 | Escória de alto forno



Fonte: <http://www.ferroeste.com.br/produtos/escoria-moida>. Acesso em: 8 mar. 2017.

Sem medo de errar

Vamos voltar ao problema proposto: você, aluno, é um engenheiro civil recém-formado e, em sua primeira obra, é responsável pela construção de uma residência, tendo a tarefa de organizar e receber os primeiros materiais para o início dessa obra.

Você recebeu quatro caminhões, cada um com um tipo de agregados, porém os materiais não estavam identificados e você possuía algumas informações. Sua tarefa é de, através da análise visual e características dos agregados, identificá-los e separá-los no canteiro de obra de acordo com as próximas atividades que serão executadas:

Espaço A: Execução do concreto no local ("in-loco") para a concretagem da fundação

Espaço B: Preparação da argamassa para assentamento de blocos

Espaço C: Ornamentação do jardim da lateral da residência

Espaço D: Fabricação in-loco do concreto de enchimento da área externa

Ao analisar o caminhão 1, percebemos que, pela imagem e pelas informações, é um agregado miúdo (com os grãos de tamanhos médios de 1,2 mm), notamos que com esse diâmetro e a forma pela qual ela é encontrada na natureza (rios) se trata da ***Areia***.

O Caminhão 2 apresenta um agregado leve, que é fabricado a partir da expansão da argila, sua massa específica o classifica como leve e é um material poroso, dessa forma podemos concluir que o material é a ***Argila Expandida***.

Já o material do Caminhão 3 possui o tamanho dos grãos maior que 4,8 mm, sendo assim classificado como um agregado graúdo; sua origem é de rochas e passou pelo processo de britagem; com essas informações, podemos concluir que o agregado desse caminhão é ***Pedra Britada***.

O agregado do Caminhão 4 apresenta formato dos grãos arredondados e, por ficarem expostos em seu local de origem, resultaram em materiais com alta resistência ao desgaste. Com base nessas informações, concluímos que se trata de ***Cascalho ou Seixo rolado***.

Agora, com os agregados identificados, poderemos relacioná-los a cada atividade e separá-los adequadamente no canteiro de obras com suas devidas identificações:

Espaço A: Execução do concreto no local ("in-loco") para a concretagem da Fundação - ***Pedra Britada***

Espaço B: Preparação da argamassa para assentamento de blocos - ***Areia***

Espaço C: Ornamentação do jardim da lateral da residência - *Cascalho ou Seixo rolado*

Espaço D: Para fabricação do concreto de enchimento da área externa - *Argila Expandida*

Agora, mãos a obra!

Avançando na prática

Concreto da calçada da obra

Descrição da situação-problema

Imagine que, durante a concretagem da calçada de pedestre, em frente à residência, o engenheiro da obra é informado que um dos agregados necessários para execução do concreto in-loco acabou. O agregado em questão é a pedra britada. Com o prazo reduzido e sabendo que a próxima entrega desse material só será feita daqui a 3 dias, o engenheiro responsável deverá encontrar uma solução. Observações: o concreto da calçada, conforme projeto estrutural, necessita de baixa resistência. Além disso, você tem disponível na obra os seguintes agregados: areia fina, rachão, pó-de-pedra, seixo rolado e argila expandida. Escreva aqui o enunciado da nova situação-problema.

Resolução da situação-problema

Diante do problema proposto, o engenheiro poderá avaliar os agregados que possui na obra para substituir a pedra britada. Ao analisarmos a areia fina e o pó-de-pedra identificamos que o tamanho de seus grãos não é compatível para a substituição, pois a pedra britada possui diâmetros que variam de 2,4 a 64 mm, enquanto que esses são agregados miúdos e seus diâmetros não passam de 1,2 mm. Em relação ao seixo rolado e à argila expandida, apesar de ambas terem diâmetros compatíveis, a argila expandida é utilizada no concreto com a função de enchimento e a calçada, apesar de requerer um concreto com baixa resistência, necessita de um agregado que tenha resistência aos esforços da estrutura. Portanto, o engenheiro poderá utilizar o seixo rolado como agregado desse concreto.

Faça valer a pena

1. "Os produtos cerâmicos são obtidos pela moldagem, secagem e queima de argila. A indústria cerâmica é uma das mais antigas

do mundo, pela abundância da matéria-prima e pela facilidade de moldagem. Um material muito conhecido e utilizado na indústria da Construção Civil é o tijolo".
Na Construção Civil, um dos principais materiais utilizados é o tijolo. Quais das alternativas que seguem apresentam, de forma correta, sua classificação segundo sua origem, função e aplicação, respectivamente?

a) Artificial, proteção, simples ou básico.
b) Artificial, estrutural, produzidos ou compostos.
c) Artificial, vedação, simples ou básico.
d) Natural, vedação, produzidos ou compostos.
e) Natural, proteção, simples ou básico.

2. "O processo de britagem tem como objetivo transformar a pedra natural que é retirada de jazidas em pedras menores, de diferentes formas e tamanhos, para que possam ser utilizadas e aplicadas como insumos em obras da Construção Civil".

A pedra britada é um dos principais agregados utilizados na Construção Civil. Sua produção é feita pelo processo de britagem. Identifique qual das alternativas apresenta a sequência correta deste processo:
a) Decapagem, desmonte, classificação, britagem primária, britagem secundária, britagem terciária, peneiramento, transporte e lavagem.
b) Lavagem, decapagem, desmonte, transporte, britagem primária, britagem secundária, britagem terciária, peneiramento e classificação.
c) Desmonte, decapagem, transporte, britagem primária, britagem secundária, britagem terciária, lavagem, peneiramento e classificação.
d) Desmonte, transporte, decapagem, britagem primária, britagem secundária, britagem terciária, lavagem, peneiramento e classificação.
e) Decapagem, desmonte, transporte, britagem primária, britagem secundária, britagem terciária, peneiramento, lavagem e classificação.

3. A escória de alto forno é um agregado muito utilizado na fabricação do cimento Portland. Sabe-se que, pelo modo de resfriamento, a escória pode ter diferentes tipos e tamanhos, sendo classificada em escória expandida e escória granulada.

Qual das alternativas descreve a forma de resfriamento da escória expandida?

a) É resfriada com jatos de água fria. O agregado terá dimensão na ordem de 12,5 a 32 mm.
b) É imediatamente resfriada em água fria. O agregado terá dimensão na ordem de 12,5 a 32 mm.
c) É resfriada com jatos de água fria. O agregado terá dimensão na ordem de 0 a 4,8mm.
d) É imediatamente resfriada em água fria. O agregado terá dimensão na ordem de 0 a 4,8mm
e) É imediatamente resfriada em água fria. O agregado terá dimensão na ordem de 4,8 a 12,5 mm.

Seção 1.2

Constantes físicas dos agregados

Diálogo aberto

Nesta seção conheceremos alguns dos principais índices físicos dos agregados, como: massa unitária, massa específica, teor de umidade e coeficiente de inchamento.

O estudo desses índices é muito importante para o engenheiro civil, pois os agregados são geralmente vendidos em m^3, portanto, quando é definido um traço para uma determinada resistência, por exemplo, pode-se ter um controle rigoroso do material a ser empregado e do material fornecido, evitando desperdícios ou falta de materiais.

Você, aluno, é um Engenheiro Civil recém-formado e, em sua primeira obra é o responsável pela construção de uma casa residencial. Na fase de fundação e estrutura da residência, você levantou através dos projetos a utilização de 8 m^3 de areia média, porém, ao realizar o pedido, deve-se analisar o coeficiente de inchamento do agregado, pois a areia chega à obra úmida.

O depósito de materiais que fornece os agregados para a obra encaminhou a informação que o coeficiente de inchamento dessa areia era de 3,5%.

Diante disso, qual seria o volume real de areia a ser pedido?

Para isso, precisaremos conhecer um pouco mais sobre a composição dos agregados.

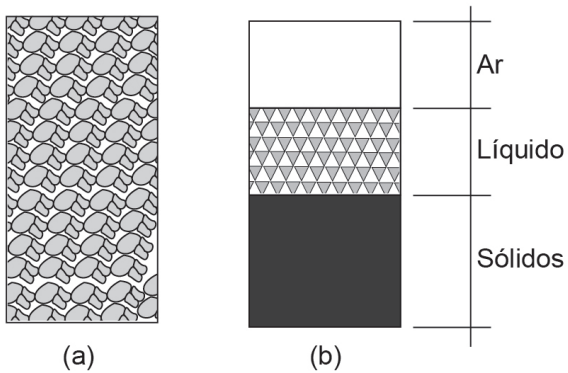
Não pode faltar

Ao analisarmos uma amostra de agregados é possível identificar um grande número de partículas com formas e dimensões variadas, as quais formam o esqueleto sólido. Apesar de ser uma estrutura grande, ela não é maciça, mas porosa e, por isso, apresenta vazios.

Os vazios dessa amostra podem estar preenchidos de ar ou de água. Quando está preenchida totalmente por água, dizemos que está saturada e quando preenchida totalmente pelo ar significa que está seca, ou ainda podemos possuir os dois elementos,

como é normalmente encontrada. Podemos, então, dizer que essa amostra é composta por três fases: sólida, líquida e gasosa, conforme demonstrado na Figura 1.12.

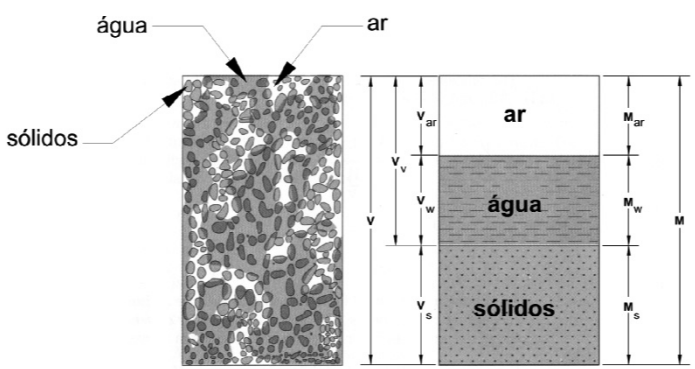
Figura 1.12 | (a) amostra de agregado, (b) fases da amostra



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Mec%C3%A2nica_dos_solos>. Acesso em: 25 mar. 2017.

A decorrência do estado do agregado é a proporção em que essas três fases se apresentam e isso determinará como ele vai se comportar. Existem vários índices que correlacionam a massa e o volume dos agregados, o que possibilita a determinação das constantes físicas dos agregados. Na Figura 1.13 está demonstrada a estrutura física de uma amostra de agregado.

Figura 1.13 | Estrutura física de uma amostra de agregado.



Fonte: adaptada de <http://fisicadosoloufrgs.blogspot.com.br/2015/08/estrutura-e-agregacao-do-solo-relacao.html>. Acesso em: 10 jul. 2017.

Massa	Volume
M=massa total	V=volume total
Ms-massa dos sólidos	Vs=volume do sólido
Mw=massa da água	Vw-volume da água
Mar*=massa do ar	Var=volume do ar
*A massa do ar é insignificante	Vv=volume de vazios (Vw+Vv)

Fonte: adaptada de <http://fisicadosoloufrgs.blogspot.com.br/2015/08/estrutura-e-agregacao-do-solo-relacao.html>. Acesso em: 19 jun. 2017.

Massa Unitária

A determinação da massa unitária de um agregado é feita através da relação entre sua massa e seu volume sem compactar, considerando também os vazios entre grãos. Essa relação permite transformar massa em volume e vice-versa. A massa unitária compacta parte do mesmo princípio, porém considera sua relação massa volume na forma compactada, também considerando os vazios existentes nos grãos.

Fórmula da massa unitária:

$$p_{ap} = \frac{M}{V}$$

Onde: p_{ap}= Massa Unitária ou parente
M=massa
V=volume (considerando os vazios dos grãos)

A unidade usual de medidas é: g / cm^3, kg / dm^3 e t/m^3.

Essa transformação de massa para volume com vazios entre os grãos é muito utilizada, por exemplo, para o cálculo do traço em volume para concretos e argamassas, para o controle de recebimento e de estocagem do agregado. A massa unitária também é um parâmetro para poder classificar o agregado quanto a sua densidade.

Ensaios para determinação da massa unitária

Para a determinação da massa unitária dos agregados é utilizada a norma NM 45/2006. Ela pode ser obtida através de uma amostra solta ou compacta. Na amostra solta, o agregado é lançado livremente a 10 cm, enquanto que, na amostra compacta, são feitas três camadas de deposição e, em cada camada, são aplicados golpes de soquete.

A seguir, serão apresentados resumidamente esses ensaios, um para amostra de agregado solto (miúdo) e outra para agregado compacto (graúdo).

Agregados miúdos

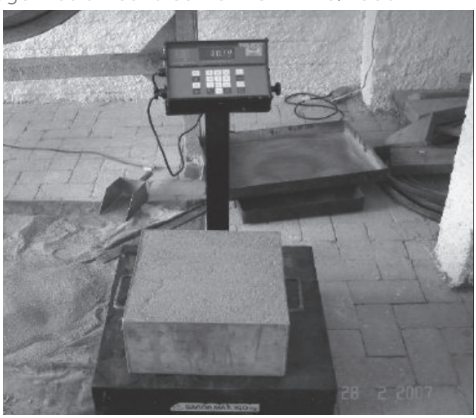
Após a coleta de uma amostra do agregado, ele é lançado a 10 cm em um recipiente padrão (de medidas conhecidas) e a superfície é regularizada com uma régua, conforme a Figura 1.14:

Figura 1.14 | Ensaio para determinação da massa unitária dos agregados miúdos conforme NM 45/2006

Fonte: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/0/00/TC031_Agregados_.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017.

Após a regularização e homogeneização do agregado no recipiente é feita a pesagem e, assim, determinada a massa da amostra, conforme Figura 1.15. Como o volume é conhecido pelo padrão do recipiente, com os valores da massa da amostra é possível determinar a massa unitária do agregado.

Figura 1.15 | Pesagem da amostra conforme NM 45/2006



Fonte: <http://cdn.ulbra-to.br/aula-3-10.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017.

O procedimento de pesagem e separação da amostra é repetido por três vezes e encontrada a média desses valores.

Agregados graúdos

O ensaio de determinação dos agregados graúdos é igual ao dos agregados miúdos, porém se utiliza outro tipo de recipiente, que também tem seu volume conhecido. Para uma amostra compacta é necessário que o agregado seja depositado no recipiente em três camadas e que cada uma passe por 25 golpes de soquetes, conforme a Figura 1.16:

Figura 1.16 | Ensaio para determinação da massa unitária dos agregados graúdos

Fonte: Helene & Terzian, 1993.

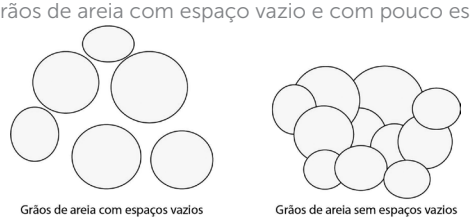
Após a última camada, retira-se o excesso de agregado sobre o arrasamento em sua borda para a pesagem.

Exemplificando

As massas unitárias de duas areias foram determinadas em laboratório. A primeira areia, chamada de tipo "A", apresentou uma massa unitária de 1,67 kg/dm^3 e a areia do tipo "B" apresentou massa unitária de 1,71 kg/dm^3. Qual destas areias apresentou a maior quantidade de vazios entre os grãos?

A areia de maior massa unitária apresenta uma menor quantidade de vazios, conforme demonstrado na Figura 1.17, pois seu volume será menor e, como ele é inversamente proporcional ao valor da massa unitária, apresentará maior valor.

Figura 1.17 | Grãos de areia com espaço vazio e com pouco espaço vazio



Fonte: <http://agregadosnaconstrucao.blogspot.com.br/2010/04/massa-unitaria.html>. Acesso em: 25 mar. 2017.

Massa específica

A massa especifica, assim como a massa unitária, relaciona massa com o volume, porém ela faz a relação da massa sólida pelo volume sólido, conforme apresentado a seguir:

$$p_g = \frac{M_s}{V_s}$$

Onde: p_g = massa específica

M_s = massa dos sólidos

V_s = volume dos sólidos

As unidades podem ser medidas em: g / cm^3, kg / dm^3 e t/m^3.

A massa específica é um índice físico que está indiretamente relacionado à compacidade dos grãos, ou seja, quanto menor a massa específica do agregado mais leve é o material ou mais vazios ele possui. A massa específica também é utilizada no cálculo da quantidade de materiais.

Ensaios para determinação da massa específica

Para o agregado miúdo, a massa específica pode ser determinada pelo Método do Frasco Chapman, conforme descrito na norma NBR NM 52. Esse ensaio é feito por um frasco graduado e calibrado que contém água, onde é acrescida uma quantidade do agregado seco. A diferença entre o nível final e inicial da água determina o volume real da areia. Dividindo-se a massa pelo volume encontrado é possível determinar a massa específica do agregado.

Outro método conhecido é o da balança hidrostática, na qual o agregado é pesado e imerso em água, pendurado por um fio que está ligado ao prato da balança, conforme Figura 1.18:

Figura 1.18 | Método de determinação da Massa específica: Balança Hidrostática

Fonte: <http://cdn.ulbra-to.br/aula-3-10.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017

Pesquise Mais

Pesquise mais sobre as normas dos ensaios para determinação da massa unitária e da massa específica:

• **NR 45**: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios.

• **NBR NM 52**: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente.

Teor de umidade e absorção

Conhecer o teor de umidade de um agregado miúdo (por exemplo, a areia que será utilizada no concreto) é fundamental, pois este valor pode interferir na dosagem correta do concreto. Define-se como teor de umidade do agregado a relação em porcentagem entre a massa total da água envolvida na superfície dos grãos a qual preenche os poros permeáveis do agregado em relação à sua massa seca.

$$w = \frac{M_w}{M_s}$$

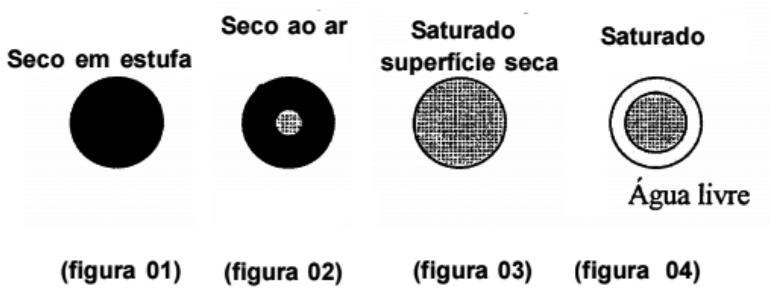
Onde: w = umidade

M_w = massa de água

M_s = massa seca

Na Figura 1.19 observam-se as quatro condições em que uma partícula de um agregado pode se apresentar:

Figura 1.19 | Condições em que as partículas dos agregados podem se apresentar



Fonte: <http://www.deecc.ufc.br/Download/TB788_Materiais_de_Construcao_Civil_I/Apostilha%20materiais%20I.pdf>. Acesso em 26 mar. 2017.

Figura 01 - Seco em estufa: O agregado é seco em estufa, logo, pela elevada e constante temperatura que uma estufa mantém, o agregado encontra-se completamente seco, tanto no seu exterior (superfície) quanto no seu interior. Os vazios dos grãos estão permeáveis.

Figura 02 - Seco ao ar: O agregado é seco ao ar livre. O agregado tem a sua superfície seca, porém os poros permeáveis mais internos não são completamente secos, havendo, assim, umidade no interior da partícula representada pela área menos escura na figura.

Figura 03 - Saturado superfície seca: Neste caso, todos os poros permeáveis encontram-se saturados e a superfície do agregado encontra-se seca.

Figura 04 – Saturado: Neste caso, todos os poros permeáveis e a superfície encontram-se saturados.

A determinação do teor de umidade de um agregado pode ser realizada por diversos métodos como: secagem em estufa, secagem por aquecimento ao fogo, Frasco de Chapman, picnômetro e método Speedy. A seguir, encontram-se os detalhes dos dois principais métodos:

- **Método da estufa:** O teor de umidade é determinado em um laboratório através dos seguintes passos: inicialmente, pesa-se o agregado miúdo úmido. Em seguida, coloca-se o agregado úmido na estufa, seca-o e pesa-o. Através do cálculo da massa de água e massa seca é possível determinar o teor de umidade.

- **Método Speedy:** Este método é muito utilizado, pois, diferente do método de estufa que é realizado em laboratório, este é mais rápido e pode ser feito diretamente na obra. O teor de umidade é determinado por pressão. O agregado miúdo é colocado em um cilindro com esferas metálicas e uma ampola de carboneto de cálcio. Em seguida, agita-se o cilindro e verifica-se a pressão no manômetro acoplado. Com a leitura da pressão, utiliza-se uma tabela padrão estabelecida e determina-se o teor de umidade.

Exemplificando

Qual seria a massa de areia úmida necessária para que se obtenha a massa correspondente a 300 kg de areia seca? Sabe-se que a umidade da areia é 3,5%.

Aplicando a fórmula do teor de umidade, temos os seguintes valores:

w: 3,5% = 0,035

M_w: determinar

M_s: 300 kg

Portanto:

$$w = \frac{M_w}{M_s} \Rightarrow 0{,}35 = \frac{M_w}{300} \Rightarrow M_w = 10{,}50\ kg$$

Após determinada a massa de água presente na areia, essa quantidade será acrescida ao valor de 300 kg para encontrar a massa de areia úmida necessária.

$$M_w + M_s = 300 + 10{,}50 \Rightarrow M_w + M_s = 310{,}50kg$$

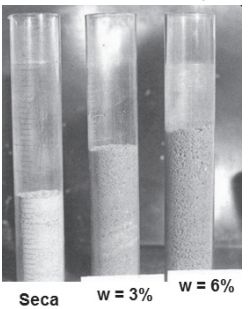
Portanto, a massa úmida total será de 310,50 kg.

Coeficiente de inchamento

Uma das propriedades importantes a serem estudas dos agregados é o inchamento. Ele ocorre em agregados miúdos e pode mascarar o seu real volume.

Inchamento é o aumento de volume que o agregado sofre ao absorver água, e se dá pelo afastamento das partículas do agregado em função da separação entre os grãos gerada pela película de água que se forma no entorno dos mesmos. Na Figura 1.20 pode ser observado o aumento do volume da areia causado pela variação da umidade.

Figura 1.20 | Variação do volume da areia em função da umidade



Fonte: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/09/inchamento-da-areia.html>. Acesso em: 26 mar. 2017.

Para o cálculo do coeficiente de inchamento é necessário relacionar o volume úmido (V_w) e o volume seco (V_s) de uma mesma massa de agregado, conforme demonstrado pela fórmula abaixo:

$$C_i = \frac{V_w}{V_s} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - \frac{(100+w)}{100}$$

Onde: C_i = coeficiente de inchamento;
V_w = volume úmido;
V_s = volume seco;
w = umidade do agregado (%);
γ_s = massa unitária do agregado seco
γ_w = massa unitária do agregado úmido

A determinação e o conhecimento do teor de umidade de um agregado miúdo, como visto anteriormente, é de suma importância, uma vez que é em função da variação deste, que o volume aparente (volume determinado com o agregado na condição de Superfície Saturada Seca) de um agregado miúdo varia. A relação de teor de umidade e volume relativo pode ser expressa na curva de inchamento.

Exemplificando

Qual é o volume de areia úmida necessário para que se obtenha o volume de 400 dm^3 de areia seca? Sabe-se que o coeficiente de inchamento dessa areia é de 3%.

Resolução: utilizando a fórmula do coeficiente de inchamento, podemos determinar o volume de água na areia (V_w):

Fórmula do Coeficiente de Inchamento: $C_i = \frac{V_w}{V_s}$

Onde:

O volume seco: $V_s = 400dm^3$

Coeficiente de Inchamento: $C_i = 3\% = 1{,}03$

Aplicando os valores na fórmula:

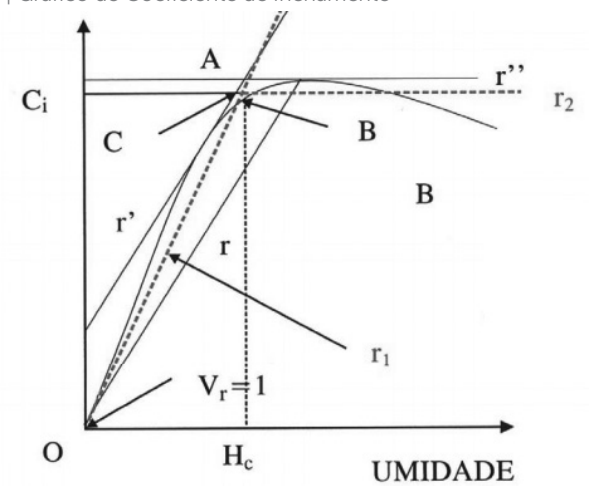
$$1{,}03 = \frac{V_w}{400} \Rightarrow V_w = 412dm^3$$

O volume úmido: $V_w = 412dm^3$

Para o entendimento da curva de inchamento é necessário conhecer o conceito de umidade crítica. Umidade crítica é o teor de umidade acima do qual o coeficiente de inchamento pode ser considerado constante. Este teor de umidade é o responsável pelo maior inchamento do agregado.

A curva de inchamento relaciona o teor de umidade com o volume relativo. Esta pode ser representada por duas retas a partir da consideração de que em uma determinada umidade crítica o efeito do inchamento se torna desprezível, sendo pequena a variação de volume daí para adiante. A Figura 1.21 demonstra o coeficiente de inchamento (C_i).

Figura 1.21 | Gráfico de Coeficiente de Inchamento



Fonte: <http://transportes.ime.eb.br/~moniz/matconst2/inchamento.pdf>. Acesso em: 26 mar. 2017.

Define-se por volume relativo o aumento de volume em relação ao volume original que uma determinada massa de agregado sofre devido à umidade. Cada agregado miúdo tem sua curva de inchamento.

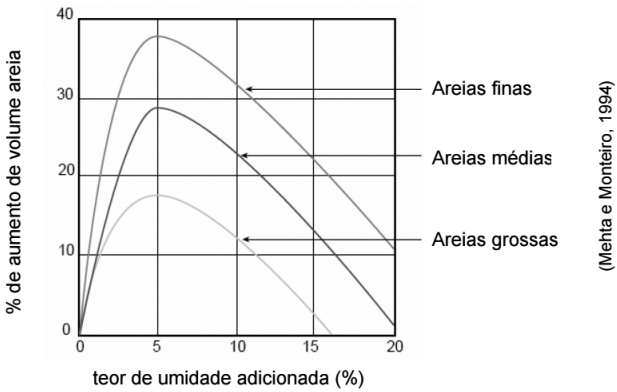
No estudo dos agregados, além do coeficiente de inchamento, utiliza-se também o coeficiente de inchamento médio, que é representado pelo valor médio entre o coeficiente de inchamento máximo e o coeficiente de inchamento no ponto de umidade crítica.

Umidade crítica é o teor de umidade acima do qual o coeficiente de inchamento pode ser considerado constante. Este teor de umidade é o responsável pelo maior inchamento do agregado.

O conhecimento do inchamento do agregado miúdo o da massa unitária e específica é importante, pois seu conhecimento é utilizado na determinação do traço de diversos materiais que são aplicados nas obras.

A Figura 1.22 foi extraída de Metha e Monteiro (1994), e apresenta o inchamento das areias fina, média e grossa.

Figura 1.22 | Inchamento dos diferentes tipos areias



Fonte: Fonte: Metha e Monteiro, 1994.

Assimile

Muitas respostas sobre os materiais virão dos conhecimentos sobre massa unitária, massa específica e teor de umidade, então assimile:

Fórmula da massa unitária: $p_{ap} = \frac{M}{V}$

Fórmula da massa específica: $p_g = \frac{M_s}{V_s}$

Teor de umidade: $w = \frac{M_w}{M_s}$

Coeficiente de inchamento: $C_i = \frac{V_w}{V_s} = \frac{\gamma_s}{\gamma_w} - \frac{(100+w)}{100}$

Reflita

Por que nas obras de Construção Civil costuma-se cobrir a areia com lona e a brita não?

A areia, como é um agregado miúdo, em contato com a água de chuva sofre alteração de volume (processo de inchamento). A severidade da variação do volume da areia devido à umidade depende da finura da

areia, portanto quanto mais fina a areia for maior o aumento de volume com a presença de umidade.

Por este motivo, as areias são cobertas nas obras para que não haja a absorção da água da chuva.

Por sua vez, a brita, que é classificada como um agregado graúdo, em contato com a água não sofre alteração de volume (processo de inchamento), pois não acumula água entre seus grãos. Isso se deve ao fato de ter uma composição granulométrica mais grossa que a da areia. Por este motivo, as britas não precisam ser cobertas com lona plástica.

Outro motivo para não cobrir a brita é que a água de chuva ajuda a "lavar" a brita, retirando impurezas como o pó de brita e a argila.

Sem medo de errar

Na fase de fundação e estrutura da residência, você levantou através dos projetos a utilização de 8 m^3 de areia média, porém, ao realizar o pedido, analisou o coeficiente de inchamento do agregado, pois a areia estava úmida.

O depósito de materiais que fornece os agregados para a obra encaminhou a informação que o coeficiente de inchamento dessa areia era de 3,5%.

Diante disso, qual seria o volume real de areia a ser pedido?

Resolução: utilizando a fórmula do coeficiente de inchamento, podemos determinar o volume de água na areia (V_w):

Fórmula do Coeficiente de Inchamento: $C_i = \frac{V_w}{V_s}$

Onde:

O volume seco: $V_s = 8m^3$

Coeficiente de Inchamento: $C_i = 3{,}5\% = 1{,}035$

Aplicando os valores na fórmula: $1{,}035 = \frac{V_w}{8} \Rightarrow V_w = 8{,}28m^3$

O volume úmido: $V_w = 8{,}28m^3$

Dessa forma, seria necessário realizar o pedido de 8,28m^3.

O usual é que o pedido seja feito em medidas inteiras de m^3, ou seja, você teria que pedir 9m^3 para atender a demanda de areia média para a fundação e estrutura.

Avançando na prática

Armazenagem

Descrição da situação-problema

No canteiro de uma obra, o engenheiro deseja realizar a estocagem de agregados em silos. Foi construído um silo cilíndrico com as seguintes dimensões:

- Diâmetro de 4 metros
- Altura de 2 metros

O engenheiro decide utilizar o silo para estocagem de brita, pois o consumo desse agregado será alto nas próximas etapas da obra. A massa unitária da brita é de 1,49 t/m^3. Diante desse cenário, ajude o engenheiro a calcular a massa máxima que esse silo poderá armazenar de brita.

Resolução da situação-problema

Inicialmente, deve-se determinar o volume do silo:

O silo possui o formato cilíndrico, assim, seu volume é calculado por: $V=pr^2h$

Onde: V = volume do cilindro

r = raio

h = altura

Então: $V= pr^2h \Rightarrow V= \pi\left(\frac{4}{2}\right)^2 . 2 \Rightarrow V=25{,}12m^3$

Volume do silo = 25,12m^3

Temos que:

A massa unitária é igual a 1,49t/m^3

Aplicando na fórmula da massa unitária: $\rho_{ap} = \frac{M}{V}$

Temos: $1{,}49 = \frac{M}{25{,}12} \Rightarrow M = 37{,}43t$

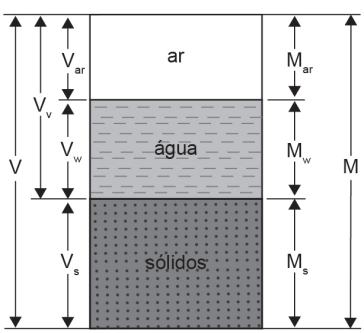
Portanto, a massa total de brita que o silo armazena é de 37,43 toneladas.

Faça valer a pena

1. O ensaio para determinação da massa unitária de brita em estado solto apresentou os seguintes valores:
Massa do recipiente = 9,7 *kg*;
Massa do recipiente + amostra = 38,2 *kg*;
Volume do recipiente = 20,0dm^3.
Qual o volume de brita que deve ser pedido no depósito, sabendo-se que serão necessárias 8 toneladas dessa brita na obra?
a) 5,5m^3.
b) 5,6m^3.
c) 5,7m^3.
d) 5,8m^3.
e) 5,9m^3.

2. Qual a massa unitária da areia usada no ensaio em que o volume dos grãos, contido em um recipiente de 15dm^3, é de 8,25dm^3 e sua massa específica é de 2,62 kg / dm^3?
a) 1,24 kg / dm^3.
b) 1,34 kg / dm^3.
c) 1,44 kg / dm^3.
d) 1,54 kg / dm^3.
e) 1,64 kg / dm^3.

3. Existem vários índices que correlacionam a massa e o volume dos agregados, o que possibilita a determinação das constantes físicas dos agregados. Sobre a imagem que segue, podemos afirmar:



I. O volume de vazios é igual à somatória do volume de ar contido nos poros mais o volume de água contida nos poros.
II. Os agregados são formados por ar e sólidos.
III. A massa de água contida nos poros é igual ao volume de vazios presente nos poros.
IV. O volume de água contida nos poros é igual à massa de água contida nos poros.
As afirmações corretas são:

a) I, II e IV.
b) II, III e IV.
c) I e III.
d) I, III e IV.
e) Todas as afirmações estão corretas.

Seção 1.3

Granulometria

Diálogo aberto

Os agregados são amplamente utilizados para a composição de diversos materiais da Construção Civil, estudar suas características físicas e comportamentos garantem que esses materiais tenham o melhor desempenho e custo otimizado.

Na seção anterior, vimos as principais constantes físicas dos agregados, entre elas, a massa unitária, massa especifica, coeficiente de inchamento e umidade, o conhecimento dessas variações e comportamentos é necessário para que se tenha a melhor forma de aplicação desses agregados. Nesta seção, nos aprofundaremos nos conceitos de classificação granulométrica e formato dos grãos dos agregados.

Você, engenheiro responsável pela construção de uma obra, recebeu do laboratório o resultado do ensaio granulométrico de três amostras de agregados que estão estocados, os resultados estão descritos conforme tabela a seguir:

Tabela 1.3 | Resultado do ensaio granulométrico

Abertura das Peneiras		**% Retida na peneira**		
Série normal	**Série intermediária**	**Agregado 1**	**Agregado 2**	**Agregado 3**
76mm	–	5%	–	–
–	64mm	15%	–	–
–	50mm	84%	–	–
38mm	–	1%	–	
–	32mm	–	–	
–	25mm	–	–	5%
19mm	–	–	–	95%
–	12,5mm	–	–	–
9,5mm	–	–	1%	–
–	6,3mm	–	46%	–
4,8mm	–	–	51%	–
2,4mm	–	–	2%	–
1,2mm	–	–	–	–
0,60mm	–	–	–	–
0,30mm	–	–	–	–
0,15mm	–	–	–	–

Fonte: elaborada pela autora.

Diante do resultado, qual seria a classificação do agregado 1, 2 e 3 em relação à sua granulometria? E qual agregado possui a granulometria mais uniforme?

Tendo em vista que os agregados são utilizados na produção de diversos materiais da Construção Civil, o entendimento dos conceitos de granulometria, classificação granulométrica, ensaio de peneiramento e também da influência do formato dos grãos dos agregados nesses materiais é fundamental para o melhor desempenho em relação à sua trabalhabilidade, consumo e custo.

Não pode faltar

A granulometria pode ser definida como o estudo dos diferentes tipos de grãos de acordo com a dimensão de suas partículas e a proporção em que elas ocorrem.

Como estudado na Seção 1.1, os agregados podem ser classificados quanto ao tamanho dos grãos: agregados graúdos e miúdos, de acordo com a dimensão de sua partícula. As britas e seixos, por exemplo, podem ser considerados agregados graúdos, enquanto as areias e argilas são exemplos de agregados miúdos.

De acordo com a classificação da ABNT, os agregados podem ser divididos em:

- **Agregados Miúdos:** os grãos que passam pela peneira de 4,8 mm (peneira de malha quadrada com abertura nominal de "L" mm, neste caso 4,8 mm) e ficam retidos na peneira ABNT 0,075 mm. Exemplo: areia natural e areia britada.

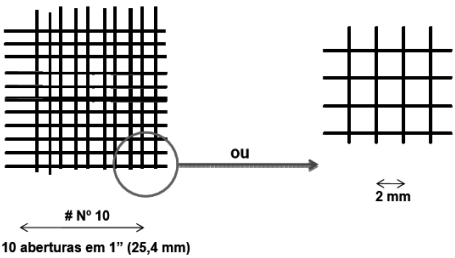
- **Agregados Graúdos:** os grãos que passam pela peneira ABNT 152 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,8 mm. Exemplos: cascalho e pedras britadas.

Nas figuras 1.23 e 1.24 estão representadas as peneiras e a malha da peneira. A indicação da peneira refere-se à abertura da malha ou ao número de malhas quadradas, por polegada linear.

Figura 1.23 | Peneiras e malha da peneira (sendo que "L" representa o tamanho da abertura da malha)

Fonte: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/05/video-do-ensaio-de-granulometria.html>. Acesso em: 8 mar. 2017.

Figura 1.24 | Representação das peneiras.



Fonte: <http://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/granulometria-1/granulometria/view>. Acesso em: 1 jun. 2017.

Exemplificando

A Importância da Granulometria em concreto e argamassas.

Granulometria é a proporção relativa das porcentagens dos diferentes tamanhos de grãos que compõem um agregado. Temos como exemplo a brita, que é um agregado graúdo e tem diferentes tamanhos de grãos que podem ser classificados de acordo com a Tabela 1.4, ilustrado na Figura 1.25.

Tabela 1.4 | Classificação granulométrica dos diferentes tipos de britas

Tipo de agregado	Diâmetro do grão
Brita zero	4,8 mm a 9,5 mm
Brita 1	9,5 mm a 19 mm
Brita 2	19 mm a 25 mm
Brita 3	25 mm a 38 mm
Brita 4	38 mm a 76 mm
Pedra-de-mão ou rachão	> 76 mm

Fonte: <http://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/granulometria-1/granulometria/view>. Acesso em: 9 abr. 2017.

Figura 1.25 | Exemplos de tipos de britas

BRITA ZERO **BRITA 1** **BRITA 4**

Fonte: <http://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/granulometria-1/granulometria/view>. Acesso em: 9 abr. 2017.

A importância de especificar a granulometria dos agregados, no caso de argamassas e concretos, é grande, pois eles influenciam diretamente na trabalhabilidade, resistência e no custo. As argamassas, por exemplo, são materiais bastante empregados na Construção Civil, utilizadas principalmente para assentamentos de alvenaria de tijolos e blocos de concreto e em revestimentos, conforme Figura 1.26.

Figura 1.26 | Argamassa sendo utilizada para assentamento de revestimento

Fonte: <https://www.aecweb.com.br/cont/m/rev/argamassas-como-e-onde-usar-_11323_0_1>. Acesso em: 9 abr. 2017.

O agregado miúdo exerce uma grande influência nas propriedades das argamassas e o objetivo de determinar sua granulometria é encontrar a composição ideal para sua produção.

Composição Granulométrica

Segundo Mehta e Monteiro (1994), a composição granulométrica nada mais é que a distribuição das partículas dos materiais granulares que possuem variadas dimensões. Essa distribuição é expressa usualmente em termos de porcentagens acumuladas que vão das menores até as maiores, de acordo com cada abertura de uma série de peneiras que retêm as partículas de acordo com suas dimensões. A seguir, na Tabela 1.5, está representada a relação de peneiras e suas aberturas:

Tabela 1.5 | Conjunto de peneiras sucessivas

Série Normal	Série Intermediária
76 mm	-
-	64 mm
-	50 mm
38 mm	-
-	32 mm
-	25 mm
19 mm	-
-	12,5 mm
9,5 mm	-
-	6,3 mm
4,8 mm	-
2,4 mm	-
1,2 mm	-
0,60 mm	-
0,30 mm	-
0,15mm	

Fonte: NBR 7211 (2019).

Reflita

Dimensão máxima do agregado: dimensão da abertura da peneira onde ficam retidos 5% ou menos do agregado, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo. De forma geral, a importância em estabelecer esse valor é que quanto maior a dimensão máxima do agregado, menor será a área superficial que deverá ser envolta pelo material. No caso de argamassas, por exemplo, menor será a área superficial por unidade de volume que tem que ser coberta pela pasta de cimento.

Módulo de finura: é a soma das porcentagens que ficam retidas em massa nas peneiras em série normal (divididas por 100). Desta forma, o agregado miúdo pode ser classificado em relação ao seu módulo de finura, conforme Tabela 1.6:

Tabela 1.6 | Classificação dos agregados miúdos, segundo o módulo de finura.

Agregado	Módulo de Finura
Muito Grosso	MF $\geq$ 3,90
Grosso	3,30 $\leq$ MF $\leq$ 3,90
Médio	2,40 $\leq$ MF $\leq$ 3,30
Fino	MF $\leq$ 2,40

Fonte: NBR NM 248 (2003).

Porcentagem que passa: É o peso de material que passa em cada peneira, em relação à sua massa.

Porcentagem retida: É a percentagem retida em uma determinada peneira. Através da proporção de sua massa retida, calcula-se a porcentagem.

Porcentagem acumulada: É a soma dos percentuais retidos nas peneiras superiores, com o percentual retido na peneira em questão.

Ensaio de peneiramento

Para a determinação das dimensões dos grãos das partículas dos agregados utiliza-se o ensaio de peneiramento. A seguir, será apresentado um breve relato sobre o passo a passo do ensaio.

No ensaio de peneiramento, de acordo com a NBR 7181, as etapas do ensaio podem ser dividas em:

- Recolhimento da amostra do agregado
- Secagem em estufa e "quarteamento" (dividida em 4 partes) da amostra
- Encaixe das peneiras em ordem crescente (base para o topo)
- Coloca-se a amostra na peneira superior e executa-se o peneiramento mecânico, conforme demonstrado na Figura 1.27.
- Pesa-se o material que ficou retido em cada peneira.
- Executa-se novamente o peneiramento e verificam-se os resultados, se estão iguais (diferença máxima de 1%).

Figura 1.27 | Equipamento para peneiramento (peneirador mecânico)

Fonte: <http://www.bertel.com.br/agitador.html>. Acesso em: 10 abr. 2017.

Por fim, calcula-se a porcentagem retida em cada peneira (em massa) e a porcentagem retida acumulada. No caso de utilização em argamassas e concretos determinam-se as dimensões máximas e mínimas do módulo de finura e, por fim, classifica-se o agregado indicando em qual graduação ou graduações se situa.

Pesquise mais

Consulte a NBR 7181 para saber mais sobre o ensaio de peneiramento.

Reflita

Classificação Granulométrica

Existem diversos tipos de classificação das partículas, como visto no início da seção. Os agregados podem ser classificados como graúdos e miúdos, porém a escala de classificação é ampla. No Brasil, segundo a ABNT NBR 6502/22, a classificação ocorre conforme a Tabela 1.7.

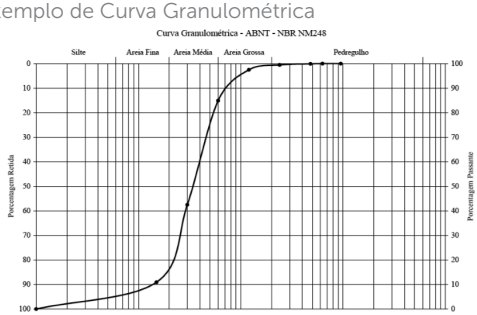
Tabela 1.7 | Escala granulométrica segundo a ABNT 6502

Escala segundo a ABNT 6502	
Classificação	**Diâmetro dos grãos**
Argila	menor que 0,002 mm
Silte	entre 0,06 e 0,002 mm
Areia	entre 2,0 e 0,06 mm
Pedregulho	entre 60,0 e 2,0 mm

Fonte: ABNT NBR 6502/22

Na Figura 1.28, encontra-se um exemplo de resultado da curva granulométrica de uma amostra que passou pelo ensaio de peneiramento:

Figura 1.28 | Exemplo de Curva Granulométrica



Fonte: VARELA, Marcio. Granulometria. Notas de aulas. Disponível em: https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/granulometria-1/granulometria. Acesso em: 17 out. 2019.

Formato dos grãos:

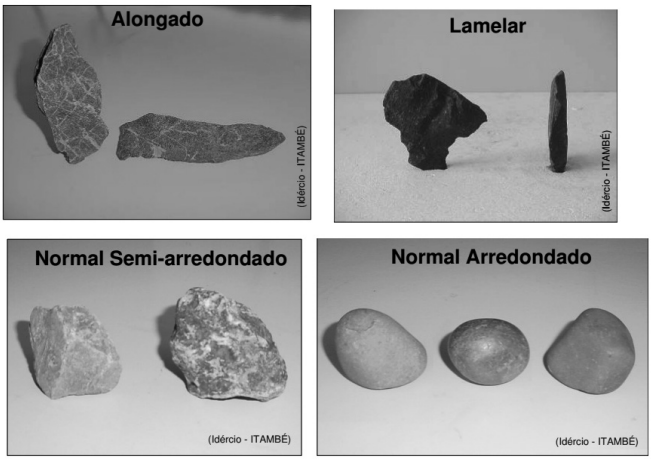
As formas das partículas dos agregados influenciam nas propriedades dos materiais que os compõem (por exemplo, no concreto, argamassa, entre outros). Assim, o conhecimento do formato do grão é fundamental para entender o comportamento dos agregados.

A forma do grão corresponde às características geométricas, tais como: arredondada, achatada ou angulosa.

Nos agregados miúdos, para analisar o formato do grão é necessária a utilização de análises digitais de imagens; já nos agregados graúdos, a verificação é feita visualmente. As normas que regem o formato dos grãos são: NBR 7809/2019 e NBR 7389/2009.

Os grãos podem ser classificados segundo seu formato em: normal, alongado, lamelar, semi-arredondado e arredondado (ilustrado na figura 1.29). Para esta classificação é necessário conhecer as seguintes características físicas do grão: comprimento (C), largura (L) e espessura (e).

Figura 1.29 | Formato dos agregados: alongado, lamelar, semi-arredondado e arredondado

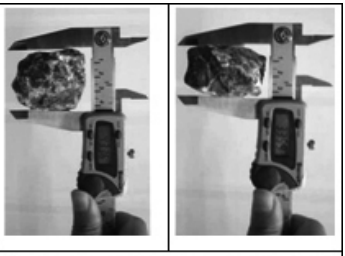
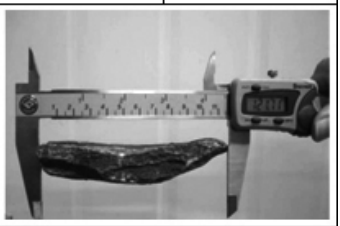
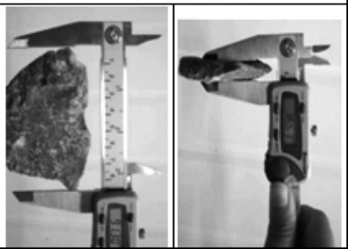


Fonte: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/0/00/TC031_Agregados_.pdf>. Acesso em: 10 abr. 2017.

Assimile

A Tabela 1.8 apresenta a classificação do grão de acordo com suas características físicas: comprimento (C), largura (L) e espessura (e):

Tabela 1.8 | Classificação do formato dos grãos de acordo com suas dimensões

NORMAL	$\frac{C}{L} < 2$	E	$\frac{L}{e} < 2$	
ALONGADO	$\frac{C}{L} \geq 2$	E	$\frac{L}{e} \geq 2$	
LAMELAR	$\frac{C}{e} \geq 2$	E	$\frac{L}{e} \geq 2$	

Fonte: <http://www.dcc.ufpr.br/mediawiki/images/0/00/TC031_Agregados_.pdf>. Acesso em: 1 jun. 2017.

Exemplificando

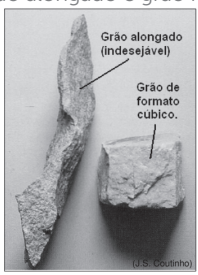
Influência do formato dos grãos nos materiais:

Como visto, os grãos dos agregados podem ter diversos formatos que influenciam diretamente nos materiais que os constituem. Estas influências podem trazer vantagens ou prejuízos para os materiais.

Os grãos com formato lamelar ou alongado prejudicam na trabalhabilidade de concretos e argamassas. Além disso, geram mais vazios entre os grãos, consumindo maior quantidade de cimento na execução do concreto.

Por sua vez, grãos arredondados favorecem a trabalhabilidade e geram menos vazios entre os grãos, possibilitando a produção de concreto com menos cimento. A seguir, na Figura 1.30, está a imagem destes formatos de grãos:

Figura 1.30 | Grão no formado alongado e grão no formato cúbico



Fonte: <https://pt.slideshare.net/99773490/agregados-38470642>. Acesso em: 10 abr. 2017.

Sem medo de errar

Após receber do laboratório o resultado do ensaio granulométrico de três amostras de agregados que estão estocados em sua obra, você deverá analisar a abertura das peneiras em relação à faixa de classificação das britas e, então, teremos como resultado:

Tabela 3.5 | Resultado do ensaio granulométrico

Abertura das Peneiras		**Classificação**	**% Retida na peneira**		
Série normal	**Série intermediária**		**Agregado 1**	**Agregado 2**	**Agregado 3**
76mm	-	**Brita 4 (38 a 76mm)**	5%	-	-
-	64mm		15%	-	-
-	50mm		84%	-	-
38mm	-		1%	-	-
38mm	32mm	**Brita 3 (25 a 38mm)**	-	-	-
-	25mm		-	-	5%
19mm	-	**Brita 2 (19 a 25mm)**	-	-	95%
-	12,5mm	**Brita 1 (9,5 a 19mm)**	-	-	-
9,5mm	-		-	1%	-
-	6,3mm	**Brita zero (4,8 a 9,5mm)**	-	46%	-
4,8mm	-		-	51%	-
2,4mm	-		-	2%	-

Fonte: elaborada pela autora.

Desta forma, se somarmos as porcentagens em cada faixa, podemos classificar os agregados em relação ao tamanho do seu diâmetro da seguinte forma:

Agregado 1: Brita 4 (100% na faixa de 38 a 76 mm)

Agregado 2: Brita zero (97% na faixa de 4,8 a 9,5 mm)

Agregado 3: Brita 2 (95% na faixa de 19 a 25 mm)

Em relação ao agregado mais uniforme, podemos observar que o agregado 3 possui 95% dos grãos retidos na peneira 19 mm, o que significa que ele apresenta a maior uniformidade em seus grãos, enquanto que o agregado 1 possui 84% retido na peneira 50 mm e o agregado 2, o menos uniforme, tem apenas 48% dos seus grãos retidos na peneira 4,8 mm.

Avançando na prática

Agregados e sua forma

Descrição da situação-problema

Você, aluno, durante seu estágio, recebeu em sua obra alguns agregados, entre eles, a brita 1. Ao analisar os grãos, observou que eles apresentavam, em sua maioria, o formato alongado. Essa brita está separada para ser utilizada na produção do concreto in-loco.

Ao conversar com o mestre de obra, ele comenta que será necessário aumentar a quantidade de cimento na sua produção.

Por que o mestre de obra está fazendo essa observação? O que pode ser feito para que isso não ocorra mais na obra?

Resolução da situação-problema

Como visto, os grãos com formato lamelar ou alongado prejudicam concretos e argamassas, pois geram mais vazios entre os grãos, o que leva ao maior consumo de cimento na produção do concreto. Por esse motivo, o mestre de obra comentou sobre o maior consumo.

Por sua vez, grãos arredondados favorecem a trabalhabilidade e geram menos vazios entre os grãos, possibilitando a produção de concreto com menos cimento. Desta forma, é importante verificar o agregado antes da descarga na obra, consultando o formato dos seus grãos, tendo como preferência os de formato arredondado.

Faça valer a pena

1. Para a determinação das dimensões dos grãos das partículas dos agregados utiliza-se o ensaio de peneiramento. De acordo com a NBR 7181, é definida uma série de etapas do ensaio que devem ser realizadas na seguinte ordem:

(assinale a alternativa correta):

a) Peneiramento, quarteamento, pesagem do material retido e cálculo da porcentagem retida.

b) Quarteamento, secagem, recolhimento da amostra, pesagem do material retido e cálculo da porcentagem retida.

c) Secagem da amostra, peneiramento, quarteamento, pesagem do material e cálculo da porcentagem retida.

d) Recolhimento da amostra, secagem e quarteamento, peneiramento, pesagem do material retido e cálculo da porcentagem retida.

e) Secagem e quarteamento da amostra, peneiramento, quarteamento, pesagem do material retido e cálculo da porcentagem retida.

2. A importância de se estabelecer o valor da dimensão máxima do agregado é que quanto maior a dimensão máxima do agregado, menor será a área superficial que deverá ser envolta pelo material. No caso de argamassas, por exemplo, menor será a área superficial por unidade de volume que tem que ser coberta pela pasta de cimento. Como é determinada a dimensão máxima do agregado?

a) Dimensão da abertura da peneira onde ficam retidos 10% ou menos do agregado, desde que essa porcentagem seja superior a 20% na peneira imediatamente abaixo.

b) Dimensão da abertura da peneira onde ficam retidos 5% ou menos do agregado, desde que essa porcentagem seja superior a 5% na peneira imediatamente abaixo.

c) Soma das porcentagens que ficam retidas nas peneiras em série normal.

d) Porcentagem que fica retida nas peneiras de menor abertura.

e) Porcentagem que fica retida nas peneiras de maior abertura.

3. As formas das partículas dos agregados influenciam nas propriedades dos materiais que os compõem (por exemplo, no concreto, argamassa, entre outros). Assim, o conhecimento do formato do grão é fundamental para entender o comportamento dos agregados. Os grãos podem ser classificados segundo seu formato em:

a) Liso, normal, arredondado, largo e semi-arredondado.

b) Normal, artificial, arredondado, poroso e semi-arredondado.

c) Largo, normal, circular, esférico e semi-arredondado.

d) Lamelar, normal, arredondado, alongado e artificial.

e) Lamelar, normal, arredondado, alongado e semi-arredondado.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**: Agregados – determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro: ABNT, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 52: Agregado miúdo - Determinação de massa específica e massa específica aparente. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9935: Agregados - Terminologia. Rio de Janeiro: ABNT, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6502**: Rochas e solos. Rio de Janeiro, 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7181**: Solo – análise granulométrica. Rio de Janeiro ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7389** – Apreciação petrográfica de materiais naturais, para utilização como agregado em concreto – Procedimento. Rio de Janeiro, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7809**: Agregado graúdo - Determinação do índice de forma pelo método do paquímetro - Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2019.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto:** estrutura, propriedades e materiais. São Paulo: PINI, 1994.

Aglomerantes

Convite ao estudo

Nesta unidade estudaremos os principais aglomerantes utilizados na Construção Civil, suas características, sua origem, processo de fabricação e aplicações. O entendimento do comportamento desses materiais possibilita a obtenção da qualidade e da otimização de custos na fabricação de diversos materiais.

Na primeira seção, conheceremos a classificação dos aglomerantes de acordo com suas propriedades, processo de endurecimento e origem, e também a cal e o gesso como materiais aplicados na Construção Civil.

Na seção seguinte, estudaremos o cimento, seu modo de fabricação, propriedades físicas e químicas e suas classificações. E, na última seção, veremos os materiais betuminosos, suas propriedades físicas e químicas, suas características e aplicações na Construção Civil.

Voltamos à obra residencial, na qual, você, aluno, é o engenheiro responsável. Na fase da execução da estrutura da residência você deverá tomar algumas decisões para a preparação da argamassa e do concreto da obra, entre elas a escolha da cal e do cimento e também a forma de impermeabilização das estruturas.

No decorrer das unidades outros desafios surgirão, esteja preparado para tomar a decisão certa dos aglomerantes de sua obra, atendendo às premissas de duas competências gerais (conhecer os diversos materiais de Construção Civil, suas propriedades, utilização, vantagens e limitações, visando estabelecer os limites de aplicação destes materiais para garantir a solidez, a durabilidade e a aparência de uma obra) e técnicas (conhecer os materiais, suas propriedades e condições de uso para melhor definição de suas aplicações na Construção Civil).

Seção 2.1

Cal e gesso

Diálogo aberto

Os aglomerantes têm como função principal a formação da pasta que promove a união entre os grãos e componentes de uma argamassa ou de um concreto, por isso, o seu estudo é de extrema importância para a Construção Civil.

Nesta seção conheceremos os principais aglomerantes aplicados na construção, sua forma de classificação e também os mais utilizados. Aprofundaremos o estudo da utilização da cal e do gesso como aglomerante.

Você, aluno, como engenheiro responsável da obra residencial, terá que executar o preparo da argamassa para o início da alvenaria e, para isso, deverá providenciar a compra dos materiais.

Durante a compra da cal, você verificou que existem diferentes tipos no mercado. Sabendo que a argamassa será aplicada no assentamento da alvenaria e o prazo de sua obra está no limite, que tipo de cal seria mais adequado nessas circunstâncias?

Convidamos você ao estudo dos principais aglomerantes aplicados na Construção Civil e, antes de iniciarmos os estudos, é importante que compreenda as suas principais classificações.

Não pode faltar

AGLOMERANTES

Os aglomerantes são materiais, geralmente minerais, de propriedade ligante e pulverulentos, ou seja, estão em estado de pó fino, e quando misturados com água ou outro líquido formam uma pasta, que podem por processos de reações químicas ou por simples secagem endurecer.

Na Construção Civil, eles são muito utilizados na obtenção de argamassas, concretos e natas e promovem a união entre os grãos dos agregados para formar um corpo sólido. A história de

sua utilização é muito antiga, vem do contato do homem com os materiais da natureza e a percepção de suas propriedades, como foi o caso do barro e do betume. Os mais conhecidos e empregados são:

- cal
- gesso
- cimento
- betume

De forma geral, os aglomerantes podem ser classificados quanto ao processo de endurecimento, quanto à sua composição e sua origem.

Processo de endurecimento: são divididos em ativos e inertes.

• *Inertes:* seu endurecimento acontece pela simples secagem (ex: argila e betume).

• *Ativos:* seu endurecimento ocorre através de reações químicas (ex: cal, gesso e cimento). E são subclassificados em aéreos e hidráulicos:

o *Aglomerantes aéreos*: apresentam a propriedade de endurecimento através de hidratação ou pela reação química do CO2. Na presença de água não resistem de forma satisfatória; é o caso do gesso e da cal aérea.

o *Aglomerantes hidráulicos*: endurecem apenas com a presença da água e, após seu endurecimento, resistem de forma satisfatória à ação da água; a exemplo temos a cal hidratada, o cimento natural e o cimento portland.

Quanto à composição, podem ser divididos em quatro classes:

• simples: a exemplo do cimento, cal e gesso.

• misto: com mais de um material; exemplo: mistura pronta de cimento e cal.

• com adições ativas: é o caso da cal pozolânica (material

originário de rochas vulcânicas que tem como constituição materiais argilosos, siltes e areia).

• com adições inertes, como o cimento colorido.

Os aglomerantes podem ser divididos também em orgânicos, como o betumes, as resinas e os materiais de composição básica de carbono, e em inorgânicos, como a cal, o gesso e os cimentos.

Principais aglomerantes utilizados na Construção Civil:

Cal: é um produto resultante da calcinação de pedras calcárias e pode ser considerada um aglomerante aéreo. Existem basicamente dois tipos de cal que são utilizadas na Construção Civil: a cal virgem (Figura 1) e a cal hidratada (Figura 2), ambas utilizadas em argamassas e revestimento de paredes e muros.

Figura 2.1 | Cal Virgem e Cal Hidratada

Fontes: <http://www.ecivilnet.com/dicionario/o-que-e-cal-virgem.html> e <https://azarius.pt/smartshop/herbs/psychedelic_herbs/lime_edible/>. Acesso em: 30 abr. 2017.

Gesso: esse aglomerante pode ser classificado como inorgânico e quimicamente inativo aéreo, obtido pela desidratação e moagem da gipsita (rocha mineral), conforme Figura 2.2. Devido a suas características e propriedades, é amplamente utilizado na Construção Civil para:

• revestimento de tetos e paredes.

• forros, revestimentos para decoração.

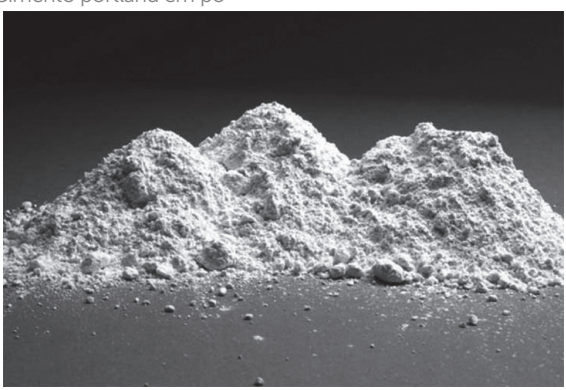
• fechamento de blocos leves, paredes internas, painéis termoacúticos etc.

Figura 2.2 | Gesso em pó

Fonte: <https://goo.gl/LMh6yr>. Acesso em: 30 abr. 2017.

Cimento: é um produto obtido através da pulverização de clínquer (produto originário da rocha calcária, adição de vários materiais que passam pelo processo de clinquerização) e outros. É um pó fino, conforme mostra a Figura 2.3, com propriedades aglomerantes e que, após o endurecimento, mesmo submetido à ação da água, permanece com suas características preservadas. O principal tipo de cimento utilizado na Construção Civil é o cimento portland, e sua aplicação junto a outros materiais resultam em concretos e argamassas.

Figura 2.3 | Cimento portland em pó



Fonte: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=31&Cod=1877>. Acesso em: 30 abr. 2017.

Betume: é um aglomerante originário da mistura natural de vários líquidos orgânicos que são resultado do processo de destilação do petróleo ou carvão. Pode ser encontrado em jazidas naturais em vários locais do mundo. Sua principal aplicação na Construção Civil é na composição de asfalto para pavimentação, conforme demonstrado na Figura 2.4, e para a impermeabilização de elementos da construção.

Figura 2.4 | Betume utilizado como matéria-prima em asfalto

Fontes: <http://wwwo.metalica.com.br/o-que-e-betume> e <http://meioambiente.culturamix.com/desenvolvimento-sustentavel/pneus-que-viram-asfalto>. Acesso em: 30 abr. 2017.

Assimile

A argamassa é uma mistura homogênea composta por cimento, cal hidratada, areia e água, que tem propriedades de endurecimento e aderência. É utilizada na Construção Civil, principalmente para assentamento de blocos, azulejos e cerâmicas, regularização de paredes, pisos e tetos e também para acabamentos em superfícies.

CAL

A cal é um material amplamente consumido na Construção Civil, sendo que sua principal utilização é em argamassas e também em revestimentos de muros e paredes. Utilizada desde os tempos antigos, sua principal função era de unir e revestir alvenarias, por apresentar características de plasticidade e durabilidade. A cal não é um produto pronto obtido da natureza, sua origem vem de rochas calcárias e através do processo de calcinação.

Produção: cal virgem e cal hidratada

A cal virgem é obtida pelo processo de decomposição térmica da rocha, é moída e aquecida até a queima (900°C), processo chamado calcinação. Na produção da cal hidratada é acrescentada água. Sua aparência é de um pó bem fino de cor branca. Existe também a cal hidráulica, que contém argila (até 20%) e, com a adição da água, tem a propriedade de endurecimento. Atualmente é pouco utilizada, sendo largamente substituída pelas argamassas.

Reflita

Cal nas obras

Em obras, normalmente é utilizada a cal hidratada, pois a cal virgem necessita de adição de água para ser aplicada. Sua utilização é mais

frequente, pois garante maior agilidade e segurança na produção.

Para a hidratação da cal, o material precisa descansar, no mínimo, 48 horas antes de ser aplicado e existe o risco da hidratação não ser completa, o que poderia acarretar em trincas, quedas e maior desperdício. Outro fato relevante é que, no caso das argamassas, a cal hidratada traz mais fluidez e plasticidade, retém a água e evita que haja perda excessiva de água no assentamento de blocos e tijolos.

Tipos de cal

A cal virgem pode ser separada basicamente em dois tipos:

- cal virgem comum (CVC).
- cal virgem especial (CVE).

A cal virgem especial apresenta maior qualidade (CVE) do que a comum (CVC), porém um custo maior. A escolha da aplicação dependerá do objetivo final de seu uso. No caso da cal hidratada, são comercializados três tipos:

- cal hidratada 1 (CH1).
- cal hidratada 2 (CH2).
- cal hidratada 3 (CH3).

A diferença entre elas está relacionada à granulometria e à pureza do material, sendo que a CH1 é a mais nobre, enquanto a CH3 seria a mais pobre. A escolha da aplicação também dependerá do seu uso. Por exemplo: em assentamento de blocos a CH3 consegue atender bem, enquanto que, para revestimentos, a CH1 e CH2 seriam mais adequadas.

A seguir, as Figura 2.5 são exemplos de sacos de cal virgem (tipo CVC) e de cal hidratada (CH1).

Figura 2.5 | Saco de cal virgem (tipo CVC) e saco de cal hidratada (CH1)

Fonte: <https://engciv.wordpress.com/2013/02/03/cal-na-construcao-civil-calhidratada/>. Acesso em: 1 maio 2017.

Pesquise mais

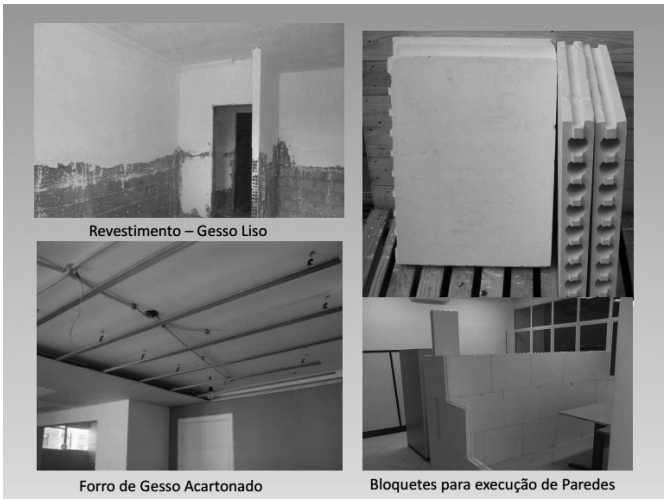
Consulte a NBR 6453 para saber mais sobre as especificações da cal virgem e a NBR 7175 para a cal hidratada.

GESSO

O gesso é um mineral aglomerante aéreo obtido a partir da rocha gipsita. Dentre suas principais características estão seu rápido endurecimento, plasticidade da pasta e sua superfície lisa após a cura. O gesso é utilizado há milhares de anos, sendo um dos materiais mais antigos da construção. Registros históricos confirmam sua utilização há mais de 8 mil anos como forma de reboco. Suas principais aplicações na Construção Civil são:

- revestimento de alvenarias, tetos e paredes internas (gesso liso).
- blocos (execução de divisórias – "bloquetes").
- placas de gesso acartonado (para forros e divisórias) e painéis termoacústicos.
- ornamentação de pré-moldados (painéis, faixas, molduras, placas decorativas, etc.).

Figura 2.6 | Aplicações do gesso na Construção Civil



Fonte: <https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/03/aula-07-gesso-para-construc3a7c3a3o-civil.pdf>. Acesso em: 30 abr. 2017.

Processo de produção

Após a extração da gipsita, também conhecida como a "pedra do gesso", a rocha passa pelo processo de calcinação através do aquecimento a alta temperatura; posteriormente é realizada a moagem para a redução a pó, conforme mostra a Figura 2.7. Finalmente, é ensacado para proteção contra umidade.

Figura 2.7 | Processo de fabricação do gesso: extração da gipsita e redução a pó.

Fontes: <http://www.gessovitoria.com/ e http://www.gessoprogresso.com/tecnologia-gesso/>. Acesso em: 30 abr. 2017.

Exemplificando

Sistema drywall

Drywall é um sistema de vedação vertical que utiliza chapas de gesso acartonado em sua composição e geralmente é utilizado como paredes, divisórias internas, tetos e pisos na Construção Civil. Surgiu nos EUA, e a cada ano cresce sua utilização no mercado brasileiro.

Este método de construção, como a própria tradução, vem da ideia da "parede seca", ou seja, dispensa os métodos convencionais de alvenaria. O sistema resume-se a chapas de aço galvanizado e placas de gesso acartonadas afixadas por parafusos. Essa combinação gera resistência à tração, que é proporcionada pelo cartão, e resistência à compressão do gesso, sendo um sistema de construção muito interessante por sua rápida implantação, pela facilidade da instalação elétrica e hidráulica, além de reduzir os custos com mão de obra e o desperdício de materiais, conforme Figura 2.8.

Figura 2.8 | Montagem do sistema *drywall*

Fonte: <http://www.webreforma.com.br/dicas-interna.aspx?uid=136>. Acesso em: 2 maio 2017.

Pesquise mais

Acesse o vídeo disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=xDzSVJ98fug> (Acesso em: 7 jul. 2017), e conheça mais sobre a fabricação e instalação do sistema *drywall*.

Sem medo de errar

Diante da situação exposta no início da seção, você, aluno, como engenheiro responsável da obra residencial, terá que executar o preparo da argamassa para o início da alvenaria e, para isso, deverá providenciar a compra dos materiais.

Durante a compra da cal, você verificou que existem diferentes tipos no mercado. Sabendo que a argamassa será aplicada no assentamento da alvenaria e o prazo de sua obra está no limite, que tipo de cal seria mais adequado nessas circunstâncias?

Como visto anteriormente, no mercado da Construção Civil existem basicamente dois tipos de cal: a cal virgem e a cal hidratada, e se diferenciam pela adição de água em sua composição.

Em obras, normalmente é optado pela cal hidratada, uma vez que a cal virgem precisa passar pelo processo de hidratação *in loco*, e esse processo exige no mínimo 48 horas, com risco da hidratação não ser completa, o que poderia causar patologias nos locais aplicados.

Nas argamassas, a cal hidratada traz mais fluidez e plasticidade, retém a água e evita que haja perda excessiva de água durante, por exemplo, o assentamento de blocos e tijolos.

Em relação aos tipos de cal hidratada, vimos que existem três: CH1, CH2 e CH3, e que a diferença entre elas está relacionada à pureza do material e à granulometria. Por se tratar, nesse caso, de assentamento dos blocos de alvenaria, o tipo CH3, apesar de ser o de menor qualidade, atenderia à necessidade desse serviço.

Avançando na prática

Sala da Engenharia

Descrição da situação-problema

Durante a montagem do canteiro de obra, o engenheiro resolve criar um espaço para reuniões dentro das instalações já existentes, dividindo assim a área do escritório em dois ambientes.

O escritório já está em atividade e não pode ficar em obras durante muito tempo. A nova sala a ser criada necessita de privacidade, pois diversas reuniões ocorrerão. Diante desse cenário, qual seria a sugestão para a criação desse novo ambiente?

Resolução da situação-problema

Diante dessa situação, uma boa alternativa seria o uso de Placas de gesso acartonadas (*Drywall*), sistema que permite uma rápida execução das paredes, além de ser uma atividade limpa e com pouca interferência na estrutura já existente. Outra característica relevante neste caso é que esse sistema tem um bom isolamento termoacústico e, por se tratar de uma sala de reunião, esse fator contribuiria para a diminuição da propagação do som para outros ambientes.

Faça valer a pena

1. A cal é um produto resultante da calcinação de pedras calcárias e pode ser considerada um aglomerante aéreo. Existem basicamente dois tipos de cal que são utilizadas na Construção Civil: a cal virgem e a cal hidratada.
Sobre a cal virgem e cal hidratada podemos afirmar:
I) Ambas passam pelo processo de calcinação, no qual a rocha calcária é resfriada e moída.
II) A cal mais utilizada nas obras é a cal hidratada, pois não necessita de hidratação no local como a cal virgem.
III) Existem três tipos de cal virgem utilizadas no mercado, a CH1, CH2 e CH3.
IV) A cal hidratada é classificada de acordo com sua pureza e granulometria.
Quais das afirmativas estão corretas?
a) I e II.
b) I, II e IV.
c) II e IV.
d) II.
e) Todas as afirmativas estão corretas.

2. Os aglomerantes são muito utilizados na obtenção de argamassas, concretos e natas e têm a função de promover a união entre os grãos dos agregados e formar um corpo sólido.
Os aglomerantes podem ser classificados quanto ao processo de endurecimento em:
a) Inertes e Aéreos.
b) Inertes e Hidráulicos.
c) Ativos e Aéreos.
d) Ativos e Hidráulicos.
e) Ativos e Inertes.

3. O gesso é um material isolante térmico e acústico, tem rápido endurecimento, elevada resistência ao fogo, adere bem a tijolos, blocos, pedras e revestimento de argamassa, possui boa plasticidade na pasta e sua superfície é lisa após a cura.
Em relação às propriedades do gesso, em quais estruturas não é recomendável a aplicação?
a) Revestimento de fachada externa.
b) Revestimento de alvenaria, tetos e paredes internas.
c) Fechamento de blocos leves.
d) Forros.
e) Painéis de divisórias.

Seção 2.2

Cimento portland

Diálogo aberto

Na seção anterior vimos sobre os principais aglomerantes aplicados na Construção Civil, suas principais propriedades, classificações e aplicações. Também aprofundamos o estudo da utilização da cal e do gesso. Agora estudaremos o cimento portland, como o principal aglomerante utilizado na Construção Civil, conheceremos suas propriedades físicas e químicas, sua fabricação e, por fim, os tipos de cimentos comercializados e suas aplicações em diferentes materiais.

Você, aluno, engenheiro civil responsável pela construção de uma casa residencial, com o término das escavações das estacas e abertura do baldrame da sua obra, terá que definir o tipo de cimento adequado para a concretagem de cada um deles e também para finalizar o banheiro do escritório da obra.

No caso da concretagem das estacas, foi encontrada água no último metro de escavação. Você tem um prazo curto para o início da alvenaria, portanto terá que utilizar um cimento para o baldrame que confere alta resistência inicial e, por fim, terá que utilizar um cimento para fins não estruturais no acabamento do piso cerâmico do banheiro do escritório da obra.

Diante desses três cenários, quais seriam os cimentos mais indicados? Você poderia utilizar apenas um tipo de cimento?

Para responder a essas perguntas precisaremos conhecer mais sobre as propriedades físicas e químicas do cimento portland e como cada tipo de material adicionado no processo de fabricação, em cada tipo de cimento, contribui para atender o desempenho de suas aplicações.

Não pode faltar

O cimento portland

O cimento é um dos materiais mais importantes e mais aplicados na Construção Civil. O nome cimento portland vem da ilha Portland, onde foi produzido pela primeira vez, em 1824, pelo empresário Joseph Aspdin.

Por definição, o cimento é considerado um aglomerante hidráulico, ou seja, endurece na presença de água, resultante de uma mistura homogênea de clínquer, gesso e adições de outras substâncias que modificam suas propriedades ou que facilitam seu emprego. A Figura 2.9 ilustra esse material.

Figura 2.9 | Cimento portland

Fonte: <http://piniweb.pini.com.br/construcao/tecnologia-materiais/norma-do-mercosul-sobre-analise-quimica-do-cimento-portland-esta-240375-1.aspx>. Acesso em: 14 maio 2017.

O cimento, quando combinado a outros materiais como pedra, areia, cal, aditivos e outros, forma pastas, argamassas e concretos. Desta forma, o conhecimento das características e propriedades de cada tipo de cimento é importante para poder utilizá-lo da melhor forma possível.

Constituição e propriedades físicas

Basicamente, o cimento portland é composto por cal, sílica, alumina, óxido de ferro e magnésia e outros constituintes. A importância do conhecimento está na relação existente com as propriedades finais do cimento e dos materiais que ele compõe. Ao analisar as propriedades físicas do cimento portland, deve-se observar três aspectos: o primeiro, relacionado à sua condição natural (em pó); segundo, no momento de sua mistura com água; e na pasta da sua mistura com os agregados.

Densidade: o conhecimento de sua densidade está relacionado ao cálculo de consumo, já que sua densidade se altera durante o processo de hidratação.

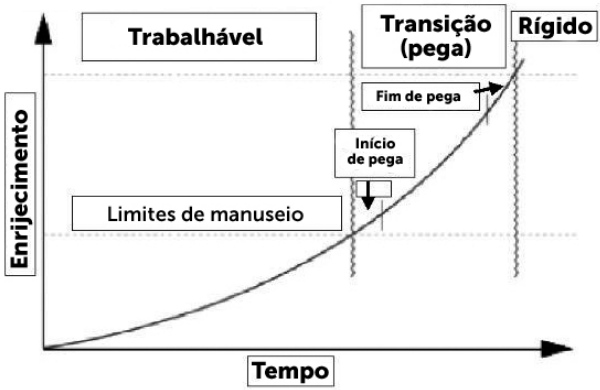
Finura: a finura do cimento está relacionada ao tamanho dos grãos dos seus produtos e sua variação implica na variabilidade da velocidade de reação de hidratação.

Tempo de pega: é o intervalo que inicia com o fim da trabalhabilidade (manuseio do material), chamado "início da pega", até o seu endurecimento ou solidificação, caracterizado como "fim da pega",

conforme Figura 2.10. Em outras palavras, o início da pega significa o momento em que se iniciaram as reações químicas dos compostos aglomerantes.

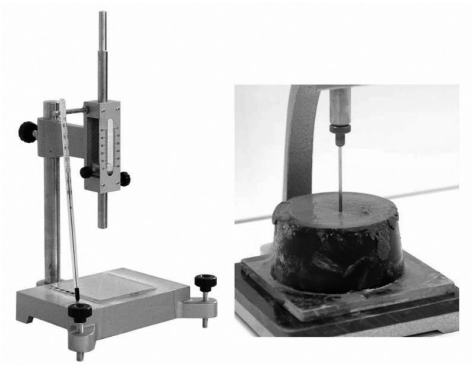
Sua determinação, no caso do cimento, pode ser feita pelo aparelho de Vicat que, através dos valores de penetração da sua agulha, determina o início da pega do material, conforme ilustra a Figura 2.11.

Figura 2.10 | Gráfico tempo x endurecimento do cimento



Fonte: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAAZS4AB/cimento-ii>. Acesso em: 14 maio 2017.

Figura 2.11 | Aparelho de Vicat



Fonte: <http://propriedadesdoconcreto.blogspot.com.br/2013/08/respondendo-ao-leitor-qual-o-tempo-de.html>. Acesso em: 14 maio 2017.

Diversos fatores influenciam o tempo de pega do cimento, entre elas a finura do cimento, o fator água/cimento da mistura e também vários tipos de aditivos que aceleram ou retardam esse início, sem que haja prejuízos para o material, por exemplo, para retardar a pega em concretos em casos de longas distâncias de transporte.

Resistência: a resistência mecânica dos cimentos é realizada através da ruptura de corpos de provas por compressão. A norma que caracteriza o ensaio é a NBR 7215, da ABNT.

Exsudação: conhecido como o fenômeno de separação da água da mistura, devido às diferenças de densidade, essa segregação pode prejudicar a durabilidade e resistência dos concretos.

Propriedades químicas

As propriedades químicas do cimento estão relacionadas ao processo de hidratação do cimento e seu endurecimento. Entre elas destaca-se a estabilidade, calor de hidratação, resistência aos agentes agressivos e reação álcali-agregado.

Estabilidade: é uma característica relacionada à eventual ocorrência de expansões volumétricas após o endurecimento.

Calor de hidratação: no processo de endurecimento é importante considerar o calor que é produzido pelas reações de hidratação e seu resfriamento rápido pode causar o aparecimento de trincas e fissuras. A quantidade de calor e sua velocidade de resfriamento é influenciada pela composição de cada cimento.

Resistência aos agentes agressivos: refere-se a quanto o tipo de cimento, em obras que tenham contato direto com terra ou água, é suscetível a agentes agressivos.

Processo de fabricação do cimento portland

A fabricação do cimento passa basicamente por duas fases: a primeira, relacionada à produção de um produto intermediário; e a segunda, a pulverização e acréscimo de aditivos. A seguir, serão descritas as principais etapas:

Dosagem, secagem, homogeneização e clínquerização

O calcário é a principal matéria-prima do cimento, que contribui na fabricação do clínquer. Após a extração da rocha calcária e sua britagem, o clínquer recebe algumas correções em sua composição, com a argila, quartzito e minério de ferro. Esses materiais passam pela moagem e são misturados, secados e homogeneizados até formarem uma espécie de farinha.

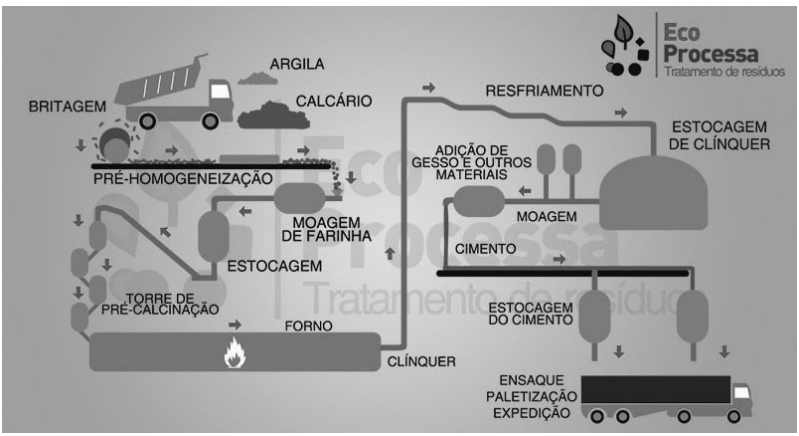
Por fim, essa farinha passa pelo processo de clinquerização, no qual

é elevada a alta temperatura pata se obter o clínquer. A porcentagem de cada matéria-prima do cimento influenciará nas suas características físicas e químicas, como na hidratação e resistências iniciais e finais do cimento.

Adições finais e moagem

No caso do cimento portland, a moagem do clínquer é feita com diversos materiais, entre eles gesso, pozolana, calcário e escória. A espessura e a forma de homegenização estão descritos em normas e variam de acordo com cada cimento. O resumo do processo de fabricação pode ser observado na Figura 2.12:

Figura 2.12 | Processo de fabricação do cimento portland



Fonte: <http://blogdocimento.blogspot.com.br/2015/09/fluxogramas-de-fabricacao-de-cimento.html>. Acesso em: 14 maio 2017.

Reflita

Funções dos materiais de adição na fabricação do cimento:

- **Gesso:** utilizado para regular o tempo de pega, permite que o cimento permaneça trabalhável por mais tempo.

- **Calcário:** a utilização do calcário na composição permite a diminuição da porcentagem de vazios, melhorando a trabalhabilidade da massa e pode auxiliar na elevação da resistência inicial do cimento.

- **Pozolana:** resultado da combustão do carvão, a pozolana auxilia na maior resistência do cimento em meios agressivos, diminui o calor da hidratação e permite concretagens de grandes volumes.

• **Escória de alto-forno:** de acordo com as adições e dosagens na moagem do clínquer permite que se tenham cimentos com diversas características e que podem ser aplicados em diferentes argamassas e concretos.

Recebimento, estocagem e validade do cimento

Assim como diversos materiais da Construção Civil, algumas verificações são importantes serem feitas no recebimento e estocagem do material:

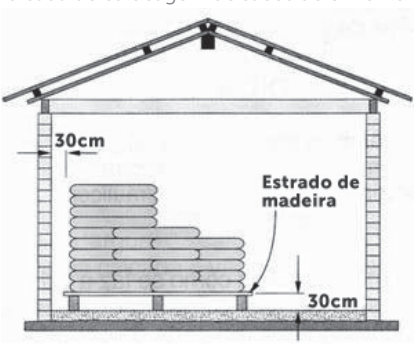
• O cimento pode ser comercializado a granel, armazenado em grandes silos, ou pode ser fornecido ensacado.

• Verificar as condições da embalagem: se possuem rasgos ou se o material está empedrado ou se existe algum sinal de umidade (o cimento com sinais de umidade pode indicar que já iniciou o processo de hidratação, podendo ser prejudicial e comprometer sua utilização).

• O armazenamento deve ser feito em estrados de madeira (para evitar a umidade) com um empilhamento máximo de 10 a 15 sacos, o local deve ser coberto e protegido de ações intempéries e contra a umidade, conforme mostra a Figura 2.13.

Outro fato importante a ser observado é o controle do prazo de validade. Recomenda-se que o cimento fique estocado no máximo por 3 meses.

Figura 2.13 | Forma indicada de estocagem de sacos de cimento



Fonte: <http://www.obra24horas.com.br/materias/produtos-e-servicos/como-armazenar-cimento>. Acesso em: 14 maio 2017.

Tipos de cimento e suas aplicações

Atualmente, existem diferentes tipos de cimentos portland comercializados, com diferenças em relação às suas características de composição, resistência e comportamentos a agentes agressivos. A seguir, será apresentado cada tipo de cimento portland, para quais aplicações são indicados e a norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) relacionada.

CP I – Cimento tipo I: também conhecido como cimento comum, contém uma pequena porcentagem de gesso que auxilia no retardamento da pega; possui três classes de resistências (25, 32 e 40 MPa). Esse cimento também pode ser classificado como **CP I-S** quando apresentar uma pequena adição de material pozolânico (1 a 5%).

Aplicações: para locais que não necessitem de condições especiais e sem agentes agressivos, como água e esgoto. Esse cimento possui uma grande quantidade de clínquer, o que perfaz um alto custo de fabricação.

CP II – Cimento tipo II: esse cimento também recebe adições de materiais que lhe conferem propriedades especiais, pode ser fabricado para resistência de 25, 32 e 40 MPa.

CP II – E: contém escória granulada de alto forno (6 a 34%) que faz com que haja um baixo calor de hidratação. Indicados para locais que necessitam de desprendimento de calor lento.

CP II – Z: contém adição de material pozolânico (6 a 14%) fornecendo permeabilidade à pasta. Esse tipo de cimento é indicado para construções subterrâneas e marítimas em que haja presença de água, para concretos protendidos e pré-moldados.

CP II – F: contém fíler em proporções que podem variar de 6 a 10%, esse tipo de cimento é indicado para argamassas de assentamento, revestimento, concreto armado, pisos e pavimentos (em meios não-agressivos).

CP III – Cimento tipo III: conhecido também como cimento de alto-forno por conter altos teores da substância (35 a 70%). Esse cimento possui alta resistência, durabilidade e impermeabilidade.

Também possui três classes de resistência (25, 32 e 40MPa).

Aplicações: Devido a suas características é utilizado em obras de grande porte em que existam condições de alta agressividade, como fundações, barragens, esgoto, obras submersas, pavimento de concreto, pistas de aeroportos etc.

CP IV – Cimento tipo IV: caracterizado pela adição de material pozolana (15 a 50%) que confere alta durabilidade e impermeabilidade às misturas. Pode ser fabricado com classe de resistência e de 25 e 32MPa.

Aplicações: obras que estão expostas a ambientes agressivos e a ações de água corrente.

CP V – Cimento tipo V: conhecido como cimento ARI, oferece alta resistência inicial. Seu modo de fabricação é comum, porém são adicionadas na composição do clínquer uma porcentagem diferenciada de argila fazendo com que a hidratação aconteça mais rapidamente.

Aplicações: por apresentar alta resistência inicial, esse tipo de cimento é ideal para obras que necessitem de confecção de pré-moldados, postes, blocos, tubos, ou seja, elementos que necessitem de desforma rápida.

RS – Cimento resistente a sulfatos: são cimentos que possuem adições de materiais que proporcionem resistência aos sulfatos.

Aplicações: são utilizados em redes de esgotos e de águas (industriais, água do mar) e também em ambientes onde o agente sulfato esteja presente.

CPB – Cimento branco: como o próprio nome indica, possui coloração branca devido a sua matéria-prima e processo de fabricação. Esse cimento pode ser estrutural ou não. No caso do estrutural, possui classes de resistência de 25, 32 e 40MPa.

Aplicações: para o cimento não estrutural são aplicados para rejuntamento de cerâmicas; no caso do cimento estrutural são usados para fins arquitetônicos.

BC – Cimento de baixo calor de hidratação: por apresentar baixo calor de hidratação, esse cimento é utilizado para retardar o desprendimento de calor de grandes massas de concreto, evitando assim o surgimento de fissuras durante o processo de hidratação do cimento.

Pesquise mais

Consulte a norma ABNT sobre os tipos de cimento portland:

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

Sem medo de errar

Vamos voltar ao problema proposto, você, aluno, engenheiro civil é responsável pela construção de uma residência e, após o término das escavações das estacas e abertura do baldrame, terá que definir qual será o cimento portland mais adequado para ser aplicado na concretagem e também para finalizar o banheiro do escritório da obra.

Para a concretagem das estacas, o cimento mais adequado seria o CP II – Z, cimento portland tipo II que contém material pozolânico na sua composição (6 a 14%), que permite maior permeabilidade à pasta e é indicado para construções subterrâneas em que exista presença de água, como é o caso dessa concretagem, que possui água no último metro de escavação.

Na concretagem do baldrame, devido ao curto prazo dessa atividade, deve-se utilizar um cimento com alta resistência inicial; o mais adequado, nesse caso, será o CP V – cimento portland tipo V, mais conhecido como ARI. Em sua fabricação é adicionada uma quantidade diferenciada de argila, que faz com que o processo de hidratação ocorra mais rapidamente, trazendo, assim, essa resistência inicial esperada para que se inicie a alvenaria da residência.

No caso do acabamento do piso cerâmico do banheiro não é necessária a utilização de um cimento estrutural. Portanto, o cimento mais adequado será o CPB – cimento portland branco.

Desta forma, você deverá utilizar tipos de cimentos diferentes para cada atividade, pois eles apresentam funções específicas. Com os cimentos portland definidos, mãos à obra!

Avançando na prática

Construção do estádio de futebol

Descrição da situação-problema

Na construção de uma laje de um estádio de futebol será utilizado um grande volume de concreto, no qual a ocorrência de fissuras e trincas pode prejudicar a durabilidade da estrutura.

Qual seria a escolha do tipo de cimento portland mais adequado, a fim de garantir a durabilidade dessa estrutura?

Resolução da situação-problema

A característica que pode ocasionar fissuras no concreto é o calor de hidratação liberado no processo de reações de hidratação do cimento.

Nesse caso, o tipo de cimento portland mais adequado seria o BC - cimento de baixo calor de hidratação. Como o próprio nome já diz, por apresentar essa característica, permite que haja um retardamento do desprendimento de calor de grandes massas de concreto, evitando, assim, fissuras e trincas na estrutura.

Faça valer a pena

1. As propriedades químicas do cimento estão relacionadas ao processo de hidratação, do cimento e seu endurecimento. Em relação ao calor de hidratação podemos afirmar:
a) Representa o quanto o cimento que tenha contato direto com terra ou água está suscetível a agentes agressivos.
b) É uma característica relacionada à eventual ocorrência de expansões volumétricas após o endurecimento.
c) No processo de endurecimento é importante considerar o calor que é produzido pelas reações de hidratação.
d) Conhecido como o fenômeno de separação da água da mistura, devido às diferenças de densidade.
e) Está relacionada ao tamanho dos grãos dos seus produtos e sua variação implica na variabilidade da velocidade de reação de hidratação.

2. Ao analisar as propriedades físicas do cimento portland é importante observar três aspectos: o primeiro, relacionado à sua condição natural (em pó); segundo, no momento de sua mistura com água; e na pasta da sua mistura com os agregados.
Em relação às propriedades físicas do cimento portland, podemos afirmar:
I) A densidade está relacionada ao cálculo de consumo, já que ela se altera durante o processo de hidratação.
II) A exsudação é um fenômeno que determina o início e o fim da pega do cimento portland, ou seja, do fim da trabalhabilidade até o seu endurecimento.
III) A finura do cimento está relacionada ao tamanho dos grãos dos seus produtos e sua variação implica na variabilidade da velocidade de reação de hidratação.
IV) A resistência mecânica do cimento é calculada com ele ainda no processo de hidratação e tem como norma de ensaio a NBR 7215.

As afirmações corretas são:
a) I, II e III.
b) I e IV.
c) II e III.
d) I e III.
e) Todas as alternativas estão corretas.

3. Em estruturas submetidas à ação de águas correntes, a impermeabilidade do material é muito importante para garantir seu correto desempenho. Cimentos que contenham a adição de uma quantidade maior de pozolanas ajudam a garantir essa propriedade à estrutura.
Em relação aos tipos de cimentos portland que apresentam essas características podemos destacar os seguintes:
a) CP I e CP IV.
b) CPB e RS (cimento resistente a sulfato).
c) CP V e CP III.
d) CP III e CP IV.
e) CP II – Z e CP IV.

Seção 2.3

Materiais betuminosos

Diálogo aberto

Na seção anterior, aprofundamos o estudo do cimento portland, detalhamos suas características, processo de fabricação, tipos comercializados e as principais aplicações. Na continuação do estudo dos aglomerantes, nesta seção abrangeremos os principais conceitos e aplicações dos materiais betuminosos.

Primeiramente serão abordadas as principais propriedades dos materiais betuminosos, em seguida, será estudado o asfalto, sua forma de fabricação e as principais aplicações na Construção Civil, como a pavimentação asfáltica e impermeabilização.

Você, aluno, engenheiro civil recém-formado e responsável pela construção de uma obra residencial, ao terminar a concretagem da fundação dará início aos serviços de alvenaria. Porém, antes de iniciar, alguns cuidados devem ser tomados em relação à umidade do solo nas estruturas, sabendo que a água pode atingi-las através da capilaridade. Diante disso, qual aplicação de material betuminoso seria mais adequada?

Para resolver esse desafio proposto, precisaremos conhecer mais sobre as propriedades dos materiais betuminosos e suas principais aplicações.

Não pode faltar

Materiais Betuminosos

Dentre os materiais aplicados na Construção Civil, existem os chamados materiais betuminosos, como o asfalto, os alcatrões e os óleos graxos, aplicados principalmente em pavimentação asfáltica e em impermeabilizações, além de aplicações em pinturas e isolamentos térmicos.

A utilização desses materiais, devido às suas características, já vem ocorrendo há milhares de anos na construção e para outros fins. Os betumes foram encontrados em pirâmides, no Jardim suspenso da Babilônia e naquilo que se supõe as ruínas da Torre de Babel.

Assimile

O betume

O betume, pode ser definido como uma mistura de hidrocarbonetos de consistência sólida, líquida ou gasosa, frequentemente acompanhado de derivados não metálicos.

Como visto na Seção 2.1, o betume tem características ligantes que permitem usá-lo como aglomerante, porém sem a necessidade do acréscimo de água. Outra característica do betume é que ele é hidrófugo, ou seja, repele a água e não se dissolve nela. Essa força de repelência o torna impermeável, por isso sua aplicação também como impermeabilizante.

A seguir, serão estudadas as principiais características e propriedades dos materiais betuminosos.

Propriedades e características dos materiais betuminosos

Alta força adesiva

O betume, assim como o cimento ou a cal, é um material aglomerante, mas diferente deles por apresentar uma alta força adesiva. Não existem reações para o endurecimento, apenas fenômenos físicos controlados pelo aumento da temperatura.

Ponto de fulgor e combustão

Outra característica do betume é seu ponto de fulgor. Basicamente esse ponto é a temperatura em que o material entra em combustão, causando uma rápida explosão. Sempre que se aquece um material betuminoso até essas temperaturas inicia-se o perigo de explosão e incêndio. Os betuminosos sólidos têm ponto de fulgor bem mais elevado (a partir de 230°C) que os betuminosos líquidos (a partir de 100°C).

Hidrofugante e Quimicamente inerte

O betume é hidrofugante porque repele a água. Ela não consegue atravessar pela película do material, além disso é quimicamente inerte, ou seja, não reage com os materiais (cimento, cal, gesso, cerâmica etc.). Em geral, tem bastante plasticidade e é um mau condutor de eletricidade, calor e som.

Envelhecimento

Quando expostos às intempéries, os betumes sofrem um processo de perda de plasticidade (tornando-se duros e quebradiços), da aderência e da impermeabilidade. Este processo é conhecido como envelhecimento.

O envelhecimento pode advir de causas físicas, como evaporação das substâncias que contribuem para a plasticidade, ou por causas químicas. O envelhecimento começa pelas camadas mais externas, por isso a tendência de formação de uma crosta dura que evita que cheguem às camadas mais internas, o que mantém as propriedades dos betumes por mais tempo.

Dureza

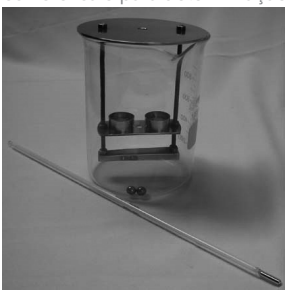
Dureza é a resistência que os corpos opõem à penetração ou risco. Em comparação a outros materiais da Construção Civil, o betume tem pouca dureza, porém ela é tão importante para os materiais betuminosos que é utilizada na identificação dos asfaltos. Caso o material betuminoso apresente baixa dureza suas aplicações serão bem restritas.

Ponto de amolecimento e viscosidade

O ponto de amolecimento do material betuminoso é a temperatura na qual ela se torna mole, esse ponto é importante, pois, normalmente, quanto mais alto o ponto de amolecimento melhores são as condições de uso do material. Por exemplo, em dias quentes, ele não amolecerá e poderá ser aplicado em pavimentações e impermeabilizações.

O ensaio utilizado para a determinação do ponto de amolecimento é chamado ensaio de anel e bola, padronizado pela norma ABNT NBR 6560. O ensaio consiste em aquecer o anel de material betuminoso com a bola de aço em cima até que ele amoleça, no momento em que a bola atinge a base é medida a temperatura, a qual será o ponto de amolecimento do material. A Figura 2.14 ilustra os materiais utilizados no ensaio:

Figura 2.14 | Materiais utilizados no ensaio para determinação do ponto de amolecimento

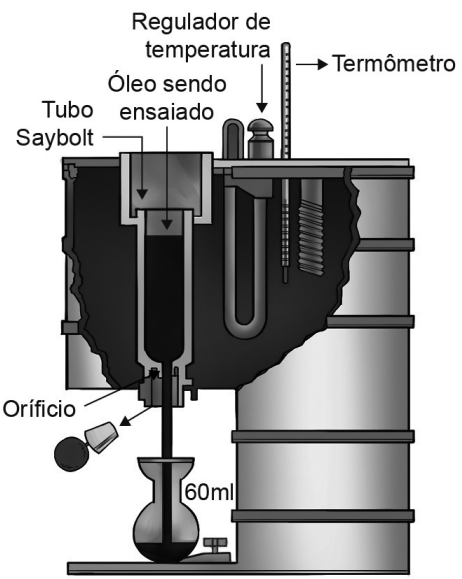


Fonte: <http://www.solocap.com.br/detalhe.asp?idcod=PONTO%20DE%20AMOLECIMENTO>. Acesso em: 27 maio 2017.

Outra propriedade importante a ser estudada é a viscosidade dos materiais betuminosos. A viscosidade é a capacidade do material de resistir ao escoamento ou deformação e depende da temperatura em que está submetido.

O ensaio mais usado para esses materiais é através do viscosímetro de Saybolt-Furol. Através de uma aparelhagem, mostrada na Figura 2.15, é medido o tempo, em segundos, para o material fluir em um determinado orifício a uma determinada temperatura até que preencha o frasco abaixo. Seu índice representa o efeito dessa variação de temperatura no material.

Figura 2.15 | Viscosímetro de Saybolt-Furol



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/295611/>. Acesso em 27 maio 2017.

Pesquise mais

Para saber mais sobre os ensaios de ponto de amolecimento e viscosidade, consulte as normas técnicas:

NBR 6560 – Ligantes asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento – Método do anel e bola

NBR 14950 – Materiais Betuminosos – Determinação da viscosidade Saybolt-Furol.

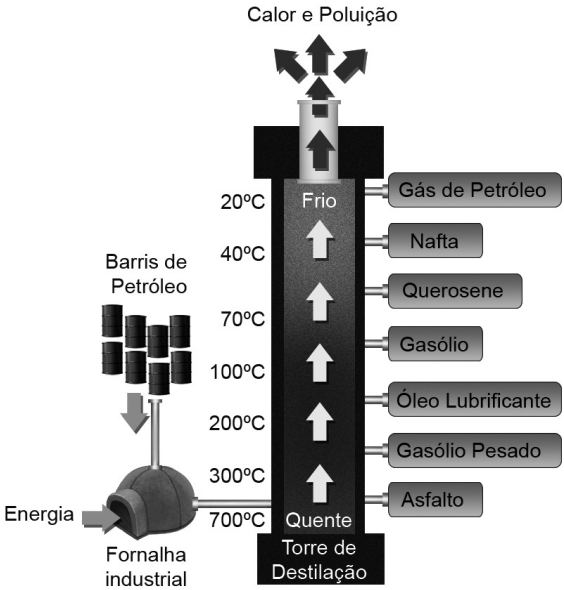
Origem e fabricação de materiais betuminosos

A hulha e o petróleo são as principais fontes de obtenção de materiais betuminosos porque ambos são decorrentes da composição de organismos animais e vegetais em seus compostos orgânicos.

O petróleo é composto quase que totalmente por hidrocarbonetos e são encontrados em jazidas em rochas sedimentares. Eles podem ser classificados, de modo geral, de duas formas: base parafínica ou base asfáltica. Neste último caso, apresenta material grosso, mais viscoso, e que endurece facilmente, mais apropriado para a obtenção de asfalto.

No processo e destilação do petróleo, entre os componentes mais densos e sólidos aparecem os asfaltos. A Figura 2.16 demonstra esse processo e os principais produtos gerados, entre eles o asfalto.

Figura 2.16 | Processo de destilação do petróleo



Fonte: <http://www.explicatorium.com/cfq-7/destilacao-fracionada.html>. Acesso em: 28 maio 2017.

Reflita

Antes de continuar o estudo, é importante compreender as seguintes definições:

• betume: mistura de hidrocarbonetos.

• asfalto: mistura de hidrocarbonetos derivados do petróleo, cujo principal componente é o betume.

• alcatrão: um produto que também contém hidrocarbonetos, porém é obtido através da destilação de carvão ou madeira.

• piche: é o nome dado para os resíduos finais da destilação de alcatrões e outras substâncias como o petróleo e resinas.

Portanto, o alcatrão e o asfalto são materiais betuminosos, porém de propriedades bastantes diferentes. O alcatrão praticamente não é mais aplicado na pavimentação e também se caracterizou como um produto cancerígeno, sendo atualmente aplicado como matéria-prima para diversos produtos químicos.

Os asfaltos

Os asfaltos são os betumes de alto peso molecular, quase puros ou com alguma mistura de material mineral (siltes, areias ou argilas). Os asfaltos aplicados em pavimentação são um ligante betuminoso que, como visto anteriormente, é obtido através da destilação do petróleo; é adesivo, impermeável e quimicamente pouco reativo. O resíduo obtido no final do processo, após a remoção dos demais subprodutos (gasolina, querosene, diesel, etc.) é o cimento asfáltico de petróleo. No Brasil, utiliza-se do nome CAP para nomear esse produto.

Cimentos Asfálticos de Petróleo (CAP)

Os cimentos asfálticos são classificados de acordo com os resultados do ensaio de penetração. Possuem uma medida de dureza ou consistência. Através do ensaio de penetração, no qual uma agulha de peso total de 100g é aplicada durante 5 segundos no material, mede-se essa penetração; desta forma, o CAP pode ser classificado em:

Classe do CAP	Penetração (0,1 mm)
CAP 30/45	30-45
CAP 50/70	50-70
CAP 85/100	85-100
CAP 150/200	150-200

Derivados do asfalto

Os principais tipos de asfaltos líquidos são o asfalto diluído e a emulsão asfáltica.

Asfalto diluído: é obtido adicionando-se um solvente ao asfalto, que não precisa ser aquecido para aplicação, adere às superfícies úmidas e tem um menor desempenho em relação aos asfaltos puros, pois tem menor plasticidade e envelhece mais rápido. É empregado preferencialmente como pintura primária de asfalto puro (imprimações), como tinta para metais e preservador de madeira.

Emulsões asfálticas (ou hidrasfaltos): trata-se de um asfalto

dissolvido em água, é líquido à temperatura ambiente, perdendo água com o tempo e depositando o asfalto. É de fácil aplicação, podendo ser feita a frio e em uma superfície úmida. Comparado ao asfalto puro, tem mais plasticidade inicial e mais aderência, porém tem menor resistência mecânica. São utilizadas para remendos de asfaltos, em impermeabilizações e tintas.

Pavimentação asfáltica

O maior consumo de materiais betuminosos nos serviços da Construção Civil está na pavimentação urbana e rodoviária. A pavimentação pode ser definida como a regularização superficial do solo com o intuito de passagem de veículos ou pessoas.

A pavimentação asfáltica são pavimentos feitos de materiais betuminosos misturados com agregados (em geral areia e brita). Apresentam várias vantagens, pois geralmente são mais econômicos que os de concreto e melhores que os de terra, são flexíveis, adaptando-se a eventuais recalques do leito, são fáceis de executar e reparar.

Figura 2.17 | Aplicação do asfalto

Fonte: <http://amarillo.gov/?page_id=1975>. Acesso em 28 maio 2017.

Exemplificando

Pavimentos rígidos e flexíveis

Em geral, os pavimentos são divididos em duas categorias: rígidos e flexíveis. Os pavimentos rígidos são feitos com placas de concreto sobre uma camada de mistura de britas e cimentos, conforme volume de tráfego no local, pode durar mais de 25 anos, seu custo chega a ser mais de 30% mais caro que os pavimentos flexíveis.

O pavimento flexível é composto pelo CAP (cimento asfáltico). Sobre uma base e sub-base de britas. é colocada a mistura de CAP, areia e brita, popularmente conhecida como asfalto. Sua duração é inferior à dos pavimentos flexíveis, porém apresenta um custo mais econômico e a manutenção facilitada.

Impermeabilizantes

A impermeabilização é a proteção das construções contra a infiltração da água. O asfalto pode ser considerado um hidrofugante, característica que lhe permite proteger as estruturas da infiltração da água. As impermeabilizações asfálticas podem ser aplicadas em forma de membrana e mantas, comumente aplicadas em estruturas, paredes, terraços, juntas de dilatação, ralos, reservatórios, subsolos etc. Conforme ilustrado na Figura 2.18.

Figura 2.18 | Aplicação de impermeabilização

Fonte: <https://goo.gl/2sQyby>. Acesso em: 29 maio 2017.

Reflita

Tipos de impermeabilização

São diversas as maneiras que a água pode se infiltrar. A mais comum é a infiltração por pressão. Há vários processos de impermeabilização que, em princípio, podem ser classificados em impermeabilizações espessas, por membranas e calafetagem.

Impermeabilizações espessas: se utilizam de estruturas como forma de proteção, através do próprio concreto ou argamassa. É o sistema mais adequado para infiltrações por pressão.

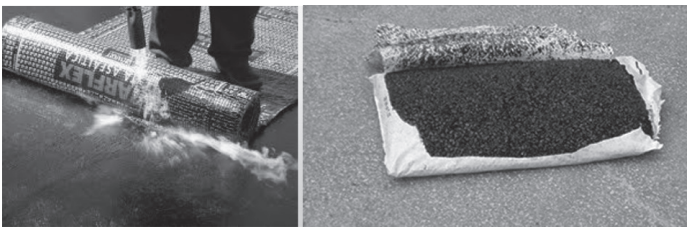
Impermeabilizações por membrana: são realizadas por películas finas de algum material impermeável em estado elástico. Dentre esses processos estão a impermeabilização com asfalto, emulsão asfáltica ou com mantas pré-moldadas. São mais adequadas para infiltrações por capilaridade ou percolação.

Calafetagem: é a vedação de furos e frestas, pode ser feita com massas betuminosas, poliméricas, chapas metálicas ou de borrachas.

As infiltrações podem trazer sérios danos às estruturas, além de causar um aspecto ruim, oxidar a armadura, provocar rachaduras e mofo. O serviço de impermeabilização deve ser cuidadosamente realizado por profissionais especializados e que sejam utilizados recursos tecnológicos dos materiais que serão aplicados.

Tanto na pavimentação asfáltica quanto na impermeabilização, os materiais betuminosos também são usados em imprimações ou pintura de ligação, para criar aderência com o pavimento antigo, como manta asfáltica, conforme ilustrado na Figura 2.17. Além disso, podem ser encontrados como feltro asfáltico, bastante utilizado em impermeabilizações. A Figura 2.19 mostra a aplicação da manta asfáltica e o asfalto ensacado, muito utilizado para "tapa-buracos" em vias e rodovias.

Figura 2.19 | Aplicações dos materiais betuminosos: Manta asfáltica e asfalto ensacado



Fonte: <http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/14878/material/Materiais%20Betuminosos.pdf>. Acesso em: 29 maio 2017.

Sem medo de errar

Após a finalização da fundação, você, aluno, deverá ter alguns cuidados a fim de garantir a qualidade da estrutura e sua

estanqueidade. A infiltração por capilaridade pode ocorrer através da parede da alvenaria em contato com o solo úmido sem uma camada impermeável. Para isso deverá ser aplicada uma impermeabilização na fundação.

Neste caso, o tipo de impermeabilização mais adequado seria por membrana, utilizando os materiais de bases betuminosas, como as emulsões asfálticas.

Avançando na prática

Pavimentação do acesso

Descrição da situação-problema

Em frente à obra residencial em que, você, engenheiro civil recém-formado, está responsável, existe um pequeno acesso, com alta inclinação, que deverá ser pavimentado. Tendo em vista, a possibilidade de utilizar a pavimentação asfáltica e a de concreto, qual das duas seria mais adequada para o local, lembrando que sua utilização será apenas para a entrada e saída de veículos da residência?

Resolução da situação-problema

Neste caso, por se tratar de um pequeno acesso à obra, o local apresentar alta inclinação e fluxo baixo de veículos, visando o custo e a facilidade de implantação, a pavimentação asfáltica seria a mais adequada.

Faça valer a pena

1. Quando expostos às intempéries, os betumes sofrem um processo de perda de plasticidade (tornando-se duros e quebradiços), da aderência e da impermeabilidade. Esse processo pode advir de causas físicas, como evaporação das substancias que contribuem para a plasticidade ou por causas químicas.
A descrição acima refere-se a qual propriedade/processo dos materiais betuminosos?
a) Plasticidade.
b) Dureza.
c) Ponto de amolecimento.
d) Envelhecimento.
e) Aderência.

2. A viscosidade é a capacidade do material resistir ao escoamento ou deformação e depende da temperatura em que está submetido. Essa propriedade é muito estudada nos materiais betuminosos.
Em relação ao ensaio de viscosidade, quais afirmações a seguir estão corretas?
I) O ensaio mais utilizado é o viscosímetro de Saybolt-Furol.
II) O ensaio consiste em medir o tempo em que o material flui de um orifício até preencher o frasco.
III) Seu índice está relacionado ao ponto de fulgor do material.
IV) A viscosidade será a temperatura na qual a bola atinge a base.
a) I e III.
b) I e II.
c) I, II e IV.
d) II e IV.
e) II e III.

3. Os asfaltos são os betumes de alto peso molecular, quase puros ou com alguma mistura de material mineral (siltes, areias ou argilas). Existem derivados dos asfaltos como os asfaltos líquidos.
Em relação aos asfaltos líquidos, a única alternativa correta é:
a) Aos asfaltos diluídos é acrescentada água em sua composição.
b) As emulsões asfálticas são aplicadas a quente, enquanto que o asfalto diluído a frio.
c) Os asfaltos diluídos têm maior plasticidade que os asfaltos puros.
d) As emulsões asfálticas possuem menos aderência que os asfaltos puros.
e) As emulsões asfálticas são asfaltos dissolvidos em água.

Referências

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland. **Guia básico de utilização do cimento Portland**. São Paulo: ABCP, 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7215: Cimento Portland - Determinação da resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

_____. **NBR 6453**: Cal Virgem para a Construção civil - Requisitos. Rio de Janeiro, 2003.

_____. **NBR 7175**: Cal hidratada para argamassas - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 13207**: Gesso para construção civil - Especificações. Rio de Janeiro, 2017.

_____. **NBR 12127**: Gesso para construção - Determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 16697: Cimento Portland - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

_____. **NBR 14950**: Materiais Betuminosos – Determinação da viscosidade Saybolt Furol. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

_____. **NBR 6560**: Ligantes asfálticos – Determinação do ponto de amolecimento – Método do anel e bola. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

ASSOCIAÇÃO DRYWALL, **Associação Brasileira do Drywall**. Disponível em: <www.drywall.org.br>. Acesso em: 30 abr. 2017.

BAUER, L. A. F. **Materiais de Construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BERNUCCI, Liedi Legi Bariani ; et al. **Pavimentação Asfáltica** - Formação Básica para Engenheiros. Rio de Janeiro: PETROBRAS: ABEDA, 2008.

OLIVEIRA, C. M de; RODRIGUES, M. C. X. **Característica de alguns gessos nacionais utilizados na construção civil**. TÉCNICA, n. 371, 1990.

SILVA, M. R. **Materiais de Construção**. São Paulo: PINI, 1991.

VERCOSA, E. J. **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Sagra, 1984.

Materiais da construção civil

Convite ao estudo

Caro Aluno,

Seja bem-vindo à terceira unidade de Materiais de Construção Civil I. Após o estudo dos agregados e aglomerantes, através da compreensão das suas características e aplicações, nesta unidade iniciaremos o estudo dos tipos de materiais da construção civil, primeiramente com os materiais cerâmicos na Seção 3.1, com os de madeira na Seção 3.2 e finalizaremos com os materiais metálicos, Seção 3.3.

Atualmente, existe uma vasta quantidade de materiais que são aplicados na construção e, a cada dia, surgem novos. Com essa rápida mudança e evolução tecnológica, o conhecimento dos materiais auxilia na correta seleção para diversos usos e determinação das propriedades e qualidades tecnológicas.

Nesta unidade, na primeira seção, estudaremos a origem e o processo de fabricação dos materiais cerâmicos, suas aplicações na indústria da construção civil através da cerâmica vermelha e cerâmica branca.

Na seção posterior, estudaremos a madeira e seus materiais derivativos, sua estrutura física, propriedades físicas e mecânicas e também sua aplicação na construção civil. Na última seção, abordaremos os materiais metálicos, em especial o aço, conhecendo sua forma de produção, constituição, tratamentos aplicados para seu uso e, por fim, sua utilização na construção civil.

Com o avanço da construção da residência, na qual você, aluno recém-formado, é o engenheiro responsável, diversas decisões devem ser realizadas em relação aos materiais

que serão aplicados na obra. Você deverá compreender os diferentes tipos de materiais cerâmicos, as propriedades da madeira e as formas de utilização do aço.

Nesta e na próxima unidade, é importante estar preparado para realizar pesquisas, leituras de normas e de materiais de apoio propostos. Além disso, os grandes avanços tecnológicos que estamos sofrendo estão sempre associados à descoberta de novos materiais, desta forma devemos sempre estar atualizados.

Bons estudos!

Seção 3.1

Materiais cerâmicos

Diálogo aberto

Com o avanço da construção, após analisar o projeto executivo da obra, você, aluno, deparou-se com a necessidade de comprar os materiais cerâmicos para a obra: blocos e tijolos, telhas, azulejos etc. Para isto, precisará conhecer as características e propriedades de cada um.

Ao verificar o projeto de estrutura da residência, a forma construtiva definida foi a convencional, ou seja, utilizando vigas e pilares de concreto aramado.

Desta forma, os blocos utilizados para a alvenaria serão apenas de vedação, sendo que a opção foi por utilizar blocos cerâmicos. Qual dos tipos de blocos cerâmicos você escolherá? Os blocos maciços ou vazados?

Não pode faltar

O uso do material cerâmico é muito antigo devido à abundância do barro e da facilidade de extração e fabricação. Há evidências históricas de cestas de vime com barro datando do período Neolítico do homem pré-histórico.

Os materiais cerâmicos estão entre os mais utilizados na construção civil por apresentarem diversas possibilidades de aplicação, variedades de formas, alta durabilidade e baixo custo. A Figura 3.1 apresenta os principais materiais cerâmicos utilizados na construção civil.

Figura 3.1 | Materiais cerâmicos da construção

Fonte: adaptada de <https://pt.slideshare.net/AquilesCampagnaro/cermicas-26467332>. Acesso em: 20 jun. 2017.

Definição

O nome cerâmica vem da palavra grega *Keramus*, que significa coisa queimada. Sua origem é da pedra artificialmente obtida pela moldagem, secagem e cozimento de argilas ou misturas argilosas. Essas etapas não acontecem necessariamente para todos os materiais cerâmicos, porém a essência é a utilização da argila como matéria-prima.

Assimile

O que é argila?

A argila é um mineral originado de rochas sedimentares, como visto na Unidade 1, possui grãos muito finos de silicatos e óxidos (minerais terrosos) que através de um longo processo físico e químico das rochas alteram-se e originam a argila.

As argilas possuem partículas de diâmetros, segundo a ABNT 6502, menor que 0,002 mm, possuem alta plasticidade quando estão úmidas e formam torrões de difícil desagregação quando secas. São encontradas de forma abundante na natureza, como mostra a Figura 3.2, são recicláveis e se conservam ao longo dos anos.

Figura 3.2 | Solo argiloso

Fonte: <http://geoevida.blogspot.com.br/2014/11/enem-e-vestibular-solos.html>. Acesso em: 20 jul. 2017.

Característica dos materiais cerâmicos

Resistência e dureza

A resistência mecânica do material aumenta quando aquecido a altas temperaturas; sua resistência à tração varia bastante, mas, em geral, a

resistência à compressão é de 5 a 6 vezes maior do que à tração. Possuem boa resistência à corrosão se comparados a materiais metálicos ou poliméricos.

Apesar da boa resistência, os materiais cerâmicos são considerados frágeis, pois possuem pouca deformação plástica (ausência de escorregamento), ou seja, têm alta fragilidade. Em relação à dureza do material, ela é bem elevada se comparada a outros materiais da construção civil, devido às ligações iônicas de sua composição.

Isolamento e ponto de fusão

O material cerâmico apresenta um alto ponto de fusão, por isso tem alta resistência ao calor e baixo coeficiente de expansão térmica, é um bom isolante térmico e elétrico.

Processo de fabricação da cerâmica

De acordo com a com a Associação Brasileira de Cerâmica - ACEBRAM -, os processos de fabricação dos diversos materiais assemelham-se e compreendem às seguintes etapas:

Extração e preparação da matéria-prima: parte das matérias-primas utilizadas no material cerâmico é natural (argilas), porém em alguns produtos são utilizadas matérias-primas sintéticas. Após a extração, o material deve ser desagregado e moído e, em alguns casos, também purificado.

Preparação da massa: a constituição pode ter duas ou mais matérias-primas, além da água e aditivos. Desta forma, na etapa de preparação da massa é feita a dosagem dessas matérias-primas e aditivos para que as massas apresentem as características corretas de cada tipo de material cerâmico; no geral, podem ser classificadas em:

- suspensão (barbotina): massa utilizada para peças em moldes de gesso ou resinas;

- massas secas ou semissecas: para obtenção de peças por prensagem;

- massas plásticas: obtenção de peças por extrusão, que podem ser seguidas por prensagem.

Formação das peças: existem diversos tipos de cerâmicas, e sua formação dependerá da geometria, dos fatores econômicos e características esperadas do produto. A prensagem, colagem, extrusão e torneamento são os métodos mais utilizados.

• Prensagem: utilizam-se massas granuladas, com baixo teor de umidade; existem diversos tipos de prensa que têm como princípio básico comprimir a peça em um determinado molde.

• Colagem ou fundição: consiste em colocar a massa em um molde de gesso para que a água seja absorvida e para que tenha a forma interna do molde de gesso.

• Extrusão e torneamento: a massa é colocada em uma extrusora na qual será compactada e forçada a sair por um determinado bocal, em seguida, é cortada obedecendo, assim, a um determinado molde.

Tratamento térmico: é fundamental no processo de obtenção dos produtos cerâmicos e são divididos em duas etapas:

• Secagem: após a etapa de formação da peça, elas, em geral, ainda apresentam água. Para evitar defeitos, é realizada a secagem de forma lenta e gradual.

• Queima: nesta etapa os produtos adquirem suas propriedades finais; após a secagem, as peças são submetidas a elevadas temperaturas e cada tipo de material seguirá um processo diferenciado, de acordo com sua aplicação.

Acabamento: a maioria dos produtos cerâmicos é retirada do forno e, após a inspeção, está pronta para ser comercializada; porém, alguns necessitam passar pelo processo de acabamento para atender a alguma característica, que pode ser polimento, corte, furação etc.

Esmaltação e decoração: diversos produtos, como louças sanitárias e revestimentos, recebem uma camada fina de esmalte ou vidrado que, após a queima, fornece o aspecto vítreo às peças. Alguns materiais podem também ser submetidos à decoração.

A Figura 3.3 mostra algumas etapas do processo de fabricação.

Figura 3.3 | Processo de fabricação de materiais cerâmicos

[a] [b] [c]

Fontes: <https://alemdainercia.wordpress.com/2015/10/09/materiais-de-construcao-civil-ii-materiais-ceramicos/> <http://academico.riogrande.ifrs.edu.br/~elena.oliveira/Materiais%20de%20Constru%E7%E3o%20Civil/Semin%E1rios/Materiais%20Cer%E2micos.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2017.

Principais aplicações dos materiais cerâmicos na construção civil

Cerâmica vermelha

Como o nome sugere, esse tipo de cerâmica compreende os materiais que possuem a cor avermelhada e, dentro da construção civil, podemos citar os tijolos, telhas, blocos, lajes, materiais de revestimentos, pisos etc. A seguir, serão apresentados alguns desses principais materiais.

Blocos cerâmicos

De forma geral, é esperado que os blocos cerâmicos apresentem:

• resistência à compressão.

• capacidade de aderência a argamassas.

• durabilidade em relação aos agentes agressivos (variação de temperatura, umidade e produtos químicos).

• dimensões uniformes.

• resistência ao fogo.

Blocos cerâmicos maciços (tijolos)

Os blocos cerâmicos maciços ou tijolos apresentam o formato de paralelepípedo; são amplamente aplicados na construção civil, seja de forma artesanal ou industrial. Sua fabricação pode ocorrer através de extrusão ou prensagem.

Algumas características devem ser observadas, como a ausência de eflorescências, queima uniforme da peça e formato. Os tijolos comuns têm suas dimensões nominais, de acordo com a Tabela 3.1 da NBR 15270-1:

Tabela 3.1 | Dimensões nominais dos tijolos cerâmicos

Dimensões modulares L x H x C	Dimensões nominais - mm			
Módulo dimensional M = 100 mm	Largura L	Altura H	Comprimento C	
			Tijolo principal	1/2 tijolo

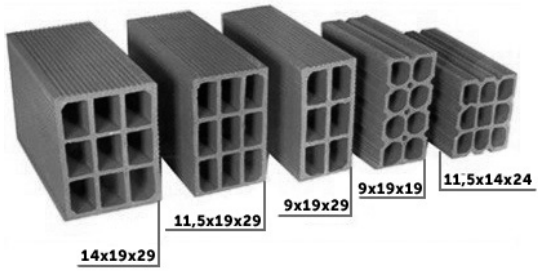
(1) M x (5/8) M x (2) M	90	53	190	90
(1) M x (5/8) M x (5/2) M			240	115
(1) M x (2/3) M x (2) M		57	190	90
(1) M x (2/3) M x (5/2) M			240	115
(1) M x (3/4) M x (2) M		65	190	90
(1) M x (3/4) M x (5/2) M			240	115
(1) M x (1) M x (2) M		90	190	90
(1) M x (1) M x (5/2) M			240	115
(5/4) M x (5/8) M x (2) M	115	53	190	90
(5/4) M x (5/8) M x (5/2) M			240	115
(5/4) M x (2/3) M x (2) M		57	190	90
(5/4) M x (2/3) M x (5/2) M			240	115
(5/4) M x (3/4) M x (2) M		65	190	90
(5/4) M x (3/4) M x (5/2) M			240	115
(5/4) M x (1) M x (2) M		90	190	90
(5/4) M x (1) M x (5/2) M			240	115
(5/4) M x (5/4) M x (2) M		115	190	90
(5/4) M x (5/4) M x (5/2) M			240	115
(5/4) M x (5/4) M x (3) M			290	140
(3/2) M x (5/8) M x (2) M	140	53	190	90
(3/2) M x (5/8) M x (5/2) M			240	115
(3/2) M x (5/8) M x (3) M			290	140
(3/2) M x (2/3) M x (2) M		57	190	90
(3/2) M x (2/3) M x (5/2) M			240	115
(3/2) M x (2/3) M x (3) M			290	140
(3/2) M x (3/4) M x (2) M		65	190	90
(3/2) M x (3/4) M x (5/2) M			240	115
(3/2) M x (3/4) M x (3) M			290	140
(3/2) M x (1) M x (5/2) M		90	240	115
(3/2) M x (1) M x (3) M			290	140
(3/2) M x (5/4) M x (5/2) M		115	240	115
(3/2) M x (5/4) M x (3) M			290	140

Fonte: ABNT (2017a).

Blocos cerâmicos vazados (tijolos furados)

Os blocos cerâmicos vazados possuem furos prismáticos ou cilíndricos, apresentam dimensões maiores que os maciços e são mais leves. São fabricados mecanicamente e têm dimensões variadas, como mostra a Figura 3.4.

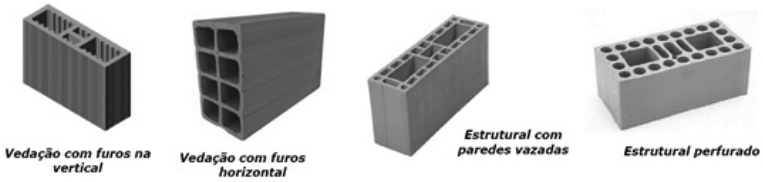
Figura 3.4 | Diferentes dimensões dos blocos cerâmicos vazados



Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/1664666/>. Acesso em: 21 jun. 2017.

Os blocos podem ser classificados como estruturais e de vedação. Os estruturais, como o próprio nome já diz, são adequados para suportar as cargas da estrutura, substituindo vigas e pilares de concreto armado; já os de vedação são utilizados em paredes de divisórias externas e internas e precisam apenas suportar o seu próprio peso. A Figura 3.5 apresenta alguns exemplos de blocos de vedação e estruturais, também conhecidos como portantes.

Figura 3.5 | Tipos de blocos de vedação e estrutural



Fonte: <https://pt.slideshare.net/AquilesCampagnaro/cermicas-26467332>. Acesso em: 18 ago. 2017.

Reflita

As vantagens em utilizar os blocos cerâmicos vazados em relação aos maciços:

- Menor peso por unidade de volume.
- Menor propagação de umidade entre peças.
- Melhor isolante térmico e acústico.
- Custo menor de mão de obra e de material.

Em relação às propriedades mecânicas, a resistência à compressão mínima deve atender à norma NBR 15270-1, que classifica os blocos, conforme mostra a Tabela 3.2:

Tabela 3.2 | Resistência à compressão dos blocos cerâmicos vazados

Classe		Resistência característica mínima do bloco (MPa)
Vedação	VED15	1,5
	VED30	3,0
	VED40	4,0
Estrutural	EST60	6,0
	EST80	8,0
	EST100	10,0
	EST140	14,0
	EST160	16,0
	EST180	18,0
	EST200	20,0

Fonte: ABNT (2017).

Em relação às condições de aceite do material, alguns itens devem ser verificados, como:

- a peça não deve apresentar defeitos (trincas, quebras, irregularidades e deformações que impeçam seu emprego).
- o som, ao bater na peça, deve ser como de um material metálico.
- a absorção de água ideal é entre 8 a 22%.
- dimensões, esquadro e planicidade das faces conforme especificação.

Pesquise mais

Leia a norma dos blocos cerâmicos:

• NBR 15270/2017 - Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos.

Telhas

As telhas são utilizadas como material de vedação de telhados e coberturas. Como são o primeiro material a ter contato com o exterior da edificação, elas devem resistir à ação de chuvas, ventos, poeiras, ruídos e demais intempéries. Assim como os outros materiais cerâmicos, as telhas são bem antigas e continuam sendo uma opção de ótima relação custo-benefício.

As telhas cerâmicas são oferecidas no mercado com uma enorme variedade de formas e tamanhos, as principais exigências a serem atendidas são:

• queima uniforme na peça.

• peso reduzido.

• pouca absorção de água e características impermeáveis.

• baixa porosidade.

• resistência à flexão.

• regularidade de dimensões, coloração e forma.

• superfície sem rugosidade e com arestas finas.

Além disso, não devem apresentar fissuras, quebras ou rebarbas que possam prejudicar o encaixe entre as telhas. As características desse material envolvem:

• isolamento térmico e acústico.

• difusão de vapor, através da porosidade; a argila absorve a umidade interior da cobertura nos dias úmidos e chuvosos e a elimina através da ação do vento ou calor.

• pouca variação de volume por umidade ou expansão térmica.

• resistência ao fogo, já que por natureza as argilas não são inflamáveis.

As telhas podem ser dividas basicamente de acordo com seu encaixe ou sobreposição, conforme demonstrado na Quadro 3.1 e exemplificado na Figura 3.6.

Quadro 3.1 | Tipos de telhas cerâmicas

Tipos de telhas	Exemplos
Planas de encaixe	Telhas francesas
Compostas de encaixe	Telhas romanas
Simples de sobreposição	Telhas capa, colonial, plan, paulista
Planas de sobreposição	Telhas alemãs

Fonte: ABNT (2005).

Figura 3.6 | Tipos de telhas cerâmicas

Fonte: adaptada de <http://toketo.com.br/quais-tipos-telhas/>. Acesso em: 5 set. 2009.

No geral os dois tipos mais comercializados são a francesa (plana de encaixe) e a colonial (sobreposição), segue na Tabela 3.3 algumas características comparativas entre elas:

Tabela 3.3 | Análise comparativa entre telhas cerâmicas francesas e colonial

Característica	Francesa	Colonial
Peso por unidade	2 a 7 kg	1,7 a 2 kg
Quantidade por m^2	16	24 a 30
Peso/m^2 de cobertura	32 a 43 kg	34 a 52 kg
Inclinação mínima (%)*	36%	25%
Preço	A francesa é mais baixa	
Estética	A colonial tem uma estética superior	
Madeiramento	Através do peso/m^2, em geral, as telhas francesas têm o madeiramento mais econômico	
* Inclinação ou caimento é calculado através da altura dividida pela base, multiplicado por 100 (valor em porcentagem).		

Fonte: elaborada pelo autor.

Pesquise mais

Para saber mais, consulte as normas da ABNT:

• NBR 8039 – Projeto e execução de telhados com telhas cerâmicas tipo francesa - Procedimento

• NBR 15310 – Componentes cerâmicos — telhas — terminologia, requisitos e métodos de ensaio

Revestimentos cerâmicos

A utilização do revestimento cerâmico vem desde o século XV. Esses revestimentos podem ser obtidos através do processo de extrusão ou prensagem, podem ou não apresentar uma face esmaltada e outra face porosa (face de assentamento). Os revestimentos cerâmicos possuem diversas características que auxiliam na escolha do material mais adequado a cada caso:

Absorção de água: está relacionada à porosidade e à permeabilidade do material, quanto maior a qualidade, menor a absorção de água.

Resistência à abrasão: é definida através do desgaste superficial do revestimento através do tráfego das pessoas, pneus etc.

Exemplificando

Os revestimentos cerâmicos são classificados de acordo com sua resistência à abrasão, conforme Quadro 3.2.

Quadro 3.2 | Classificação dos revestimentos cerâmicos - resistência à abrasão

Grupo	Resistência	Usos recomendados
PEI 1	Baixa	Banheiros e dormitórios
PEI 2	Média	Ambientes sem portas para o exterior
PEI 3	Média alta	Cozinhas, corredores e halls residenciais, sacadas e quintais
PEI 4	Alta	Áreas comerciais, hotéis, salões de vendas, show rooms.
PEI 5	Altíssima	Áreas públicas ou de grande circulação: shopping centers, aeroportos etc.

Fonte: elaborada pelo autor.

Resistência a agentes químicos: podem ser classificados em três classes: Classe A, de elevada resistência a agentes químicos; classe B, média resistência; e classe C, baixa resistência.

Facilidade de limpeza: os revestimentos cerâmicos são classificados de classe 1 até classe 5, de acordo com a impossibilidade de remoção de manchas até a máxima facilidade de remoção.

Em relação aos critérios de inspeção, alguns itens dos revestimentos cerâmicos devem ser observados no momento da compra e recebimento dos materiais, como a classe de abrasão, tonalidade do produto, tipo de revestimento, os detalhes para rejeição de lotes e outros detalhes, descritos na norma NBR 13818/1997.

Outras aplicações da cerâmica vermelha

Manilhas e tubos cerâmicos: utilizados para canalização de águas pluviais e esgotos sanitários.

Peças redutoras de peso: elementos utilizados na confecção de lajes pré-moldadas para preenchimento.

Elementos vazados: elementos que não têm função estrutural, porém são utilizados para ventilação e iluminação de ambientes (conhecido também como "Cogobó").

Pesquise mais

Para saber mais, consulte as normas da ABNT

- NBR 13816:1997 - Placas cerâmicas para revestimento – terminologia
- NBR 13817:1997 - Placas cerâmicas para revestimento – classificação
- NBR 13818:1997 - Placas cerâmicas para revestimento - especificação e métodos de ensaios
- NBR 5645:1991 – Tubos cerâmicos para canalizações

Cerâmica branca

A cerâmica branca recebe esse nome por apresentar um corpo branco e, em geral, são recobertas por uma camada vítrea, como exemplo, temos: louças sanitárias: lavatórios, bacias sanitárias e mictórios.

Sem medo de errar

Você, aluno recém-formado, engenheiro responsável pela construção de uma residência, ao verificar o projeto de estrutura da construção e a forma construtiva definida teve que definir o tipo de bloco cerâmico mais adequado para a alvenaria de vedação.

Na comparação dos blocos cerâmicos vazados com os maciços, vimos as seguintes vantagens:

- menor peso por unidade de volume.
- menor propagação de umidade entre peças.
- melhor isolante térmico e acústico.
- custo menor de mão de obra e de material.

Desta forma, a opção mais vantajosa e rápida para a construção da alvenaria seria a utilização de blocos cerâmicos vazados.

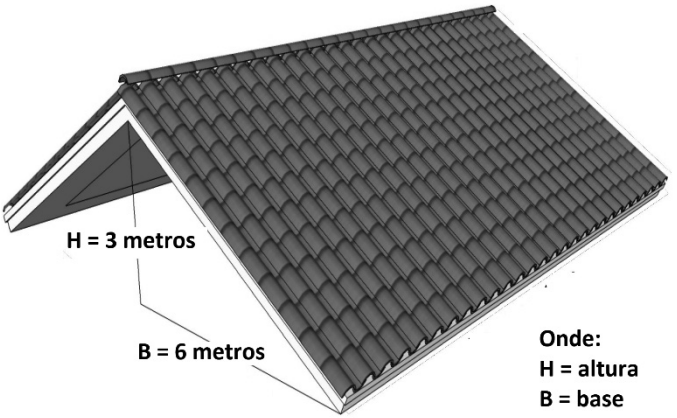
Avançando na prática

Telha para a edificação

Descrição da situação-problema

Ao analisar o projeto de cobertura de uma edificação, o engenheiro depara-se com as seguintes informações, ilustradas na Figura 3.7:

Figura 3.7 | Projeto esquemático do telhado



Fonte: elaborada pelo autor.

Área total de telhado de aproximadamente 100 m^2.

Considerando a inclinação do projeto e a preocupação com a estética da edificação, qual das telhas cerâmicas seria mais adequada? A francesa ou a colonial? Quantas telhas deverão ser compradas para atender ao projeto?

Resolução da situação-problema

Primeiramente, calcularemos a inclinação do telhado para verificar se atende aos requisitos mínimos dos dois tipos de telhas. Como visto anteriormente, a inclinação pode ser calculada através da divisão da altura pela base, multiplicada por 100. Desta forma, temos:

H (altura) = 3 m

B (base) = 6 m

Fórmula da inclinação:

$$i = \frac{H}{B} x100 = \frac{3}{6} x100 = 50\%$$

Com 50% de inclinação, ela atende à inclinação mínima exigida para os dois tipos de telhas, tanto a francesa (36%) quanto a colonial (50%), porém o cliente está preocupado também com a estética do elemento. Neste caso, então, a telha cerâmica ideal será a colonial.

Após a definição pela utilização da telha colonial, deve-se calcular a quantidade de peças necessárias para atender à área do telhado. Na Tabela 3.4 (análise comparativa entre telhas cerâmicas francesa e colonial), é apresentada a quantidade de peças necessárias por metro quadrado.

O consumo da telha colonial varia de 24 a 30 peças/m^2. Para fins de cálculos teóricos, utilizaremos um valor médio intermediário:

$$\text{Número médio de peças} = \frac{30 - 24}{2} = 28 \text{ peças/m}^2$$

Assim, para 100 m^2 de telhado, teremos:

$$\text{Total de peças} = 28 \frac{\text{peças}}{m^2} x100m^2 = 2.800 \text{ peças}$$

Desta forma, para atender ao projeto deverão ser compradas 2.800 telhas do tipo colonial para o telhado da residência.

Faça valer a pena

1. As telhas são utilizadas como material de vedação de telhados e coberturas. Como são o primeiro material a ter contato com o exterior da edificação, elas devem resistir à ação de chuvas, ventos, poeiras, ruídos e demais intempéries.
As exigências que devem ser atendidas para a correta funcionalidade das telhas são:
a) Peças com queima forte, pouca absorção de água, alta porosidade e superfície sem rugosidade.
b) Peças com queima uniforme, alta resistência à flexão, pouca absorção de água, baixa porosidade e superfície sem rugosidade.
c) Peças com baixa resistência à flexão, superfície sem rugosidade, impermeável e com baixa porosidade.
d) Regularidade de dimensões, queima uniforme, alta absorção de água,

superfície com arestas grossas.
e) Alta resistência à flexão, baixa porosidade, queima uniforme na peça, isolante térmico e alta absorção de água.

2. O processo de fabricação dos materiais cerâmicos inicia com a extração da matéria-prima e sua preparação através da desagregação e moagem do material e, em alguns casos, também a purificação dele.
Na etapa seguinte à preparação da matéria-prima é realizada a preparação da massa para formação das peças. Nesta etapa, como podem ser classificadas as massas?
a) Prensadas, fundidas e torneadas.
b) Acabadas, esmaltadas e decoradas.
c) Seca, plástica e com queima.
d) Prensadas, coladas e torneadas.
e) Suspensão (barbotina), massas secas e massas plásticas.

3. Os blocos cerâmicos podem ser classificados como estruturais e de vedação. Os estruturais, como o próprio nome já diz, são adequados para suportar as cargas da estrutura, substituindo vigas e pilares de concreto armado. Já os de vedação são utilizados em paredes de divisórias externas e internas e precisam apenas suportar o seu peso próprio.
Em relação ao aceite dos blocos cerâmicos, devem ser observadas as seguintes características:
I) A peça não deve apresentar defeitos (trincas ou quebras, por exemplo).
II) O som, ao bater na peça, deve ser abafado.
III) A absorção ideal varia de 1 a 25%.
IV) As dimensões e planicidade da peça devem estar conforme especificação.
Quais das afirmativas estão corretas?
a) II e III.
b) Apenas a I.
c) I e III.
d) I, III e IV.
e) I e IV.

Seção 3.2

Madeira e materiais derivados

Diálogo aberto

Na seção anterior, estudamos os materiais cerâmicos, suas principais propriedades, origem, características, processo de fabricação e as principais aplicações na construção civil, cerâmica vermelha e cerâmica branca. Nessa seção, estudaremos os materiais de madeira e seus derivados. Para isto, conheceremos sua origem, processo de produção, características físicas e mecânicas e, por fim, os principais produtos utilizados na construção civil.

Devido à tradição herdada dos colonizadores da América Latina, o uso da madeira em edificações ainda enfrenta alguns preconceitos frente a outros materiais. Desta forma, a madeira na construção civil, muitas vezes, é aplicada de forma temporária, como em escoramentos, fôrmas, andaimes e de forma definitiva em estruturas de coberturas, esquadrias, forros e pisos, porém, hoje, com novas tecnologias e a globalização o cenário vem se transformando e a madeira na construção civil está sendo cada vez mais aplicada para fins mais definitivos.

Com o avanço da construção, diversas decisões devem ser realizadas em relação aos materiais aplicados na obra. Você, aluno, deverá compreender os diferentes tipos de materiais de madeira que serão utilizados na obra residencial na qual você é o engenheiro responsável.

Durante a análise do projeto, você, aluno, deparou-se com inúmeros produtos de madeira que serão aplicados na obra, como:

- fôrmas para a concretagem dos pilares.
- escoramento da laje.
- cobertura do telhado.
- portas.

No momento da compra e recebimento desses materiais, o que deve ser observado para garantir a qualidade de sua aplicação? Quais as características de umidade e de especificação para cada material?

Devido ao grande conteúdo que esse tema oferece, além do material proposto, recomenda-se ao aluno realizar pesquisas e leitura de materiais de apoio.

Boa leitura!

Não pode faltar

A madeira possui diversas propriedades que a tornam atraente em relação a outros materiais. Entre essas propriedades, podemos destacar o baixo consumo de energia para processamentos, alta resistência, bom isolamento térmico e elétrico, além de ser um material de fácil trabalhabilidade, seja manualmente ou através de máquinas.

A madeira é um material produzido por tecidos de plantas lenhosas e tem função de sustentação mecânica, sendo o principal produto mercantil florestal. Em relação à análise química da madeira, ela é heterógena, sendo constituída por três principais elementos: celulose, hemicelulose e lignina, sendo a maior parte de celulose (em torno de 50%) e os demais componentes em menor quantidade, aqueles chamados de extrativos, encontrados na casca das árvores (terpenos, óleos, graxas e corantes).

Na construção civil, o uso da madeira é feito de forma temporária, no caso de escoramentos, fôrmas, andaimes, e de forma definitiva em estruturas de coberturas, esquadrias, forros, pisos e casas pré-fabricadas. A Figura 3.8 apresenta essas principais aplicações.

Figura 3.8 | Principais aplicações da madeira na Construção Civil

Fonte: elaborada pelo autor.

Exemplificando

O maior edifício feito de madeira é a Igreja Ortodoxa na Rússia, em Kizhi Pogost (Figura 3.9), construída há mais de 150 anos totalmente em madeira, sem utilização de pregos de ferro ou placas metálicas.

Figura 3.9 | Igreja de madeira em Kizhi Pogost

Fonte: <http://www.istockphoto.com/br/foto/catedral-da-transfigura%C3%A7%C3%A3o-intercession-gm90827522-1764770>. Acesso em: 31 ago. 2017.

Vantagens da utilização da madeira na construção civil

Como a madeira é um material que está disponível na natureza e tem capacidade de renovação, seu custo de extração e processamento é relativamente baixo. Em relação à resistência, a madeira apresenta boa resistência mecânica para esforços de tração, compressão e flexão, além disso, tem boa absorção a impactos, resistindo a choques e às cargas dinâmicas.

Devido à sua composição, seu peso próprio é baixo (comparado à resistência mecânica), possui boa trabalhabilidade, boa absorção acústica e isolamento térmico e uma vida útil longa com baixo custo de manutenção.

Restrições de aplicação da madeira na construção civil

Algumas das restrições da aplicação da madeira na construção estão relacionadas ao processo de transformação da madeira, como, a falta de tratamentos, secagem insuficiente e outras restrições relacionadas à própria característica de constituição da madeira, das quais se pode citar:

• inflamável e biodegradável.

• material orgânico: em determinados ambientes ou dependendo do tratamento a madeira pode se deteriorar.

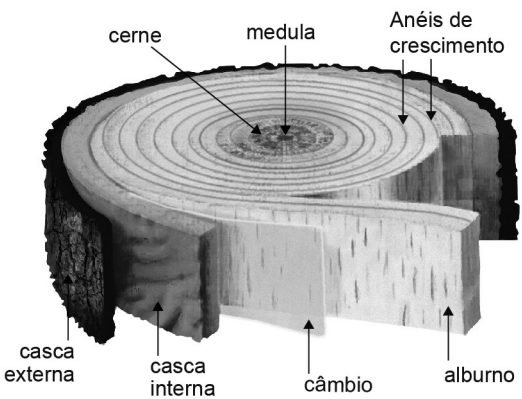
• dependendo da aplicação, as dimensões podem ser limitadas.

Assimile

Anatomia da madeira

Para um melhor entendimento sobre a aplicação da madeira na construção civil, é importante conhecer sua anatomia. O tronco de uma arvore é formado por partes bem caracterizadas. Veja a secção transversal do tronco apresentado na Figura 3.10.

Figura 3.10 | Seção transversal do tronco – anatomia do caule



Fonte: <https://www.slideshare.net/JuNNioRe/madeira-propriedades-processos-de-fabricao-e-aplicaes>. Acesso em: 29 jun. 2017.

• **Casca**: tem a função de proteger contra agentes externos. A parte interna, conduz a seiva elaborada das folhas para o tronco. A parte externa da casca é morta, chamada cortiça. Esta parte não tem utilidade como material de construção, porém, pode ser aproveitada como material termoacústico e acabamento.

• **Câmbio**: é formado por tecido vivo, sendo responsável pelo crescimento dos anéis. É a camada invisível a olho nu, que se situa entre a casca e o lenho.

• **Anel de crescimento**: é a camada de tecido lenhoso formada

anualmente e permite caracterizar as direções de crescimento do material, podendo ser: axial, seguindo o eixo da árvore; tangencial, tangente aos anéis; ou radial, normal aos mesmos.

• **Lenho**: é o núcleo do tronco, sendo a parte mais resistente da árvore. Desta forma é a parte interessante para ser utilizada como material de construção civil. O lenho é constituído por duas partes: alburno e cerne.

• **Alburno**: é a parte externa, constituída por células vivas. Tem a função de transportar a seiva e de oferecer resistência contra esforços externos.

• **Cerne**: é a parte interna, constituída por células mortas, sendo menos sujeita ao ataque de insetos e fungos. Tem mais dureza, compacidade, peso e durabilidade que o alburno.

• **Medula**: é a parte central do tronco da madeira. É uma estrutura mole, de cor escura, formada por tecido esponjoso. Não tem resistência mecânica nem durabilidade.

Produção da madeira

Em geral, o processo de produção da madeira passa por cinco fases: corte da árvore, toragem, falquejamento, desdobro e beneficiamento.

Corte da árvore

O corte deve ser realizado em épocas apropriadas, e geralmente acontece no inverno, pois nesta época as toras secam melhor e mais lentamente, o que evita o aparecimento de rachaduras ou fendas que são o meio de acesso para os agentes que deterioram a madeira.

Toragem

A toragem consiste no processo de retirada dos galhos do tronco e do corte em um tamanho adequado para que possa facilitar o transporte, geralmente em torno de 5 a 6 metros, nessa etapa também pode haver cortes e descascamento do tronco.

Falquejamento

Nessa etapa serão realizados os cortes longitudinais da madeira.

Cada tora fica com uma seção em tamanho retangular, o que impede que haja tombamento no transporte, além de otimizar espaço entre os troncos.

Desdobro

Consiste na etapa final para transformar o tronco em material da construção. São realizados os cortes das toras de madeira que podem ser feitos de duas maneiras: normal ou radial.

• Desdobro normal: o corte é feito paralelo. Produz peças inteiras, lado a lado do tronco. Este processo produz peças de menor qualidade, porém de menor custo de produção. As madeiras oriundas deste processo são utilizadas como peças decorativas, em função da sua grande variação dimensional e grandes defeitos de secagem.

• Desdobro radial: o corte é feito na direção do raio. Este processo produz peças de maior qualidade, porém de maior custo de produção. As madeiras oriundas deste processo são utilizadas como elementos construtivos, em função do excelente desempenho estrutural, com baixa variabilidade dimensional e sem defeitos de secagem.

Beneficiamento

Após a serragem ou corte, a peça passa pelo processo de padronização de medidas, o beneficiamento é o processo de acabamento da peça para permitir seu uso aparente. O beneficiamento abrange a:

• secagem da madeira.

• preservação ou tratamento.

• madeira transformada.

Pesquise mais

Pesquise mais sobre os tipos de madeira de construção:

• madeiras maciças: madeira bruta ou roliça, madeira falquejada e madeira serrada;

• madeiras industrializadas: madeira compensada, madeira laminada e colada e madeira recomposta.

As espécies de madeira mais utilizadas no Brasil são: ipê, peroba rosa, eucalipto, pinho, jatobá, maçaranduba, garapa, cumaru, aroeira e itaúba.

Saiba mais sobre os tipos de madeiras para a construção civil acessando o site: <http://www.ipt.br/noticia/754-madeiras_na_construcao.htm> (Acesso em: 18 ago. 2017) e leia o *Catálogo de Madeiras Brasileiras para a Construção Civil* – IPT. São Paulo, 2013.

Leia também a NBR 7190: projeto de estrutura de madeira.

Propriedades físicas e mecânicas da madeira

Como visto anteriormente, existem diversas espécies de madeira e, como ela não é um material homogêneo, o conhecimento de suas propriedades é importante para o melhor aproveitamento do material.

Em relação às suas propriedades físicas, que são caracterizadas para seu emprego na construção civil, destaca-se a umidade, as alterações de dimensões causadas pelo ganho ou perda de água (retratibilidade). As propriedades mecânicas focam na avaliação da aptidão da madeira para suporte de solicitações mecânicas, quando usualmente são verificadas a resistência, rigidez e elasticidade. A seguir serão apresentadas em detalhes essas propriedades.

Umidade

Antes de iniciar o estudo da umidade, é necessário compreender como a água pode estar presente na madeira.

- Água de constituição: está presente na combinação química dos tecidos lenhosos. Mesmo quando seca em estufa essa água não é retirada da madeira.

- Água de impregnação: representa a madeira úmida, seu inchamento que pode causar variação de volume; as paredes das células estão completamente saturadas.

- Água livre: vai preencher os vazios celulares após as paredes das células estarem saturadas, a presença dessa água não provoca alteração do volume do material.

A umidade da madeira é o percentual de água contido em sua estrutura e sua determinação pode ser feita através da equação que segue; pode ser classificada, de acordo com sua umidade, conforme Tabela 3.5.

$$w\% = \frac{Ph - Ps}{Ps} x100$$

Em que: w = teor de umidade

Ph = peso da madeira

Ps = peso da madeira seca em estufa

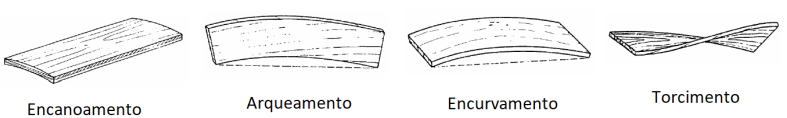
Tabela 3.5 | Nomenclatura em diversos estados da madeira

Tipo de madeira	**Teor de umidade (w)**
Madeira verde	Acima de 30%
Madeira semisseca	23 < w < 30%
Madeira comercialmente seca	18 < w < 23%
Madeira seca ao ar	18 < w < 13%
Madeira dessecada	0 < w < 13%
Madeira completamente seca	w = 0%

Fonte: elaborada pelo autor.

A madeira empregada deve ser a seca, com o teor de umidade em equilíbrio com o ambiente, essa secagem pode ser feita de forma natural ou artificial, sendo que a artificial tem seu processo acelerado e a temperatura e umidade podem ser controladas. Geralmente esse tipo de secagem traz às peças uma maior resistência mecânica e também a agentes de deterioração. Alguns defeitos podem surgir nas peças no caso de secagens inadequadas. A Figura 3.11 mostra as reações que as madeiras podem apresentar.

Figura 3.11 | Defeitos oriundos do processo de secagem



Fonte: adaptada de <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/carmeane/materiais/AULA_12___MADEIRA_2014_04_11_2014.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2017.

A importância em verificar a umidade da madeira deve-se ao fato de que uma madeira úmida sofre alterações de volume e dimensões (retratibilidade). Dependendo da finalidade do uso do elemento, a modificação de sua forma pode originar patologias (trincas, fissuras, rupturas etc.). Desta maneira, deve-se utilizar a madeira com teor de umidade adequado para cada tipo de aplicação.

Variação dimensional: retratibilidade

A retratibilidade é a propriedade que a madeira tem de sofrer alterações de dimensões e volume quando o teor de umidade varia. Esse processo acontece através do inchamento ou da retração. Sua condição de uso deve atender aos locais que serão aplicados. A Tabela 3.6 mostra essa relação.

Tabela 3.6 | Relação de umidade da madeira e locais e tipos de aplicações

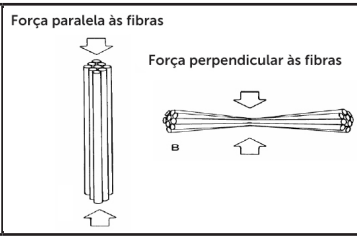
Locais / Tipos de construções	**Condição da madeira a ser empregada**
Locais submersos ou que tenham contato com água	Saturadas, com mais de 30%
Construções expostas ao tempo, como postes, torres etc.	Umidade de 18 a 23%
Construções abertas, como galpões e hangares	Umidade de 13 a 18%
Locais fechados e secos (telhado)	Secas ao ar
Locais fechados e aquecidos	Umidade entre 10 a 12%
Locais com aquecimento artificial	Seca artificialmente

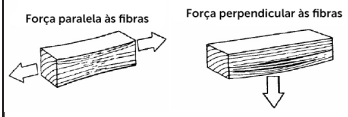
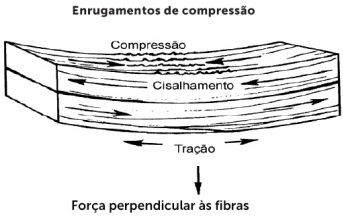
Fonte: elaborada pelo autor.

Resistência mecânica

O Quadro 3.3 apresenta os tipos de solicitações mecânicas que as madeiras podem sofrer e como é seu comportamento.

Quadro 3.3 | Comportamento da madeira em relação a diferentes solicitações mecânicas

Tipo de resistência		**Comportamento**
Resistência à compressão		Grande resistência às forças paralelas, porém as solicitações de forma perpendicular às fibras podem pressioná-las e causar esmagamento.

Resistência à tração		Forças paralelas às fibras têm deformação baixa; já forças perpendiculares às fibras têm baixa resistência e podem causar o rasgamento do material
Resistência ao cisalhamento		Forças perpendiculares às fibras têm alta resistência; já as forças paralelas possuem menor resistência.
Resistência à flexão		Quando solicitada à flexão simples, ocorrem quatro tipos de esforços: compressão e tração paralela às fibras, cisalhamento e compressão.

Fonte: elaborado pelo autor.

Fatores que influenciam as propriedades das madeiras:

- densidade.
- umidade.
- defeitos de secagem.
- defeitos de processamento.
- ataques biológicos: fungos, cupins e perfuradores.

Reflita

Mesmo quando a madeira for aplicada em condições temporárias, como escoramentos, fôrmas e andaimes, é importante escolher bem a espécie e checar itens como dimensões, teor de umidade e existência de defeitos naturais ou causados pelo processamento.

Aplicações de materiais de madeira e derivados na construção civil

A seguir, serão apresentados os principais produtos utilizados na construção, os tipos de madeira usualmente aplicados e as condições de umidade que as peças devem apresentar.

Piso

Na construção civil utilizam-se diversos tipos de peças de madeira serrada e beneficiada em pisos (tacos, parquetes, tacões, tábuas corridas) como assoalhos domésticos. A madeira mais utilizada ou de referência é a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*). As peças de madeira para este uso devem ser secas artificialmente em estufas, o armazenamento deve ser em local coberto e ventilado para evitar a ação da água.

Andaimes, escoramento e fôrmas para concreto

Na construção civil também se utilizam as peças de madeira serrada na forma de tábuas e pontaletes para serem empregados como andaimes, escoramento e fôrmas para concreto. A madeira mais utilizada é a pinho-do-paraná (*Araucaria angustifólia*). As peças de madeira com estes usos temporários devem ser madeiras comercialmente secas com 18 a 23% de umidade, o armazenamento deve também ser em local coberto e ventilado para evitar a ação da água.

Estrutura de cobertura

Para a cobertura da estrutura nas edificações são usadas peças de madeira serrada na forma de vigas, caibros, pranchas e tábuas. A madeira mais utilizada é a peroba-rosa (*Aspidosperma polyneuron*). As peças de madeira com este uso devem ser madeiras secas ao ar. Desta maneira, devem-se comprar as peças com antecedência ao seu uso (de três a quatro meses) e armazená-las em local coberto, ventilado e apropriado para evitar a ação da água. Além disso, as peças devem estar sobre pontaletes de madeiras, sem contato com o solo. O local deve ter área com comprimento mínimo de 6,0 m para atender ao comprimento de comercialização.

Forros, lambris e guarnições

Além de forros de gesso, é muito comum o uso de peças de madeira serrada e beneficiada, como forros, painéis, lambris e guarnições, nos quais a madeira apresenta cor e desenhos considerados decorativos. A madeira mais utilizada é a madeira de imbuia (*Ocotea porosa*). As peças de madeira com estes usos devem ser madeiras bem secas, com 10 a 12% de umidade, o armazenamento deve ser em local coberto e

ventilado para evitar a ação da água.

Esquadrias (portas e janelas)

Na construção civil utilizam-se as peças de madeira serrada e beneficiada, como portas, venezianas, caixilhos. A madeira mais utilizada é de pinho-do-paraná (*Araucaria angustifolia*), o armazenamento deve ser em local seguro e protegido da ação da água. Além disso, devem-se estocá-los na posição de utilização da peça (vertical ou horizontal) e sem peso em cima, a fim de proteger todo o material do empeno. É importante que as peças recebam tratamentos adequados (selantes, vernizes etc.) antes da sua aplicação local.

Painéis de madeira

Os painéis surgiram com a necessidade de suprir algumas características da madeira maciça, como reduzir peso e custo, mantendo as propriedades da madeira. O desenvolvimento tecnológico no setor de painéis ocasionou o grande aumento de produtos, entre eles se destacam:

- compensado: utilizado para móveis, alambrados, divisórias de canteiro de obras etc.;

- chapas de fibra: a mais conhecida é o MDF – chapa de densidade média –, aplicados em rodapés e pisos.

Assimile

Cuidados com o armazenamento dos materiais de madeira

Alguns cuidados devem ser observados para que a madeira não estrague no canteiro de obras. O ideal é que as madeiras para as estruturas sejam utilizadas rapidamente e, caso não seja possível sua armazenagem, devem ser empilhadas e separadas por sarrafos, sempre protegidas de intempéries. Caso contrário, a madeira pode sofrer com retratibilidade, ataques de agentes biológicos, impossibilitando ou comprometendo seu uso.

Pesquise mais

Para saber mais sobre as vantagens e desvantagens do uso da madeira em estruturas de edificações acesse o artigo: *comparativo de sistemas construtivos, convencional e wood frame em residências unifamiliares* através do link: <revista.unilins.edu.br/index.php/cognitio/article/download/193/188>. Acesso em: 18 ago. 2017.

Sem medo de errar

Na obra residencial em que você, aluno, é o engenheiro responsável, os materiais de madeira devem ser comprados, estocados e preparados para a aplicação. Após verificar o projeto, você se deparou com as seguintes peças de madeira:

- formas para a concretagem dos pilares.
- escoramento da laje.
- cobertura do telhado.
- portas de madeira.

No momento da compra e recebimento desses materiais o que deve ser observado para garantir a qualidade de sua aplicação? Quais as características de umidade e de especificação para cada material?

Primeiramente, a compra desses materiais deve ser feita em estabelecimentos apropriados e que apresentem garantia da qualidade dos materiais. A Quadro 3.4 mostra a umidade ideal, cuidados e condições de armazenamento para cada tipo de peça que será empregada na obra.

Quadro 3.4 | Relação de materiais de madeira x umidade ideal x cuidados e condições de armazenamento

Materiais de Madeira	**Umidade Ideal**	**Cuidados e Condições de Armazenamento**
Fôrmas para concretagem	Madeiras comercialmente secas (18 a 23%)	Apesar de serem peças temporárias, seu armazenamento deverá ser feito em locais cobertos e ventilados para evitar a ação da água.
Escoramento da laje	Madeiras comercialmente secas (18 a 23%)	
Cobertura do telhado	Secas ao ar (umidade varia de 13 a 18%)	É aconselhável a compra com meses de antecedência para garantir a secagem ao ar; seu armazenamento deve ser em local coberto, ventilado e sobre pontaletes de madeira.
Portas de madeira	Madeira com tratamento (umidade dependerá da espécie da madeira e características da porta)	Locais protegidos de água, estocagem na posição de utilização da peça, sem peso em cima e em locais cobertos.

Fonte: elaborado pelo autor.

Em todos os casos é recomendável realizar testes através de amostragem dos lotes do material para verificar a umidade e características das peças (dimensões, planeza e esquadro), a fim de realizar o aceite no momento do recebimento do material. Deve ser observada também a presença de defeitos naturais das peças (nós, fendas e gretas) ou de processamento (empenamentos, rachaduras etc.) que podem afetar a qualidade e desempenho das peças de madeira.

Avançando na prática

Defeitos da madeira

Descrição da situação-problema

As peças de madeira têm características que podem afetar seu aspecto e, até mesmo, sua durabilidade. Defeitos podem se desenvolver a partir do crescimento da árvore, no corte ou na própria aplicação, em que a madeira, muitas vezes, permaneça exposta às ações do tempo. Quais os principais defeitos que a madeira pode apresentar?

Resolução da situação-problema

Os principais defeitos que a madeira pode apresentar em relação ao próprio crescimento da árvore e exposição a ambientes de calor e umidade são:

Nós: são provenientes de galhos no momento em que a madeira é extraída, esses nós podem provocar a inclinação das fibras. As fibras longitudinais reduzem a resistência à tração da peça de madeira e, em alguns casos, no momento do corte os nós podem se desprender e resultar em buracos na peça.

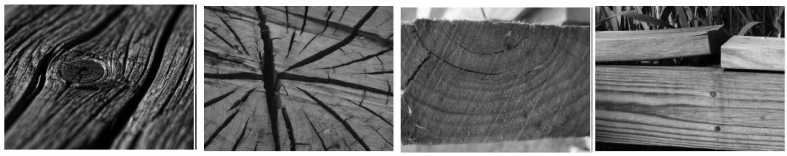
Fendas: surgem no cerne do tronco e são oriundas da secagem irregular; dependendo do tamanho da fenda, esta pode partir a seção do tronco em duas partes.

Gretas: são causadas pelas tensões internas do crescimento da árvore, ocasionadas pela ação do vento; as gretas provocam falhas no interior das peças causando a separação dos anéis.

Empenamento: é a deformação causada nas peças devido à exposição à umidade e ao calor, fazendo com que as peças se encurvem. No caso de encurvamento lateral, define-se como abaulamento e, quando longitudinais, são definidas como arqueamento.

A Figura 3.12 ilustra esses principais defeitos.

Figura 3.12 | Principais defeitos da madeira



Nós | Fendas | Gretas | Empenamento

Fonte: adaptada de <http://globalwood.com.br/defeitos-na-madeira/>. Acesso em: 1 jul. 2017.

Faça valer a pena

1. A madeira possui diversas características que a tornam vantajosa na utilização da construção civil, como boa resistência mecânica para esforços de tração, compressão e flexão, boa absorção a impactos, resistindo a choques e às cargas dinâmicas.

Apesar das vantagens da utilização da madeira na construção civil, quais os cuidados e restrições que devem ser considerados em sua aplicação?

a) Seu processo de produção é bastante oneroso.

b) Apesar de possuir bom isolamento térmico, sua absorção acústica é ruim.

c) É um material orgânico e, sem tratamentos adequados, pode sofrer deterioração.

d) Apesar de ser um material não inflamável, tem vida útil reduzida se comparada a outros materiais.

e) Seu peso próprio é baixo, porém tem um alto custo de manutenção.

2. A importância em verificar a umidade da madeira deve-se ao fato de que uma madeira úmida sofre alterações de volume e dimensões. Dependendo da finalidade do uso do elemento, a modificação de sua forma pode originar patologias, como trincas, fissuras e até rupturas.

Em relação à retratilidade da madeira, quais das afirmativas estão CORRETAS?

I) Quanto maior a variação de umidade e temperatura maior é a exposição da madeira à ação da retratibilidade.

II) A retratibilidade pode acontecer através do processo de inchamento e falquejamento.

III) A retratibilidade é a propriedade que a madeira tem de sofrer alterações de dimensões e volume quando o teor de umidade varia.

IV) Na construção civil, para evitar a retratibilidade, deve-se utilizar apenas madeiras completamente secas.

a) I, II e III.

b) II e IV.
c) I, II e IV.
d) I, III e IV.
e) I, II, III e IV.

3. Em geral, o processo de produção da madeira passa por cinco fases, sendo que uma delas é o desdobro que consiste na etapa final do processo de transformação da madeira em material de construção processado.
O desdobro pode ser realizado de duas maneiras: normal ou radial. Com relação ao desdobro normal, qual é a alternativa correta?
a) Possui menor custo de produção.
b) O corte é feito na direção do raio.
c) Este processo produz peças de maior qualidade.
d) As madeiras oriundas deste processo são utilizadas como elementos construtivos.
e) As peças oriundas deste processo apresentam excelente desempenho estrutural.

Seção 3.3

Materiais metálicos

Diálogo aberto

Na seção anterior, estudamos as madeiras e seus derivados através de sua origem, processo de produção, características físicas e mecânicas e, por fim, os principais produtos utilizados na construção civil. Nesta última seção, finalizaremos a unidade estudando os materiais metálicos, conheceremos suas propriedades e os principais metais aplicados na construção civil. Daremos um destaque especial ao aço.

Com as privatizações de empresas no setor siderúrgico, o Brasil adotou novas políticas para atender ao mercado da construção civil industrializado e o aço ganhou um espaço ainda maior no mercado brasileiro.

Com o avanço da construção, diversas decisões devem ser realizadas em relação aos materiais aplicados na obra. Você, aluno, deverá compreender os diferentes tipos de materiais metálicos que serão utilizados na obra residencial na qual você é o engenheiro responsável.

Durante a fase de compra das barras de aço (vergalhões) da obra, você precisará explicar ao novo estagiário como essas barras são classificadas e orientá-lo sobre o recebimento e estocagem desse material na obra. Quais serão suas orientações a fim de garantir a qualidade dos materiais empregados?

Como citado nas seções anteriores, devido à enorme quantidade de conteúdos que se referem ao tema, sugere-se ao aluno que complemente o estudo através de pesquisas e leituras de materiais de apoio.

Boa leitura!

Não pode faltar

Materiais metálicos

Os metais são um grupo de materiais muito importantes na construção civil devido às suas propriedades e diversos empregos. A sua importância durante a história do homem é tanta que as próprias divisões de tempo possuem seus nomes, como a Idade da Pedra e a Idade do Bronze. Desde essa época o homem utilizava o forno para fundir os metais e torná-los ferramentas para dominar animais e trabalhar na agricultura.

Os metais podem ser definidos como substâncias inorgânicas compostas por um ou mais elementos metálicos; em sua composição possuem uma estrutura cristalina, na qual os átomos estão organizados de forma ordenada, o que lhe proporciona propriedades como bons condutores térmicos e elétricos, boa resistência mecânica, ductilidade, e capacidade de permanecer resistente em altas temperaturas.

Assimile

Ligas metálicas: consistem na mistura homogênea de dois ou mais metais formando um determinado elemento. De modo geral, as ligas apresentam propriedades mecânicas e tecnológicas melhores que apenas um determinado metal. A exemplo, temos o aço (ferro e carbono), aço inoxidável (ferro, cromo e níquel), bronze (cobre e estanho), latão (cobre e zinco), solda (chumbo e estanho) etc.

Propriedades dos metais

As principais propriedades dos metais relevantes para a construção civil são:

- **Densidade**: normalmente são densos e possuem densidade elevada, que varia de metal para metal, mas, em geral, seu valor está entre 2,56 e 11,45 g/cm^3.

- **Condutibilidade elétrica**: os metais são bons condutores elétricos, inclusive o cobre e o alumínio são utilizados tradicionalmente para fios e cabos de transmissão de energia.

- **Condução de calor**: devido à presença de elétrons livres, que são dotados de movimento, os metais são também bons condutores térmicos.

- **Resistência à tração**: normalmente são muito resistentes às forças de tração, devido à forte ligação metálica que os torna difíceis de romper. Isso explica, por exemplo, sua utilização no concreto armado, uma vez que o aço é utilizado devido à baixa resistência aos esforços de tração do concreto que tem alta resistência à compressão, formando uma excelente combinação para ser aplicada em estruturas.

- **Ductibilidade**: essa propriedade consiste na capacidade de um material em sofrer deformação plástica em contraposição com a deformação elástica. Os metais são muito dúcteis, podem ser estriados em fios, laminados em folhas finas e martelados sem se partirem.

• **Maleabilidade**: permite que os corpos sejam moldados e deformados sem que se rompam. Os metais apresentam alta maleabilidade, facilitada com o aumento de temperatura.

• **Corrosão e oxidação**: um dos piores vilões da vida útil dos materiais metálicos, além da fadiga, são a corrosão e a oxidação. A corrosão pode ser definida pela ação química e eletroquímica a que os metais são expostos. Dessa forma, alguns cuidados devem ser tomados e prevenidos, dependendo do ambiente em que o metal está aplicado.

Materiais metálicos utilizados na construção civil

Existem diversos materiais metálicos utilizados na construção civil. A seguir, abordaremos alguns deles, suas características e principais aplicações.

Alumínio

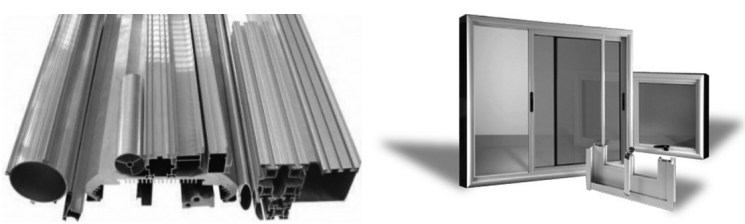
O alumínio está entre os metais mais utilizados no mundo. Seu principal minério é a bauxita, e foi encontrado pela primeira vez na França, em 1821. Seu peso específico varia de 2,56 a 2,70 g/m^3; é um bom condutor térmico e elétrico e tem boa resistência à corrosão; é um metal leve, com baixa densidade; na construção civil é utilizado em fios, cabos elétricos, revestimentos, coberturas, guarnições, arremates, esquadrias (portas e janelas), conforme ilustrado na Figura 3.13.

Formas de apresentação:

• Laminados: lâminas ou chapas.

• Extrusados: barras, fios e perfis.

Figura 3.13 | Barras, perfis e esquadrias de alumínio



[a] **[b]**

Fontes: <http://projetos.profissionaldobrasil.com.br/ddae/noticias/4081-consumo_de_aluminio_na_construcao_civil_cresce_37_5.html e http://dominioesquadrias.com.br/>. Acesso em: 4 maio 2017.

Cobre

O cobre é um metal que vem sendo utilizado desde o homem pré-

histórico. Ao se fundir com o estanho, resulta em uma liga metálica extremamente dura e resistente, o bronze. São utilizados em todos os tipos de indústria, inclusive na construção civil em tubulações, painéis solares, fios e cabos elétricos, conforme ilustrado na Figura 3.14.

Apresenta densidade em torno de 8,8 g/m^3, é um material resistente e versátil que pode ser utilizado em diversos moldes; é um metal que tem bom custo benefício, boa resistência à corrosão e eficiência energética.

Figura 3.14 | Aplicações do cobre na construção civil: tubulações, painéis solares e fios elétricos

Fonte: <http://wwwo.metalica.com.br/o-cobre-e-suas-aplicacoes>. Acesso em 5 jul. 2017.

Zinco e latão

O zinco é utilizado principalmente para coberturas e revestimentos através de chapas lisas ou onduladas, em calhas e condutores. Também é empregado em tintas. Já o latão é uma liga de cobre e zinco (pode variar de 95 a 60% de cobre e 5 a 40% de zinco) de grande uso na construção, como em torneiras, tubos, conexões e fechaduras. A Figura 3.15 ilustra alguns exemplos de aplicação do zinco e do latão na construção civil.

Figura 3.15 | Chapa de zinco e conexões de latão

Fonte: <http://www.engenhariasustentavel.org.br/?p=888> e <http://www.megafluxo.com.br/conexoes-latao>. Acesso em: 5 jul. 2017.

Ferro

O ferro é o metal de maior utilização na construção civil. De

acordo com o teor de carbono em sua composição ele pode formar as seguintes ligas:

- aço forjado ou doce: menos 0,2% de carbono.
- aço: entre 0,2 a 2% de carbono.
- ferro fundido: entre 2 e 6% de carbono.

Aço

Extração e obtenção do aço

O metal pode ser obtido através da extração em jazidas (mineração), é encontrado na natureza juntamente com impurezas, por isso recebe o nome de minério. Após o processo de metalurgia, os metais são separados. No caso do aço, a siderurgia é a atividade responsável pela transformação do minério de ferro em aço.

O ferro é aquecido em altos fornos (fornos especiais) com carbono e outros materiais. O produto desse aquecimento é chamado ferro-gusa, que contém cerca de 3,5 a 4% de carbono; O aço consiste na redução dessa porcentagem para, no máximo, 2%. O aço é submetido a diversos tratamentos térmicos de aquecimento e resfriamento com o objetivo de melhorar suas propriedades.

Exemplificando

Além da composição de carbono, o aço também possui outros materiais, entre eles alguns elementos químicos como enxofre, fósforo e níquel. Esses elementos são incluídos na fabricação com o objetivo de melhorar a durabilidade, trabalhabilidade, resistência e propriedades magnéticas e elétricas do material.

Um dos tipos de aço bem conhecidos é o aço inoxidável, que leva níquel e cromo em altas quantidades em sua composição. Na construção civil o encontramos em alguns materiais de acabamento, como pias, torneiras e outros metais hidráulicos.

Propriedades do aço

As propriedades do aço variam de acordo com seus tratamentos e processos de fabricação, mas em geral apresenta as seguintes propriedades:

Resistência à tração e à compressão: varia de acordo com o tratamento recebido e a composição, sendo que aços com baixo teor de carbono têm os limites de escoamento bem definidos, ao contrário dos demais. A resistência à compressão é da mesma ordem da tração, mas devido a problemas de flambagem algumas peças mais esbeltas devem ter maiores cuidados.

Resistência ao desgaste/impacto: são elevadas desde que utilizem composições apropriadas.

Corrosão: o ferro e o aço sofrem bastante com os agentes corrosivos, como a água, cloretos e nitratos. Na execução do concreto armado alguns cuidados na utilização de aditivos devem ser tomados, pois alguns podem acelerar o processo de corrosão do aço.

Fadiga: é o fenômeno de ruptura progressiva de materiais sujeitos a ciclos repetidos de tensão ou deformação. No caso do ferro/aço, ao estarem em locais expostos a ventos, vibrações e água, como pontes ou edificações de estrutura metálica, é importante considerar a redução de resistência devido a esforços que provocam fadiga.

Aplicações do ferro/aço na construção civil

Folha-de-flandres (chapas estanhadas): a folha-de-flandres é conhecida popularmente como lata. É uma chapa fina de aço, que possui as faces cobertas por estanho para não oxidar (corrosão e ferrugem). É obtida pela imersão da chapa de aço em banho de estanho fundido. Tem a característica de não ser tóxico, ter elevada resistência mecânica e forte poder de maleabilidade. Na construção civil tem uso variado, como em refletores de luz, em barras de espaço para janelas de vidros duplos, em fita adesiva reforçada etc.

Barras (vergalhões) para concreto armado: é uma das principais utilizações do aço na construção civil. A norma brasileira NBR 7480 define as barras de aço quanto à apresentação, de acordo com o processo de fabricação e de acordo com as características mecânicas.

Quanto à apresentação, pode ser classificada em: barras ou fios.

- Barras: são segmentos retos, que possuem diâmetro maior ou

igual a 5 mm e comprimento entre 10 e 12 m.

• Fios: são elementos com diâmetro nominal menor ou igual a 12 mm. São fornecidos em rolos de grande quantidade.

De acordo com o processo de fabricação, são classificados em: classe A ou B.

• Classe A: são barras e fios laminados a quente, possuem patamar de escoamento definido. São barras lisas.

• Classe B: são barras e fios encruados por deformação a frio, não possuem patamar de escoamento. São barras torcidas ou com mossas.

De acordo com as características mecânicas:

• A Tabela 3.7 apresenta as cinco categorias principais de barras de aço e suas respectivas tensões de escoamento mínima. A nomenclatura CA significa aço destinado ao concreto armado.

Tabela 3.7 | Nomenclatura do aço de acordo com sua tensão de escoamento mínima

Categoria	Tensão de escoamento mínima (kgf/mm^2)
CA-25	24
CA-32	32
CA-40	t
CA-50	50
CA-60	60

Fonte: <https://drive.google.com/file/d/0B9-gAwK36Qv_Z0hmM0k1LWNFZFU/view>. Acesso em: 18 ago. 2017.

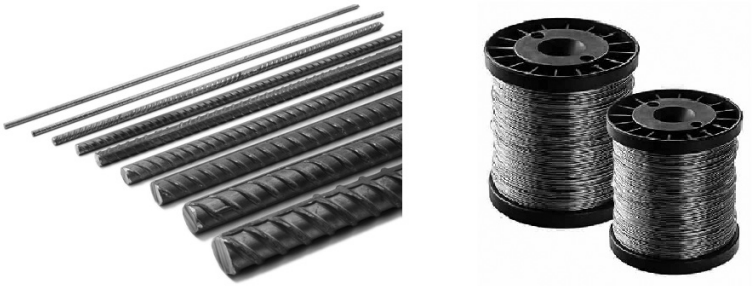
É importante destacar que a norma brasileira alterou o bitolamento de fios e barras de polegadas por milímetros. Os fios e barras são comercializados nas seguintes bitolas:

• Fios: 3,2 – 3,5 – 4,0 – 4,5 – 5,0 – 6,0 – 7,0 – 8,0 – 9,0 mm.

• Barras: 5,0 – 6,0 – 8,0 – 10,0 – 12,0 – 16,0 – 20,0 – 22,0 – 25,0 – 32,0 – 40,00 mm.

A Figura 3.16 ilustra barras e fios de aço utilizados na construção civil.

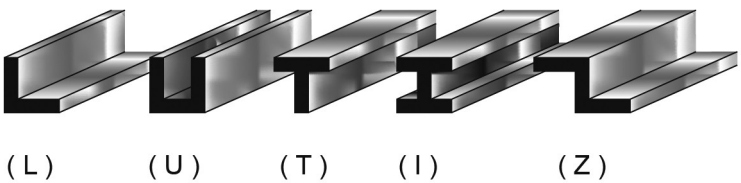
Figura 3.16 | Barras e fios de aço



Fonte: <http://muraco.com.br/produtos/>. Acesso em: 6 jul. 2017.

Perfis laminados: os perfis laminados são vergalhões laminados, apresentados na forma de barras com diversas configurações de seção transversal. Os principais perfis são: L (comercialmente conhecido como cantoneira), U, T, I (comercialmente conhecido como duplo T), e Z, conforme mostra a Figura 3.17. São denominados por sua altura em cm ou polegadas.

Figura 3.17 | Tipos de perfis laminados



Fonte: <https://drive.google.com/file/d/0B9-gAwK36Qv_NkFKNkE5RmZlOVE/view>. Acesso em: 18 ago. 2017.

Na construção civil, para atender à qualidade comercial, os perfis laminados devem ter resistência à tração variando entre 38,67 a 56,25 Kgf/mm^2. Para pontes, edifícios e grandes estruturas os perfis devem ter resistência entre 42,19 a 52,73 Kgf/mm^2. Já para vagões, locomotivas e navios os valores são especiais.

Ferro fundido: o ferro fundido tem como produto importante para a construção civil os tubos para a construção de rede de água e esgoto. Os tubos são retos, com bolsa para encaixe, com diâmetro a partir de três polegadas, conforme ilustrado na Figura 3.18. Possuem resistência e preço superior aos similares.

Figura 3.18 | Tubo de ferro fundido

Fonte: <http://www.ferpac.com.br/imagens/informacoes/tubo-ferro-fundido-03.jpg>. Acesso em: 31 ago. 2017.

Arames: os arames podem ser pretos ou galvanizados. São fornecidos em rolos e designados pelo calibre da fieira (Figura 3.19). Na construção civil, para a montagem e amarração das armaduras é usual a utilização do arame galvanizado de nº 18.

Figura 3.19 | Arames utilizados na construção civil

Fonte: <http://www.lojaeletrica.com.br/arame-galvanizado-12bwg-276mm-25mkg,product,2120200000049,dept,0.aspx>. Acesso em: 18 ago. 2017.

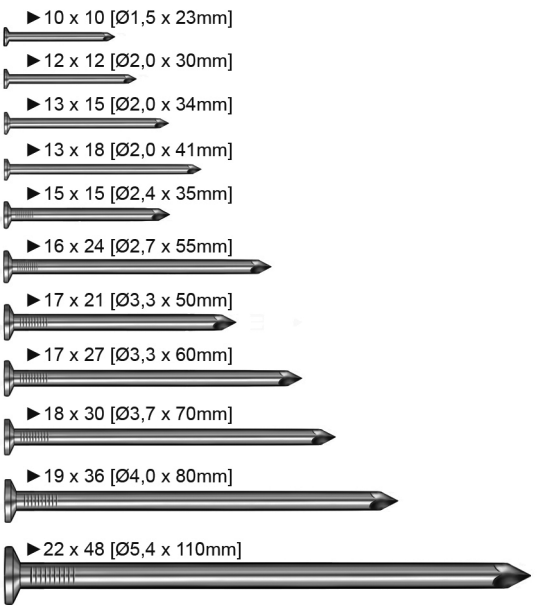
Cordoalhas: são fios de aço trançados com alta resistência à tração e alta rigidez, e possuem bitolas variadas. Na construção civil são utilizados para estais e tirantes para protensão, conforme Figura 3.20.

Figura 3.20 | Cordoalhas de aço

Fonte: <http://www.wikiartigos.com.br/a-historia-moderna-dos-cabos-de-aco/>. Acesso em: 6 jul. 2017.

Pregos: os pregos utilizados na construção civil podem ser de aço inoxidável, galvanizado ou polido, e possuem dimensões diversas, conforme mostra a Figura 3.21. São caracterizados por dois números. O primeiro refere-se ao diâmetro e o segundo está relacionado ao comprimento em "linha portuguesa" (1 linha = 2,3 mm).

Figura 3.21 | Tipos de pregos



Fonte: <http://www.cassianorepresentacao.com.br/prego-comum-com-cabeca.html>. Acesso em: 18 ago. 2017.

Tubos galvanizados: Os tubos galvanizados são utilizados na construção civil para a canalização de água, vapor, gás e ar comprimido, como ilustrado na Figura 3.22. De acordo com a pressão de serviço podem ser fornecidos com ou sem costura.

Foto 3.22 | Tubos galvanizados

Fonte: <http://www.casadostubos.com.br/fabrica-tubos-galvanizados>. Acesso em: 18 ago. 2017.

Reflita

Recebimento e armazenamento de barras de aço

No recebimento do aço na obra, o ideal é sempre conferir o tipo de material e quantidade através da etiqueta de identificação em cada rolo ou feixe (essa etiqueta deve fornecer fabricante, categoria do aço e o diâmetro nominal); para barras com diâmetro maiores que 10 mm o fabricante deve estar estampado em relevo nas barras. Além disso, deve-se verificar se existe oxidação em excesso, homogeneidade na cor ou se apresenta dobras.

O armazenamento deve ser feito sobre pontaletes, sem contato direto com o solo, em local preferencialmente coberto, separado por tipo de barra e bitola e próximo ao local do trabalho.

Pesquise mais

Sobre as principais normas e ensaios do aço:

• Ensaio de determinação das propriedades mecânicas: NBR ISO 6892-1/2013 - Materiais metálicos - Ensaio de tração. Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente.

• Ensaio de Dobramento: NBR ISO 7438/2022: Materiais metálicos - Ensaio de dobramento.

• Ensaio de determinação do coeficiente de conformação superficial: NBR 7477/1982 Coeficiente de conformação superficial.

Especificações para o concreto armado: NBR 7480/2022 - especificações de barras e fios de aço para concreto armado.

Sem medo de errar

Durante a fase de compra das barras de aço (vergalhões) da obra, você, engenheiro responsável pela obra residencial, deverá explicar ao estagiário como essas barras são classificadas e orientá-lo sobre o recebimento e estocagem desse material na obra, a fim de garantir a qualidade.

Através da norma NBR 7480, que define os tipos de barras de aço, essas podem ser classificadas de acordo com o processo de fabricação e também em relação às suas características mecânicas.

Em relação ao processo de fabricação, são classificadas em Classe A ou B; a Classe A refere-se às barras laminadas a quente, que possuem um patamar de escoamento bem definido, são as barras lisas. Já a Classe B são barras encruadas na deformação a frio, seu escoamento não possui patamar bem definido, são as barras torcidas ou com mossas.

A classificação mecânica está relacionada à tensão de escoamento mínima que pode variar do CA-25 ao CA-60, conforme a Tabela 3.8 apresentada no material.

Tabela 3.8 | Nomenclatura do aço de acordo com sua tensão de escoamento mínima

Categoria	Tensão de escoamento mínima (kgf/mm^2)
CA-25	24
CA-32	32
CA-40	40
CA-50	50
CA-60	60

Fonte: <https://drive.google.com/file/d/0B9-gAwK36Qv_Z0hmM0k1LWNFZFU/view>. Acesso em: 18 ago. 2017.

Além disso, as barras são comercializadas com a nomenclatura do seu diâmetro. Exemplo: a "barra de 10" significa que o diâmetro da barra é de 10 mm; se de "32", o diâmetro terá 32 mm, conforme ilustrado na Figura 3.23.

Figura 3.23 | Diferentes bitolas de barras de aço

Fonte: <http://muraco.com.br/produtos/>. Acesso em: 6 jul. 2017.

Em relação ao recebimento das barras de aço na obra, algumas observações podem ser feitas:

• Identificação do material através da etiqueta colocada em cada rolo ou feixe. Importante destacar que nessa etiqueta deve estar o nome do fabricante, categoria do aço e seu diâmetro nominal.

• Verificar se existe oxidação em excesso, homogeneidade na cor ou se apresenta dobras (que podem estar relacionadas à fadiga).

O armazenamento deve ser feito sobre pontaletes, sem contato direto com o solo, em local coberto, separados por tipo de barra e bitola, e preferencialmente armazenados próximo ao local do trabalho.

Avançando na prática

O grande vilão dos metais

Descrição da situação-problema

A corrosão costuma ser um grande vilão dos materiais metálicos. Esse termo é empregado para se referir à destruição gradativa desses materiais. Em geral, existem três tipos de corrosões: a química, eletroquímica e a eletrolítica. De que forma os materiais metálicos podem sofrer com a corrosão? O que pode ser feito para conseguirem resistir a esse tipo de agressão?

Resolução da situação-problema

No Quadro 3.5 serão apresentados alguns tipos de corrosão, tratamentos indicados e sua prevenção.

No Quadro 3.5 | Tipos de corrosão, características, tratamento e prevenção

Tipo de Corrosão		Características/ Tratamento	Prevenção
Uniforme		Limpeza superficial com jato de areia e aplicação de nova pintura. Caso a corrosão esteja muito avançada, deve-se realizar o reforço da estrutura.	Utilizar ligas com aço inoxidável.
Galvânica		Ocorrem quando metais diferentes se unem.	O ideal é que esses metais sejam isolados um do outro.
Tensão		Esse tipo de corrosão é resultando das tensões de tração em meios corrosivos.	Reforço do revestimento protetor no local em que está a tensão.
Pontos, Frestas e Ranhuras		Pode ocorrer devido a locais com água, ou que contenham parafusos ou furos que possam alojar substâncias líquidas.	Limpeza dos locais danificados, aplicação de pinturas, selantes e revestimentos protetores.

Fonte: adaptado de <http://www2.fsanet.com.br metais-em-geral.pptx>. Acesso em: 23 ago. 2017.

Alguns processos, como a zincagem, galvanização e pinturas, também previnem as peças, diminuindo ou eliminando a velocidade da corrosão.

Faça valer a pena

1. Os metais podem ser definidos como substâncias inorgânicas compostas por um ou mais elementos metálicos. Na composição possuem uma estrutura cristalina, na qual os átomos estão organizados de forma ordenada.
Em relação às propriedades dos metais, podemos afirmar:
I) São bons condutores térmicos e elétricos.
II) Têm alta resistência à flexão e baixa resistência à tração.
III) Apresentam, em geral, alta maleabilidade, porém apenas em baixas temperaturas.
IV) São materiais muito dúcteis.
Qual das afirmativas são verdadeiras?
a) I e II.
b) Apenas a III.
c) I e IV.
d) Apenas a II.
e) II e III.

2. Quanto à apresentação, pode ser classificada em: *barras* ou *fios*. Barras: são segmentos retos, que possuem diâmetro maior ou igual a 5 mm e comprimento entre 10 e 12 m. Fios: são elementos com diâmetro nominal menor ou igual a 12 mm. São fornecidos em rolos de grande quantidade. A norma brasileira NBR 7480 define as barras de aço quanto à apresentação, de acordo com o processo de fabricação e com as características mecânicas.
Com relação ao texto qual a alternativa correta?
a) Fios são elementos com diâmetro nominal maior ou igual a 12 mm.
b) Barras são segmentos retos, que possuem diâmetro menor ou igual a 5 mm e comprimento entre 12 e 15 m.
c) A nomenclatura CA significa aço destinado ao concreto armado.
d) Classe A: são barras e fios laminados a quente e não possuem patamar de escoamento definido.
e) Classe B: são barras e fios encruados por deformação a frio, possuem patamar de escoamento definido.

3. O cobre é um metal que vem sendo utilizado desde o homem pré-histórico. Ao se fundir com o estanho resulta em uma liga metálica

extremamente dura e resistente, o bronze.

Em relação às características do cobre e sua utilização como metal na construção civil, podemos afirmar que:

a) Apresenta baixa densidade, em torno de 3 g/m^3.

b) É utilizado em tubulações, painéis solares, fios e cabos elétricos.

c) Baixa resistência à corrosão.

d) Apesar da eficiência energética, tem um valor de mercado muito alto.

e) É utilizado em barras, perfis e esquadrias.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. Informações técnicas - processos de fabricação. Disponível em: <http://abceram.org.br/processo-de-fabricacao/>. Acesso em: 20 jun. 2017.

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15310**: Componentes cerâmicos — Telhas — Terminologia, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270: Componentes cerâmicos - Blocos e tijolos para alvenaria. Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8039: Projeto e execução de telhados com telhas cerâmicas tipo francesa - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1983.

_____ . **NBR 8041**: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria – forma e dimensões. Rio de Janeiro: ABNT, 1983a.

_____. **NBR 13818**: Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

_____. **NBR 7190**: Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro: ABNT, 1922.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 6892-1: Materiais metálicos - Ensaio de tração. Parte 1: Método de ensaio à temperatura ambiente. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 7438: Materiais metálicos - Ensaio de dobramento. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

_____. **NBR 7477**: Coeficiente de conformação superficial. Rio de Janeiro: ABNT, 1982.

_____. **NBR 7480**: Especificações de barras e fios de aço para concreto armado. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.

AZEREDO, H. A. **O edifício até sua cobertura**. São Paulo: Edgard Blucher, 1998.

BAUER, L. A. F. **Materiais de construção**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

IPT. Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo. **Fichas de características das madeiras brasileiras**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1989a. 418p.

_____. **Manual de identificação das principais madeiras comerciais brasileiras**. São Paulo: IPT, 1983. 241p.

_____. **Sistema de informações de madeiras brasileiras**. São Paulo: IPT, 1989b. 291p.

PETRUCCI, E. **Materiais de construção**. São Paulo: Globo, 1975.

SILVA, M. R. **Materiais de construção**. São Paulo: PINI, 1991.

SOUZA, R. D.; TAMAKI, M. R. **Especificação e recebimento de materiais de construção**.

São Paulo: O Nome da Rosa, 2001.

VERCOSA, E. J. **Materiais de construção**. Porto Alegre: Sagra, 1984.

Materiais da construção civil

Convite ao estudo

Caro aluno,

Chegamos à última unidade da disciplina de *Materiais de Construção Civil*. Após estudarmos os materiais cerâmicos, materiais de madeira e materiais metálicos na unidade anterior, continuaremos na Unidade 4 com os estudos dos principais materiais aplicados à construção civil.

Na primeira seção, conheceremos os materiais poliméricos, conhecidos popularmente como plásticos, estudaremos seu modo de fabricação, os principais tipos, suas propriedades físicas e mecânicas e, por fim, suas principais aplicações nas obras.

Em seguida, na seção 4.2, aprofundaremos o estudo em argamassas e concretos, conheceremos sua composição, os tipos existentes no mercado e suas principais aplicações. Na última seção, abordaremos um tema atual, cuja importância vem aumentando a cada dia: os entulhos e materiais reciclados.

O setor da construção civil tem um papel essencial na realização dos objetivos de desenvolvimento sustentável do mundo. Segundo o Segundo Conselho Internacional da Construção - CIB -, a indústria da construção civil é o setor que mais consome atividades humanas e recursos naturais, o que impacta intensamente o meio ambiente.

Além desse alto consumo, existe uma grande geração de resíduos dessas atividades, grande paradigma que a construção proporciona. Os desafios no setor da construção civil são enormes, pois consistem em reduzir e otimizar o uso de materiais e energia, redução dos resíduos e preservação

do meio ambiente, além de fornecer a melhoria da qualidade do ambiente construído.

Na fase de construção da residência, você, engenheiro responsável pela obra, terá que enfrentar alguns desafios e decisões importantes, como o tipo de tubulação que será utilizada na obra, os tipos de concreto e argamassa e compreender a correta destinação e armazenagem dos resíduos que serão gerados na sua próxima obra.

Desta forma, sabe-se da importância em conhecer os tipos de materiais empregados na construção civil, já que através deles, você, aluno, com maior conhecimento, poderá fazer escolhas que atendam a todos esses desafios dos materiais da construção civil.

Desejo-lhe uma ótima leitura!

Seção 4.1

Materiais poliméricos

Diálogo aberto

Nesta seção, conheceremos os principais materiais poliméricos aplicados na construção civil, seu modo de fabricação e os principais tipos existentes. Aprofundaremos o estudo em suas propriedades físicas e mecânicas e, por fim, veremos as principais aplicações dos polímeros dentro da construção.

Na fase de construção da residência, você, engenheiro responsável pela obra, terá que enfrentar alguns desafios e decisões importantes, como o tipo de tubulação que será utilizada na obra. Você foi convidado para participar de uma feira da construção civil e, durante a visita, conheceu inúmeros tipos de aplicação do polímero na Engenharia Civil.

Na fase de instalação das tubulações de água e esgoto da residência, você deverá conhecer os principais tipos de polímeros aplicados nessas tubulações e decidir qual tipo de material utilizar para água fria, água quente e esgoto da sua obra.

Bons estudos!

Não pode faltar

Nas últimas décadas, na construção civil, os materiais poliméricos têm sido cada vez mais utilizados. A eficiência desses materiais vem ganhando espaço e mercado nos projetos de engenharia, substituindo materiais mais tradicionais, como aço, cerâmica, madeira e concreto. A sua aplicação é ampla como em instalações elétricas e hidráulicas, revestimentos, paredes, sanitários, tintas, iluminação, coberturas, caxilhos etc.

A palavra polímero vem do grego *poli* (muitos) e *mero* (unidade de repetição). Assim como vários materiais da construção civil, os polímeros são utilizados desde a Antiguidade, através dos materiais resinosos e graxas extraídas da natureza, que o homem aplicava como cola e vedação de objetos. O polímero sintético foi produzido pela primeira vez em 1912 e, após a Segunda Guerra Mundial, revolucionou os materiais, ocupando todas as indústrias e setores da economia. Isto

se deve ao fato dos polímeros serem materiais produzidos de forma barata e com diversas propriedades que garantem a flexibilidade e variedade no seu emprego.

Assimile

Conceitos básicos

Os polímeros têm em sua composição oxigênio, carbono, hidrogênio e outros elementos orgânicos e inorgânicos, podem ter origem vegetal ou mineral e, após a transformação, tornam-se uma matéria-prima intermediária; através do processo químico conhecido como a polimerização, faz-se a união química das moléculas de monômeros.

Os polímeros podem ser classificados de acordo com sua origem e comportamento. Em relação à origem:

• Naturais: são obtidos através de produtos existentes na natureza, como da madeira, algodão, látex etc.

• Sintéticos: obtidos através de reações químicas, como os polietilenos, polipropilenos, PVCs etc.

E em relação ao seu comportamento:

• Termoplásticos: são os polímeros que, durante o aquecimento, não têm alterações químicas em sua estrutura, portanto, podem ser novamente fundidos após o resfriamento. É o caso dos recicláveis, como o PVC, PET, polietilenos, polipropilenos etc.

• Termofixos: são polímeros que mudam sua estrutura química ao serem aquecidos e não permitem ser fundidos novamente; a exemplo, temos o poliuretano e a resina poliéster.

• Elastômeros: também conhecidos como "borrachas", após a sua fabricação não permitem ser reutilizados como material original, porém são utilizados na composição para formação de outros materiais; a exemplo, temos o asfalto borracha. Os elastômeros podem ser obtidos de forma natural, do látex, ou serem produzidos sinteticamente através da SBR - borracha sintética.

Forma de fabricação

As principais matérias-primas para a produção dos polímeros são o petróleo e o gás natural. Também podem ser obtidos do etanol e através de diversos materiais da natureza. Após o processo

de transformação do petróleo, conhecido como refinamento, o material passa pelo processo de craqueamento e, por fim, de polimerização, conforme mostra a Figura 4.1.

Figura 4.1 | Processo de fabricação do polímero através do petróleo

Fonte: elaborada pelo autor.

Sua transformação final dependerá do tipo de polímero desejado. Em geral, existem técnicas de conformação, ou seja, de moldagem, pois, de acordo com cada característica do polímero, essa moldagem pode ser por injeção, extrusão ou compressão. Cada uma delas é recomendável para determinados grupos de polímeros.

Reflita

Qual a diferença entre plástico e polímero?

O nome popular dado ao polímero é "plástico", por apresentar a propriedade de plasticidade e por ser umas das fases em que o polímero se encontra antes da sua conformação. Portanto, o nome plástico é apenas um adjetivo que o deixou popularmente conhecido. É como dizer que "metal" é apenas o ferro ou o alumínio.

Principais tipos de polímeros aplicados na construção civil:

- Policloreto de Vinila (PVC): fabricação de tubulações, perfis de janelas e revestimentos de cabos.

- Poliestireno (PS): utilizado para isolamento térmico, preenchimento de juntas de dilatação, lajes nervuradas e na fabricação do concreto leve.

- Polietileno (PE): utilizados em filmes para embalagens, fios, cabos e tubos rígidos.

- Polipropileno (PP): utilizados em tubos e conexões e em fibras empregadas no concreto.

• Policloropreno ou Neoprene: borracha sintética utilizada como impermeabilizações, aparelhos de apoio e juntas de dilatação.

• Acrílicos (polimetilmetacrilato - PMMA): utilizados para substituir vidros e outros materiais, apresenta boas características óticas e mecânicas.

• Policarbonato (PC): boa transparência e resistência ao impacto, utilizados como telhas e chapas de acabamentos de cobertura e paredes.

• Teflon (politetrafluoretileno - PTFE): utilizado na fabricação de mantas e em estruturas por apresentar alta resistência à tensão.

• Poliuretano (PU): uso para isolamento de telhados, selagem de fissuras, fecha de trincas, fixação de batentes e janelas, por apresentarem aderência, resistência e durabilidade.

• Poliacetato de Vinila (PVA): apresenta alta adesividade, sendo utilizada em tintas e adesivos.

Propriedades dos polímeros

Pelo fato dos polímeros apresentarem uma composição molecular diferente, afetam suas propriedades físicas e químicas, tornando-os vantajosos em diversas aplicações. Em relação às suas vantagens, destacam-se:

• A facilidade de moldagem (elevada processabilidade).

• A resistência ao desgaste e ação das intempéries.

• Elasticidade e com peso reduzido.

• Boas propriedades de isolamento.

• Baixo custo de produção.

• Maleáveis.

• Variedades de formas, tamanhos e cores.

• A maioria são recicláveis.

Apesar das diversas vantagens do uso dos polímeros, existem algumas desvantagens como o problema ecológico, pois sua decomposição pode levar dezenas de anos. Além disso, o ponto

de fusão não é tão alto (100 a 300 °C) se comparado a materiais cerâmicos ou metálicos, que chegam a 800 °C, por exemplo.

Em alguns casos, os polímeros não apresentam boa resistência aos esforços de tração, dilatação e deformação. Essas dificuldades podem ser vencidas com o uso da tecnologia, porém o custo de fabricação ainda é alto e não consegue concorrer com outros materiais disponíveis. A seguir, serão apresentadas as principais propriedades dos materiais poliméricos.

• Alta resistência ao impacto: a maioria dos polímeros apresentam boa resistência; associada à transparência, o polímero permite, por exemplo, a substituição do vidro em diversas aplicações e são mais resistentes.

• Baixa condutividade elétrica e térmica: como sua composição não contém elétrons livres, tem baixa ou quase nula condução de corrente elétrica e, comparada aos metais, sua condutividade térmica chega a ser mil vezes menor, sendo por isto muito recomendado em aplicações de isolamento térmico, que é o caso de espumas, isopores etc. e elétrico, no caso de eletrodutos e acabamentos elétricos. Os polímeros apresentam altos coeficientes de dilatação e baixa condutividade térmica.

• Resistência a intempéries e ações químicas: devido às ligações químicas dos polímeros, estes conferem alta resistência a Intempéries, corrosões e produtos químicos.

• Óticas: em relação às propriedades óticas, a transparência é considerada uma propriedade importante que lhes possibilita serem utilizados em substituição de vidros ou de elementos translúcidos. A transparência e o índice de refração são características usualmente medidas nesses elementos.

Principais aplicações dos polímeros na construção civil

Instalações hidráulicas prediais

Os polímeros são muito utilizados nas instalações hidráulicas (água, esgoto, captação e águas pluviais), por apresentarem baixo peso, custo competitivo e elevada resistência mecânica e à corrosão. Os tubos de ferros fundidos foram gradativamente sendo substituídos por eles, principalmente na condução de água fria. A seguir, no Quadro 4.1, serão apresentados alguns tipos de

tubos poliméricos utilizados na construção civil, suas indicações, temperaturas de suporte e características.

Quadro 4.1 | Tipos de tubos poliméricos utilizados na construção civil

Tipo			Indicação	Tipos de juntas	Suporte de temperatura	Características
PVC	Policloreto de Vinila		Água fria	Juntas soldáveis e rosqueáveis	Em torno de 20°C, com limitação 80°C	É o material mais utilizado nas instalações hidráu-licas. Diversos diâmetros: 20, 25, 32, 40, 50, 80, 75, 85 e 110m
CPVC	Policloreto de Vinila Clorado		Água fria e quente	Juntas soldáveis e rosqueáveis	70°C e máxima de 80°C	Tubos e conexões de alta resistência mecânica e a corrosão
PPR	Polipropileno Copolímero Randon		Água quente	Tubos e conexões unidos por termofusão	70°C e máxima de 95°C	Indicados para água quente, não necessitam de isolamento térmico
PEX	Polietileno reticulado monocamada		Água fria e quente	Juntas metálicas	70°C e máxima de 95°C	O tubo é maleável e permite curvas. Sistema indicado para paredes de drywall
PVA esgoto	Policloreto de vinilia		Esgoto	Juntas com anéis de borracha	Em torno de 20°C com limitação 80°C	Possuem série normal e série reforçada. Diâmetros variando em 40, 50, 75, 100, 150 e 200mm

Fonte adaptado de <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27&Cod=1965>. Acesso em: 12 set. 2017.

Instalações elétricas

Em relação aos componentes elétricos, as aplicações são inúmeras, desde eletrodutos para a fiação elétrica quanto para perfis para instalações elétricas, terminais de instalação como: caixas, interruptores, espelhos, tomadas etc., conforme mostra a Figura 4.2. Como visto anteriormente, devido ao seu alto isolamento elétrico, o polímero é bastante utilizado.

Figura 4.2 | Aplicações dos polímeros em instalações elétricas

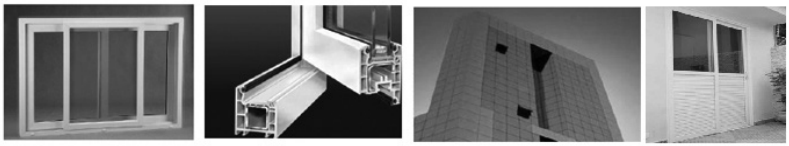
Fonte: <http://www.santil.com.br/departamento/104236/22/tubos-e-conexoes>. Acesso em: 12 set. 2017.

Fechamento de fachadas, esquadrias e portas

As esquadrias de PVC começaram a ser utilizadas na Europa na década de 1960, e atualmente, já ocupam uma parcela significativa do mercado mundial. No Brasil, a aplicação das esquadrias começou na década de 1980 e, apesar da baixa utilização, vem ganhando espaço no mercado.

As janelas e portas são componentes construtivos que representam os elementos de fachadas. Seu bom desempenho está relacionado ao conforto térmico e acústico das edificações. O principal polímero utilizado é o PVC rígido para fabricação de janelas e portas, sendo muito comum a mescla desse material com o alumínio, por exemplo. Na Figura 4.3, são apresentadas algumas aplicações dos materiais polímeros em esquadrias, fachadas e portas.

Figura 4.3 | Aplicação de polímeros em esquadrias, fachadas e portas



Fonte: <http://www.ima.ufrj.br/wp-content/uploads/2013/11/31-13.15-Polimeros-na-Constru%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2017.

Fechamento de coberturas (telhas)

Existem diversos fechamentos de coberturas poliméricas. Como exemplo, temos as telhas de PVC rígido, de policarbonato e polipropileno. As telhas de PVC podem ser utilizadas em diversos tipos de edifícios e são indicadas para locais que necessitem de passagem de luz natural, essas aplicações são possíveis devido às propriedades ótimas e de resistência a intempéries que os materiais poliméricos apresentam.

As telhas de fibras de vidro são um material que combina vidro e resina e que oferece ótimas propriedades como baixo peso, alta resistência, baixo custo de acabamento etc. Esse tipo de telha é translúcida, ou seja, são projetadas para diversas funções como iluminação natural, coberturas, fechamentos de ambiente, divisórias e decoração. Além das fibras de vidro também são utilizados o acrílico e policarbonatos para essas funções. A Figura 4.4 ilustra alguns tipos de telhas poliméricas e suas aplicações.

Figura 4.4 | Exemplos de fechamentos de coberturas poliméricas

Fonte: <http://www.ima.ufrj.br/wp-content/uploads/2013/11/31-13.15-Polimeros-na-Constru%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2017.

Pisos, revestimentos, divisórias e forros

Os pisos produzidos a partir do PVC são conhecidos como piso vinílico, amplamente utilizados e podem ser aplicados em qualquer ambiente interno. Os forros são utilizados como barreira entre a cobertura e os ambientes e têm diversas funções como acabamento, isolamento térmico e acústico, ocultação de rede de instalações e delimitação espacial. Os painéis mais utilizados são de gesso e de resinas sintéticas, como o acrílico e PVC, além da madeira e do metal.

Os polímeros também são utilizados em divisórias, como paredes, em espaços em ambientes internos. Além da flexibilidade do uso, a vantagem é que são facilmente removíveis, são leves e apresentam uma vasta variedade e combinação com outros materiais. A Figura 4.5 mostra alguns exemplos de sua aplicação em pisos, divisórias e forros.

Figura 4.5 | Aplicação dos polímeros em piso, divisória, revestimentos e forros

Fonte: <http://www.ima.ufrj.br/wp-content/uploads/2013/11/31-13.15-Polimeros-na-Constru%C3%A7%C3%A3o.pdf>. Acesso em: 12 jul. 2017.

Tintas e vernizes

As tintas durante muitos séculos foram utilizadas devido ao seu aspecto estético, porém, com o passar do tempo, passaram a ter também uma importante função de proteção dos elementos. As composições das tintas, em geral, são líquidas ou viscosas e, ao sofrerem um processo de cura, formam uma película fina. Em sua composição são encontrados resina, pigmento, aditivo e solvente.

Na construção, protegem as superfícies de paredes, tetos, pisos, muros, esquadrias, entre outros, contra aos ataques de intempéries e químicos. Além disso, têm um baixo módulo de elasticidade, uma excelente aderência ao substrato e são um material de belo acabamento, durável e de baixo custo.

Suas formas de utilização estão ilustradas na Figura 4.6.

Figura 4.6 | Utilização de tintas e vernizes

Fonte: <http://www.tecnicatintas.com.br/produto.php?url=tintas-decorativas>. Acesso em: 12 jul. 2017.

Exemplificando

Além destas, existem diversas outras aplicações dos materiais poliméricos na construção civil, como:

- Louças sanitárias acrílicas.
- Adesivos e vedações de silicone.
- Manta geotêxtil de drenagem.
- Painéis de *shaft*.
- Neopreme.
- Espuma de poliuretano.
- Tijolos poliméricos.
- Madeira plástica.
- Etc.

Pesquise mais

Acesse a reportagem da revista **Téchne** e saiba como os termoplásticos podem ser utilizados em produtos e sistemas construtivos para edificações. Disponível em: <http://techne.pini.com.br/engenharia-civil/205/artigo310744-3.aspx>. Acesso em: 12 set. 2017.

Sem medo de errar

Ao participar de uma feira da construção civil, você, engenheiro responsável pela obra residencial, conheceu inúmeros tipos de aplicação do polímero na Engenharia Civil. Na fase de instalação das tubulações de água e esgoto da residência, você conheceu os principais tipos de polímeros aplicados nessas tubulações e deverá decidir por qual tipo de material utilizar para água fria, água quente e esgoto da obra.

Como visto, os polímeros são muito utilizados nas instalações hidráulicas (água, esgoto, captação e águas pluviais) por apresentarem baixo peso, custo competitivo e elevada resistência mecânica e à corrosão. A seguir, no Quadro 4.2, foram apresentados alguns tipos de tubos poliméricos utilizados na construção civil, suas indicações, temperaturas de suporte e características.

Quadro 4.2 | Tipos de tubos poliméricos utilizados na construção civil

Tipo			Indicação	Tipos de juntas	Suporte de temperatura	Características
PVC	Policloreto de Vinila		Água fria	Juntas soldáveis e rosqueáveis	Em torno de 20°C, com limitação 80°C	É o material mais utilizado nas instalações hidráu-licas. Diversos diâmetros: 20, 25, 32, 40, 50, 80, 75, 85 e 110m
CPVC	Policloreto de Vinila Clorado		Água fria e quente	Juntas soldáveis e rosqueáveis	70°C e máxima de 80°C	Tubos e conexões de alta resistência mecânica e a corrosão
PPR	Polipropileno Copolímero Randon		Água quente	Tubos e conexões unidos por termofusão	70°C e máxima de 95°C	Indicados para água quente, não necessitam de isolamento térmico
PEX	Polietileno reticulado monocamada		Água fria e quente	Juntas metálicas	70°C e máxima de 95°C	O tubo é maleável e permite curvas. Sistema indicado para paredes de drywall
PVA esgoto	Policloreto de vinilia		Esgoto	Juntas com anéis de borracha	Em torno de 20°C com limitação 80°C	Possuem série normal e série reforçada. Diâmetros variando em 40, 50, 75, 100, 150 e 200mm

Fonte: adaptado de <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=27&Cod=1965>. Acesso em: 12 set. 2017.

De acordo com as características dos tipos de tubos utilizados, os mais indicados para tubulação de água fria é o PVC, pois apresenta o menor custo e atende às características. Já para a água quente poderiam ser aplicados os tubos de CPVC, PPR e PEX; o menos recomendável, neste caso, por se tratar de uma residência, seria o PEX, uma vez que ele é ideal para locais que contenham paredes de drywall e várias repetições (hotéis e edifícios, por exemplo). E para o esgoto, aplica-se o PVC de esgoto com as juntas com anéis de borracha.

Avançando na prática

Materiais poliméricos e sustentabilidade

Descrição da situação-problema

Atualmente existe uma preocupação muito grande com a preservação e conservação do meio ambiente, de modo a garantir que a sociedade tenha um desenvolvimento sustentável. Apesar das inúmeras vantagens que os materiais poliméricos apresentam, são um dos principais resíduos gerados pelo nosso consumo. Diante disso, o que poderia ser feito no âmbito da construção civil?

Resolução da situação-problema

Como visto anteriormente, umas das principais desvantagens da utilização dos materiais poliméricos na construção civil é o grande tempo para a degradação desses materiais. Diversas são as oportunidades de reciclagem que vêm sendo exploradas, entre elas a reutilização dos materiais, a fabricação de algumas matérias-primas essenciais com materiais reciclados e até mesmo ações de diminuição de desperdícios em obras.

Outro fato importante é que o plástico é fabricado do petróleo que é uma fonte natural não renovável. Essa preocupação já vem trazendo pesquisas para fontes alternativas dos materiais poliméricos. Atualmente, já existem tecnologias de utilização de materiais renováveis, porém o petróleo continua sendo a principal matéria-prima.

O grande desafio será a utilização dos polímeros de forma sustentável e que permita coexistir com soluções a partir de materiais naturais a fim de permitir o equilíbrio do meio ambiente.

Aluno, sugere-se uma pesquisa detalhada sobre este tema.

Faça valer a pena

1. Os polímeros são produzidos através de vários processos químicos que lhe conferem a união química entre as moléculas de monômeros. Em relação à sua origem e suas características podem ser classificados de diversas maneiras.
Em relação à classificação dos polímeros podemos afirmar que:
I) Os polímeros sintéticos são obtidos através de produtos naturais, como a madeira, algodão e látex.
II) Os termofixos são polímeros que mudam sua estrutura química ao serem aquecidos e não permitem ser fundidos novamente.
III) Elastômeros: também conhecidos como borrachas, são os polímeros que, durante o aquecimento, não têm alterações químicas em sua estrutura, portanto, podem ser novamente fundidos.
Quais afirmativas estão incorretas?
a) I e II.
b) II e III.
c) I e III.
d) Apenas II.
e) Todas são incorretas.

2. Os materiais poliméricos apresentam uma estrutura diferenciada que lhe permite propriedades muito interessantes. Na construção civil, o mercado de materiais poliméricos vem cada vez mais ganhando espaço e substituindo materiais convencionais.
De forma geral, quais as principais propriedades que os materiais poliméricos apresentam?
a) Alta densidade, baixo custo de produção, recicláveis e elásticos.
b) Bom isolante acústico, corrosivo e elástico.
c) Pouca variedade de formas e tamanhos, peso reduzido e baixo custo de produção.
d) Peso reduzido, isolante térmico e elétrico e alta resistência ao impacto.
e) Alta resistência ao impacto, facilidade de decomposição e baixo custo de produção.

3. Os polímeros são muito utilizados nas instalações hidráulicas (água, esgoto, captação e águas pluviais), por apresentarem baixo peso, custo competitivo e elevada resistência mecânica e à corrosão. Entre os tipos de tubos poliméricos mais utilizados estão o: PVC, PPR, PEX e CPVC.
Qual alternativa apresenta, respectivamente, o tipo de polímero utilizado para: água quente, não necessitando de isolamento térmico, e o que é indicado apenas para água fria?
a) PPR e CPVC.
b) PPR e PVC.
c) PEX e PPR.
d) PEX e PVC.
e) CPVC e PVC.

Seção 4.2

Materiais: concreto e argamassa

Diálogo aberto

Na primeira seção desta unidade estudamos os materiais poliméricos. Através dos conceitos básicos, conhecemos os principais tipos de polímeros utilizados na construção civil, formas de fabricação, propriedades e principais aplicações.

Nesta seção, exploraremos dois materiais muito importantes na construção civil: o concreto e a argamassa. No estudo do concreto conheceremos sua composição e o papel de cada componente que contribui no seu desempenho, sua dosagem, as principais propriedades da massa fresca e do concreto endurecido e, por último, os tipos de concreto e suas principais aplicações na construção civil. Em relação à argamassa, serão estudadas as classificações, os tipos e funções das argamassas na construção civil, suas principais propriedades e sistemas de produção.

Na fase de construção da residência em que você é o engenheiro responsável pela obra, terá que enfrentar alguns desafios e decisões importantes. Para a concretagem da estrutura da residência, pilares, vigas e lajes você deverá explicar para seu estagiário por que tipo de concreto irá optar para a concretagem dessas estruturas. Você, então, deverá orientá-lo em como receber o pedido do concreto para a obra, explicar quais propriedades são verificadas no concreto fresco e endurecido. Lembre-se de que a obra está com um prazo curto e com pouca mão de obra, além disso, por se tratar de uma residência com dois andares, a laje que será concretada está a sete metros de altura.

O assunto dessa seção é muito amplo e há muito a ser explorado. Oriento-o, aluno, a continuar as pesquisas sobre os temas conforme indicado neste material. Boa leitura!

Não pode faltar

Concreto

O concreto pode ser definido como o resultado da mistura de cimento, água, agregado miúdo (em geral a areia) e agregado graúdo (em geral a brita). Na mistura do concreto, o cimento

Portland, juntamente com a água, formam uma pasta fluida dependendo da quantidade de água adicionada. Esta pasta tem a função de unir os agregados (miúdos e graúdos), formando um material que, nas primeiras horas, encontra-se num estado capaz de ser moldado nas mais diversas formas.

Ao passar do tempo, acontece a reação irreversível da água com o cimento, a mistura vai endurecendo e criando uma alta resistência mecânica, que o torna um excelente material de desempenho estrutural, nos mais diversos ambientes de exposição. A Figura 4.7 ilustra um concreto sendo aplicado.

Figura 4.7 | Concreto

Fonte: <http://www.istockphoto.com/br/foto/concrete-pouring-during-commercial-concreting-floors-of-building-gm626302380-110534267>. Acesso em: 12 set. 2017.

Um fator a ser destacado é o cuidado com a qualidade e a quantidade da água empregada no preparo do concreto, uma vez que é ela a responsável por ativar a reação química que transformará o cimento em uma pasta aglomerante. Caso a quantidade utilizada seja pequena, poderá ocorrer de a reação não ser completa e, caso seja superior à ideal, a resistência diminuirá. Além disso, é fundamental uma boa distribuição granulométrica dos agregados do concreto para que haja um preenchimento dos vazios, que diminui a porosidade, uma vez que ela influencia diretamente na resistência e permeabilidade do concreto.

Funções dos materiais que compõem o concreto:

A função da **pasta** é envolver os agregados, preenchendo os vazios formados e dando ao concreto possibilidades de manuseio quando recém misturado, e também de aglutinar os agregados no concreto endurecido, dando certa impermeabilidade, resistência aos esforços mecânicos e durabilidade frente aos agentes agressivos.

Os **agregados** têm a função de contribuir com grãos capazes de resistir aos esforços solicitantes, ao desgaste e à ação das intempéries, reduzir as variações de volume provenientes de várias causas e o custo, uma vez que o custo de agregados é menor que o custo do cimento.

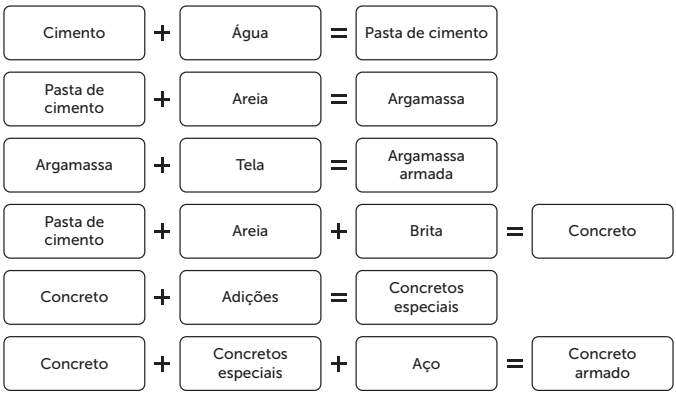
Além da pasta e agregados são adicionados compostos químicos, chamados **aditivos**, e ou produtos minerais, chamados **adições**. As principais diferenças entre aditivos e adições estão em sua origem e em suas propriedades. Os aditivos são produtos químicos adicionados em pequena quantidade, que não apresentam propriedades ligantes. Já as adições, geralmente, são utilizadas em quantidades maiores, são de origem mineral e, por comumente apresentarem propriedades ligantes, são usadas para substituir parte do cimento.

Desta forma, as adições conferem ao concreto propriedades que ele originalmente não tinha, enquanto os aditivos potencializam ou enfraquecem uma característica previamente encontrada no concreto. As principais alterações que os aditivos causam no concreto são:

- Alteração da fluidez.
- Retardo ou aceleramento do tempo de pega.
- Diminuição da segregação e do consumo de cimento.

O esquema da Figura 4.8 apresenta a relação dos materiais que compõem o concreto e o produto final.

Figura 4.8 | Composição do concreto e seus componentes



Fonte: <https://civilizacaoengenheira.wordpress.com/2012/11/07/o-concreto-como-material-construtivo-da-origem-as-novas-tecnologias/>. Acesso em: 12 set. 2017.

Dosagem do concreto

O traço ou a dosagem podem ser definidos como a proporção entre todos os materiais que fazem parte do concreto. A proporção de cada material define a característica da mistura, assim, ao aumentar um insumo e diminuir outro tem-se concretos de características diferentes. É importante que cada material utilizado na dosagem seja analisado previamente em laboratório (conforme normas da ABNT), a fim de verificar a qualidade para se obterem os dados necessários à elaboração do traço (massa específica, granulometria etc.).

A dosagem experimental é feita seguindo a seguinte proporção:

1 : Adição : a : b : a/c : adt%

Em que:

Quadro 1:

1: Unidade do cimento em massa, por exemplo 1 kg.

Adição: Quantidade em massa de adição

a: quantidade, em massa, de agregado miúdo em relação à massa de cimento

b: quantidade, em massa, de agregado graúdo em relação à massa de cimento

a/c: relação entre água e cimento, ou entre água e aglomerante, em massa

Adt%: relação entre massa de aditivo e massa de cimento, em percentual.

Exemplificando

Um traço comum do concreto é o de concreto armado para lajes e vigas: traço 1:2:3. Pode ser preparado em betoneira ou à mão; sua resistência, nesse caso, será da ordem de 180 kgf/cm^3. O consumo médio de cimento é 398 kgf/m^3 e de água 210 L/m^3.

Utilizando uma lata de 18 litros, o preparo será conforme Quadro 4.3.

Quadro 4.3 | Traço 1:2:3 do concreto na mão e em betoneira

Traço 1:2:3	Na mão	1 saco de cimento	30L de água	3,5 latas de areia	4,5 latas de brita
	Betoneira	1 saco de cimento	30 litros de água	4 latas de areia	5 Latas de brita

Fonte: elaborado pela autora.

Propriedades do concreto

As duas propriedades mais significativas do concreto fresco são: trabalhabilidade e exsudação.

Trabalhabilidade

A trabalhabilidade é definida pela facilidade com que os materiais que compõem o concreto podem ser misturados. A facilidade com que o concreto pode ser transportado e colocado com um mínimo de perda de homogeneidade é uma propriedade composta de pelo menos dois componentes principais:

- Fluidez (facilidade de mobilidade).
- Coesão (resistência à segregação).

A trabalhabilidade não é uma propriedade intrínseca do concreto, uma vez que está relacionada a: tipo de construção, métodos de lançamento, adensamento e acabamento. Por exemplo, um concreto que pode ser prontamente lançado em uma fundação maciça com taxa elevada de armadura sem segregar poderia ser totalmente inadequado para um pilar estrutural, com pouca armadura e grande dimensão. Ou um concreto, que é considerado trabalhável quando estão disponíveis vibradores mecânicos, pode não ser trabalhável se for usado adensamento manual.

A importância da trabalhabilidade do concreto é muito grande e deve ser atendida. Independentemente dos procedimentos de dosagem utilizados e outras considerações, tais como custo, uma mistura de concreto que não possa ser lançada facilmente ou adensada em sua totalidade provavelmente não fornecerá as características de resistência e durabilidade esperadas.

São inúmeras as propriedades do concreto fresco ligadas à trabalhabilidade, como consistência, textura, integridade de massa, poder de retenção da água e massa especifica. O Quadro 4.4 relaciona como esses fatores afetam a trabalhabilidade.

Quadro 4.4 | Fatores que afetam a trabalhabilidade

Fatores que afetam a trabalhidade	
A - Fatores Internos: (ligados aos componentes do concreto)	B - Fatores Externos: (ligados às operações de produção)
1: Consistência (relação água/mistura seca → A%) 2: Proporção cimento/agregado total → teor de finos 3: Proporção entre os agregados → (a/p) 4: Forma adequada ds grãos dos agregados 5: Aditivos plastificantes (redutores de água)	1: Tipos de mistura, transporte, lançamento e adensamento 2: Dimensões e armadura da peça a executar

Fonte: <http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~guilherme/Apostila%20CIV237%20-%2009.pdf>. Acesso em: 12 set. 2017.

Pesquise mais

Pesquise sobre os principais ensaios do concreto:

• Slump Test: mede a consistência pelo abatimento do tronco de cone (MB 256).

• Ensaios de escorregamento sem limitações: Flow test e Mesa de Graff.

• Ensaios de escorregamento com limitações: Remoldagem de Powers, Remoldagem modificado e ensaio VEBE.

• Ensaios de penetração: Graff, Irribarren, Kelly e Humm.

• Ensaio de compactação: (Glanville).

Exsudação

A exsudação pode ser definida como a tendência de a água de amassamento vir à superfície do concreto recém-lançado, devido à sua densidade (1g/cm^3) ser menor que a dos agregados (2,4g/cm^3) e a do cimento (3,1g/cm^3).

A exsudação provoca a alta porosidade, baixa resistência, nata na

superfície e redução da aderência com armaduras. Os procedimentos que diminuem os efeitos da exsudação são misturas ricas, granulometria contínua, cimentos finos e agregados de grãos arredondados.

Propriedades do concreto endurecido

As principais propriedades observadas são:

Massa específica: é a massa da unidade de volume do material incluindo os vazios. Os valores usuais normais para concreto simples são de 2400 kg/m^3, e para o concreto armado de 2500 kg/m^3 (segundo a NBR 6118:2014).

Resistência mecânica: a resistência mecânica do concreto é dividida em dois grupos. O quadro a seguir, baseado na NBR 8953:2015, apresenta estas classificações.

Quadro 4.5 | Classificação dos concretos em relação à sua resistência mecânica

Concretos do grupo I de resistência		**Concretos do grupo II de resistência**	
Designação	F_{ck}(MPa)	Designação	F_{ck}(MPa)
C10	10	C55	55
C15	15		
C20	20		
C25	25	C60	60
C30	30		
C35	35	C70	70
C40	40		
C45	45	C80	80
C50	50		

Fonte: NBR 8953.

Outro ponto importante em relação à resistência mecânica do concreto é com relação aos valores mínimos a serem adotados em projetos.

Permeabilidade e absorção

A permeabilidade do concreto está diretamente ligada à sua

porosidade. O concreto, por ser um material poroso não preenche na totalidade os vazios entre os agregados com a pasta de cimento, desta forma, a porosidade deve ser considerada. Já a absorção é o fenômeno físico pelo qual o concreto retém água nos seus poros e condutos capilares.

Deformações

As deformações do concreto estão relacionadas à sua variação de volume, que é o resultado da soma de várias parcelas:

- Variação do volume absoluto dos elementos ativos que se hidratam.
- Variação do volume de poros internos, com ar ou água.
- Variação do volume de material sólido inerte (incluindo o cimento hidratado).

Tipo de concreto e aplicações na construção civil

O concreto pode ser formado pela associação de vários materiais em proporções distintas. Estas várias formas de composição do material originam uma série de tipos de concretos; os mais utilizados estão apresentados no Quadro 4.6:

Quadro 4.6 | Tipos de concreto, descrição e suas aplicações

Tipo de Concreto	Descrição e Aplicações
Convencional	É o concreto mais visto em obras, pode ser lançado em formas ou diretamente no solo. Não utiliza aditivos e sua resistência depende do traço, variando de 10 a 40 MPa, é utilizado em fundações, estrutura, pisos e calçamentos.
Bombeado	Apresenta as mesmas características do concreto convencional, mas tem a diferença de ter maior fluidez para que seja bombeado. Apresenta maior fator água cimento e pode ser aplicado com algum aditivo de característica plástica. A aplicação dele é igual à do convencional, porém pode alcançar locais altos ou de difícil acesso.
Pré-fabricado	Esse tipo de concreto vem ganhando espaço no mercado, ele é um concreto com um controle rigoroso de qualidade que é fabricado fora do local da obra e transportado e "colocado" no local definitivo. Esse tipo de utilização permite ganho de tempo na obra.

Alta resistência inicial	Normalmente é o concreto mais caro devido ao uso de aditivos e como o próprio nome sugere atinge alta resistência em um tempo bem inferior se comparado aos outros tipos, o que permite um ganho de agilidade na construção. A aplicação pode ser vantajosa para diminuição do tempo da obra.
Pesado	Esse concreto utiliza agregados graúdos com massa específica maior, que garantem uma maior resistência mecânica, maior durabilidade e proteção. A aplicação dele é mais frequente em estruturas pesadas ou que necessitem de proteção intensa.
Projetado	Esse concreto tem mais fluidez que o concreto bombeado, pois contêm aditivos que auxiliam na aderência ao substrato; são aplicados através de máquinas de pressão que lançam um jato na superfície. É um tipo de concreto bastante aplicado no Brasil devido ao relevo demandar muitas obras de contenção; são aplicados em encostas para evitar deslizamentos.

Fonte adaptado de <http://incopre.com.br/index.php/conheca-os-6-principais-tipos-de-concreto-utilizados-em-construcoes/>. Acesso em: 12 set. 2017.

Os concretos na sua forma final podem ser também armados, ou seja, contam com a presença de aço na sua formação, ou também protendidos, nos quais existem barras de aço protendidas dentro da estrutura.

Pesquise mais

Além desses tipos citados, existem outros inúmeros, como o autoadensável, rolado, resfriado, leve, celular, com adição de fibras, submerso, ciclópico etc. Pesquise mais sobre esses tipos de concreto.

Argamassa

Argamassa é um material da construção constituído por uma mistura homogênea de um ou mais aglomerantes, agregado miúdo e água. Nessa massa podem ser adicionados produtos especiais, como aditivos ou adições de outros materiais com a finalidade de melhorar ou conferir determinadas propriedades ao conjunto.

As argamassas diferenciam-se por apresentar características plásticas e adesivas e, quando aplicadas, tornam-se rígidas e resistentes após um determinado período de tempo. Esse fato determina seus principais

empregos na construção civil, sendo utilizadas na moldagem de elementos, na aderência em outros elementos para a proteção física e mecânica de componentes. No Brasil, são utilizados tradicionalmente como agregados a areia e o pedrisco, e como aglomerantes a cal aérea, o cimento Portand e o gesso.

Reflita

Os aditivos são adicionados à mistura, em pequenas quantidades, com a finalidade de melhorar uma ou mais propriedade da argamassa tanto no estado fresco quando no estado endurecido. O uso do aditivo está muitas vezes relacionado à diminuição da retração na secagem (para diminuir fissuras), aumentar o tempo de pega mantendo a plasticidade e também para aumentar a aderência da argamassa ao substrato.

Classificação das argamassas

Em relação ao tipo de aglomerante:

- Aéreas simples: que têm a presença de cal aérea ou de gesso.
- Hidráulicas simples: o aglomerante é a cal hidratada ou o cimento.
- Mistas ou compostas: são compostas por cal aérea e cimento.

Além da classificação por tipo de aglomerante, as argamassas podem ser classificadas de acordo com sua dosagem em:

- Pobres ou magras quando o volume de pasta é insuficiente para preencher os vazios entre os grãos dos agregados.
- Cheias quando a pasta aglomerante preenche exatamente os agregados.
- Ricas ou gordas quando existe excesso de pasta.

Por último, são classificadas segundo a sua consistência: podem ser secas, plásticas ou fluidas. A escolha da mais adequada dependerá das condições exigidas na obra.

Tipos e funções das argamassas na construção civil

A seguir, no Quadro 4.7, serão apresentados os principais tipos e funções das argamassas na construção civil.

Quadro 4.7 | Tipos e funções das argamassas na construção civil

Função	Tipo de argamassa	Descrição	Propriedades
Construção de alvenarias	Assentamento	Utilizada para elevação de paredes de tijolos ou blocos	Unir os blocos, distribuir uniformemente as cargas e absorver deformações
	Fixação		
Revestimentos de paredes e tetos	Chapisco	Utilizada para revestir paredes, tetos, muros, os quais geralmente recebem acabamentos, como pinturas e outros revestimentos	Proteger a alvenaria contra intempéries e os sistemas de vedação dos edifícios fornecendo isolamento térmico, acústico e estanqueidade à água
	Emboço ou reboco		
	Camada única		
	Revestimento decorativo		
Revestimento de pisos	Contrapiso	Utilizada para regularizar a superfície	Regularizar a superfície para receber o acabamento
	Alta resistência para piso		
Revestimento cerâmico	Assentamento de peças cerâmicas	Utilizada para "colar" a peça cerâmica no substrato, vedar as juntas, ajustar defeitos	Absorver as deformações naturais do sistema de revestimento cerâmico
	Rejuntamento		
Recuperação de estrutura	Argamassa de reparo	Utilizada para reconstruir os elementos estruturais	Recuperação desses elementos através da reconstituição geométrica

Fonte adaptado de <https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/apostila-de-materiais-de-construcao-curso-tecnico>. Acesso em: 12 set. 2017.

Assimile

Tipos de argamassa de revestimento

• Chapisco: camada preparada da base que é aplicada de forma contínua e descontínua e tem a finalidade de uniformizar a superfície em relação à absorção e melhorar a aderência de revestimentos.

• Emboço: camada para revestimento executada para cobrir a regularização da base e preparar a superfície para receber outra camada que pode ser o reboco ou um revestimento decorativo (por exemplo, a cerâmica).

• Reboco: camada para cobertura do emboço e que prepara uma superfície que permite receber o revestimento decorativo, como a pintura, por exemplo, ou que pode ser o próprio acabamento final. Conforme Figura 4.9.

• Camada única: um revestimento único de argamassa que é aplicado na base e na qual já permite a aplicação da camada decorativa, como a pintura; é conhecido popularmente como "reboco paulista" ou "massa única", e atualmente é a mais empregada no Brasil.

Figura 4.9 | Tipos de argamassa de revestimento e aplicação

Fonte: <http://www.comunidadedaconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/4/caracteristicas/o-sistema/61/caracteristicas.html>. Acesso em: 12 set. 2017.

Principais propriedades das argamassas

Trabalhabilidade: esta propriedade está relacionada ao estado fresco e determina a facilidade com que pode ser misturada, aplicada, transportada e acabada em condição homogênea. Está diretamente relacionada ao traço.

Consistência e plasticidade: a forma de correção da trabalhabilidade da massa é através de correção da quantidade de água de amassamento; esse ajuste está relacionado à consistência ou fluidez da argamassa, que pode ser classificada em fluida, plástica ou seca, o que dependerá da quantidade de pasta aglomerante existente ao redor dos agregados. A plasticidade é a propriedade na qual a argamassa tende a conservar a deformação após a retirada de tensões.

Retenção de água: é a capacidade que a argamassa fresca tem de manter sua trabalhabilidade quando sofre perda de água.

Coesão: refere-se às forças de atração que existem entre as partículas sólidas da argamassa com a pasta aglomerante.

Exsudação: é a tendência de separação da água da pasta da argamassa, de forma que a água sobe e os agregados descem,

por conta da gravidade; as argamassas fluidas apresentam maior tendência a esse fenômeno.

Densidade da massa: quanto mais leve for a argamassa mais trabalhável ela será a longo prazo, o que gera um aumento de produtividade pela redução do esforço de aplicação. A densidade varia com o teor de ar e com a massa específica dos materiais constituintes, principalmente o agregado. Sua classificação está no Quadro 4.8.

Quadro 4.8 | Classificação da argamassa quanto à densidade no estado fresco

Argamassa	Densidade
Leve	$< 1{,}4\ g/cm^3$
Normal	$2{,}3 \leq A \leq 1{,}4\ g/cm^3$
Pesada	$> 2{,}3\ g/cm^3$

Fonte: elaborado pelo autor

Adesão inicial: é a capacidade de união inicial da argamassa no estado fresco a uma base, chamado de "pegajosidade". Esta propriedade está relacionada às características da pasta em relação à tensão superficial; ela pode ser alterada de acordo com o teor de cimento, da cal e também dos aditivos.

Retração: está associada à variação de volume da pasta aglomerante e reflete no desempenho das argamassas e também na estanqueidade e durabilidade.

Aderência: essa propriedade está relacionada a três interfaces de argamassa-substrato. A primeira é referente à resistência de aderência à tração, ao cisalhamento e à extensão da aderência (contato da massa com o substrato). A finura do agregado influencia diretamente essa propriedade, quanto mais contínua for a granulometria maior será o módulo de finura e maior será a aderência.

Exemplificando

A dosagem ou consumo de materiais para o preparo da argamassa, assim como o concreto, dependerá do traço escolhido. A exemplo, se uma argamassa apresentar o traço de 1:2:8 significa que ela terá 1 volume de cimento, 2 volumes de cal hidratada e 8 volumes de areia úmida.

Sistemas de produção

Uma parte importante do processo de decisão da aplicação da

argamassa é a forma na qual ela é produzida e transportada na obra. Basicamente os sistemas de produção existentes são:

- Argamassa preparada na obra.
- Argamassa industrializada em sacos.
- Argamassa preparada em central.
- Argamassa industrializada em silos.

A escolha do sistema de produção e transporte da argamassa vai depender de alguns fatores como: a área para estocagem de materiais, local de produção, mobilização dos meios de transporte, instalações e consumo de água e energia, limitação de peso e altura, disponibilidade de fornecedores, ajustes de traço, responsabilidade na dosagem, planejamento, cronograma da obra, mão de obra especializada etc.

Pesquise mais

Pesquise sobre a dosagem dos concretos e argamassas, através do link: <http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~guilherme/Apostila%20CIV237%20-%2009.pdf>. Acesso em: 12 set. 2017.

Sem medo de errar

Estamos na fase de construção da residência em que você, engenheiro responsável pela obra, terá que enfrentar alguns desafios e decisões importantes. Para a concretagem da estrutura da residência, pilares, vigas e lajes você deverá explicar para seu estagiário de que tipo de concreto optará para a concretagem dessas estruturas.

Você, então, deverá orientá-lo a receber o pedido do concreto para a obra, explicar quais propriedades são verificadas no concreto fresco e endurecido. Lembrando que a obra está com o prazo curto e com pouca mão de obra. Além disso, por se tratar de uma residência com dois andares, a laje que será concretada está a sete metros de altura.

Para a concretagem de vigas, pilares e lajes algumas considerações devem ser feitas: a primeira é que, como a concretagem da laje é no segundo andar, o ideal é pedir concreto bombeado para esse local, pois facilita a aplicação, além de otimizar tempo e ocupação da mão de obra. Para as vigas e pilares, apesar de existir a possibilidade de fabricação do

concreto in loco, pela agilidade e garantia da qualidade, deve-se optar por comprar concreto usinado.

Em relação às propriedades, que podem ser observadas no concreto fresco, temos a trabalhabilidade e exsudação. A trabalhabilidade está relacionada à facilidade com que o concreto pode ser transportado sem perder a homogeneidade e a exsudação como a tendência da água de amassamento vir à superfície do concreto recém-lançado. Após a concretagem, as propriedades adquiridas do concreto estão relacionadas à sua resistência mecânica, permeabilidade, absorção e deformações.

Ao receber o concreto usinado, deve-se conferir o documento de entrega que conterá as informações de volume de concreto, classe de agressividade, valor do *slump-test*, resistência do concreto à compressão (fck) e presença de aditivo, quando solicitado. O estagiário deverá conferir o material de acordo com o pedido original e com as especificações do projeto. Além disso, ele deverá observar a quantidade de água existente no concreto e se está compatível com o pedido realizado. O ideal, além de repetir o ensaio do *slump-test* no local, é moldar um corpo de prova no local para o ensaio de resistência à compressão em um laboratório. Mesmo que haja o ensaio por parte da empresa que fornecerá o concreto, é fundamental realizá-lo a fim de garantir a qualidade das estruturas concretadas.

Por fim, o estagiário deverá realizar a leitura da NBR 12655:2015 que descreve como deve ser o preparo, controle e recebimento do concreto de cimento Portland.

Avançando na prática

Principais tipos de argamassas utilizadas em uma obra residencial

Descrição da situação-problema

Na obra em que você está como engenheiro responsável, um grupo de alunos de Engenharia Civil fará uma visita para conhecer os principais tipos de argamassas que podem ser utilizadas em uma obra residencial. Dessa forma, você, engenheiro da obra, deverá preparar um material resumido dessas aplicações e explicar quais características são esperadas em cada uma delas.

Resolução da situação-problema

Os tipos de argamassas utilizadas na construção residencial e suas

características e propriedades estão resumidos no Quadro 4.9.

Quadro 4.9 | Tipos de argamassas utilizadas na construção residencial, suas características e propriedades

Função	Tipo de argamassa	Descrição	Propriedades
Construção de alvenarias	Assentamento	Utilizada para elevação de paredes de tijolos ou blocos	Unir os blocos, distribuir uniformemente as cargas e absorver deformações
	Fixação		
Revestimentos de paredes e tetos	Chapisco	Utilizada para revestir paredes, tetos, muros, os quais geralmente recebem acabamentos, como pinturas e outros revestimentos	Proteger a alvenaria contra intempéries e os sistemas de vedação dos edifícios fornecendo isolamento térmico, acústico e estanqueidade à água
	Emboço ou reboco		
	Camada única		
	Revestimento decorativo		
Revestimento de pisos	Contrapiso	Utilizada para regularizar a superfície	Regularizar a superfície para receber o acabamento
	Alta resistência para piso		
Revestimento cerâmico	Assentamento de peças cerâmicas	Utilizada para "colar" a peça cerâmica no substrato, vedar as juntas, ajustar defeitos	Absorver as deformações naturais do sistema de revestimento cerâmico
	Rejuntamento		
Recuperação de estrutura	Argamassa de reparo	Utilizada para reconstruir os elementos estruturais	Recuperação desses elementos através da reconstituição geométrica

Fonte adaptado de <https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/apostila-de-materiais-de-construcao-curso-tecnico>. Acesso em: 12 set. 2017.

Faça valer a pena

1. O concreto pode ser definido como o resultado da mistura de cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo. Na mistura do concreto, o cimento Portland, juntamente com a água, formam uma pasta fluida dependendo da quantidade de água adicionada.

Com relação às funções dos materiais que compõem o concreto, quais das afirmações são VERDADEIRAS?

I - A função da pasta é envolver os agregados, preenchendo os vazios formados, dando ao concreto possibilidades de manuseio quando recém-misturado.

II - A função da pasta é aglutinar os agregados no concreto endurecido, dando certa impermeabilidade, resistência aos esforços mecânicos e durabilidade frente aos agentes agressivos.

III - Os agregados têm a função de contribuir com grãos capazes de resistir aos esforços solicitantes, ao desgaste e à ação das intempéries.
IV - Os agregados devem ser utilizados em proporção menor que o cimento, para reduzir o custo, uma vez que o custo de agregados é maior que o custo do cimento.
a) I e II.
b) II e IV.
c) I, II e III.
d) II, III e IV.
e) I, III e IV.

2. As argamassas diferenciam-se por apresentar características plásticas e adesivas, e quando aplicadas tonam-se rígidas e resistentes após um determinado período de tempo. Esse fato determina seus principais empregos na construção civil.
As argamassas podem ser classificadas por tipo de aglomerante e de acordo com sua dosagem. Desta maneira, uma argamassa que seja composta exclusivamente por cal aérea cuja dosagem preencha exatamente os agregados é classificada como:
a) Hidráulica simples e pobre.
b) Aérea simples e rica.
c) Mista e cheia.
d) Hidráulica simples e cheia.
e) Aérea simples e cheia.

3. Algumas das principais propriedades das argamassas são: a _____, que está relacionada ao estado fresco e determina a facilidade em que pode ser misturada, aplicada e transportada, a _____ que é a capacidade que a argamassa fresca tem de manter sua trabalhabilidade quando sofre perda de água e a _____, que se refere às forças de atração que existem entre as partículas sólidas da argamassa com a pasta aglomerante.
Qual das alternativas contém palavras que preenchem, corretamente, as lacunas do texto?
a) Consistência, retenção de água, trabalhabilidade.
b) Trabalhabilidade, coesão, consistência.
c) Trabalhabilidade, retenção de água, coesão.
d) Retenção de água, trabalhabilidade, coesão.
e) Consistência, coesão, retenção de água.

Seção 4.3

Entulho e materiais reciclados

Diálogo aberto

Na seção anterior, estudamos dois materiais muito importantes na construção civil: o concreto e a argamassa. Em relação ao concreto, conhecemos sua composição, o papel de cada componente que contribui no seu desempenho, dosagem e as principais propriedades da massa fresca e do concreto endurecido e, por último, os tipos de concretos e suas principais aplicações na construção civil. Em relação à argamassa, vimos suas classificações através de seus aglomerantes, os tipos e funções das argamassas na construção civil e suas principais propriedades e sistemas de produção.

Nesta seção da última unidade do material, abordaremos os impactos que a construção civil produz no meio ambiente através da geração de resíduos e consumo de matéria-prima. Estudaremos a classificação dos resíduos gerados pela construção, o entulho, em especial, a importância do planejamento de resíduos na obra e, por fim, conheceremos alguns exemplos de materiais reciclados ou que podem ser reutilizados na construção civil.

Após a finalização da construção da residência na qual foi o engenheiro responsável pela obra, você assumirá uma grande obra e, como parte das ações iniciais, terá que realizar o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil. Para isto deverá identificar os itens pertencentes a esse plano. Lembremos que o Artigo 8º da Resolução CONAMA 307 declara que as empresas são responsáveis por elaborar e programar Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil, objetivando estabelecer os procedimentos necessários para o manejo e destinação ambiental correta dos resíduos.

Para essa última seção é recomendada a realização de pesquisas e leitura dos materiais de apoio propostos. Além disso, é importante a constante atualização do profissional da construção civil, principalmente em relação às novas tecnologias e novos materiais.

Desejamos muito sucesso para você!

Não pode faltar

Construção civil, impacto no meio ambiente e resíduos gerados

A construção civil, no Brasil, é responsável por inúmeros impactos sociais, econômicos e ambientais, principalmente por possuir uma posição de destaque na economia. Apesar dos inúmeros benefícios relacionados a essa indústria, como a geração de empregos, moradias, renda e desenvolvimento da infraestrutura, ela é um grande consumidor de recursos naturais e de geração de resíduos.

A indústria da construção civil é responsável por um grande volume de materiais e de atividades em canteiros de obra, gerando uma enorme quantidade de resíduos produzidos principalmente em áreas urbanas, que são depositados de maneira indistinta e em locais inadequados, como terrenos baldios. O principal desafio do setor é conciliar essa atividade produtiva com condições que caminhem para o desenvolvimento sustentável e menos agressivo ao meio ambiente.

Hoje, no Brasil, a principal ação, em termos legais, que visa à questão do resíduo da construção civil e o meio ambiente veio através da Resolução n° 307 do CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, que está em vigor desde 2003 e estabelece obrigações para os municípios e geradores de resíduos.

Pesquise mais

Pesquise mais sobre a Resolução do CONAMA n° 307, acessando o link: <http://www.mma.gov.br/estruturas/a3p/_arquivos/36_09102008030504.pdf>. Acesso em: 12 set. 2017.

Recursos naturais x construção civil

A construção civil consome de 20 a 50% dos recursos naturais no mundo. No Brasil, são gerados cerca de 35 milhões de toneladas de cimento, o que resulta em mais de 200 milhões de toneladas de agregados consumidos apenas para a produção de concretos e argamassas.

Em estudo realizado, cerca de dois terços da madeira natural extraída das florestas são para emprego na construção. Algumas matérias-primas

da construção têm reservas escassas como, o cobre, que tem projeção de algumas décadas para a extração.

Classificação e destinação dos resíduos da construção civil

Os resíduos da construção civil são classificados em quatro classes, sendo que cada uma apresenta características próprias e corretas destinações.

Classe A: são os resíduos que podem ser reutilizáveis ou reciclados na própria construção civil, como: os provenientes de construção, demolição, reformas, pavimentação, terraplanagem, componentes cerâmicos, argamassas, concretos etc. (conforme ilustrado na Figura 4.10). São comumente chamados de entulhos.

Figura 4.10 | Resíduos Classe A

Fonte: <https://goo.gl/WzmV8w> e <https://goo.gl/Y29V3K>. Acesso em: 12 set. 2017.

Destinação: deverão ser reciclados ou reutilizados na forma de agregados ou encaminhados para aterros de resíduos da construção civil para que permita sua utilização ou uma reciclagem futura.

Classe B: resíduos que têm outras destinações, a exemplo do papel, papelão, plásticos, metais, vidros e madeira, conforme exemplo na Figura 4.11.

Figura 4.11 | Resíduos Classe B

Fonte: <https://goo.gl/BCHU1U> e <https://goo.gl/NkcTAf>. Acesso em: 12 set. 2017.

Destinação: deverão ser reciclados, reutilizados ou encaminhados para locais que permitam sua utilização ou reciclagem futura.

Classe C: resíduos que não permitem a reciclagem ou recuperação, seja por tecnologia ainda não desenvolvida ou por não ser economicamente viável como, por exemplo, a lã de vidro.

Destinação: devem ser transportados, armazenados e destinados conforme normas técnicas.

Classe D: são os resíduos perigosos originados no processo de construção, como tintas, solventes, vernizes, óleos etc. Ou aqueles que estão contaminados e são prejudiciais à saúde, como, as telhas de amianto, reformas e reparos em clínicas radiológicas ou instalações industriais. A Figura 4.12 ilustra alguns exemplos do resíduo classe D.

Figura 4.12 | Resíduos Classe D

Fonte: <https://goo.gl/cH2rbi> e <https://goo.gl/d4NQdN>. Acesso em: 12 set. 2017.

Destinação: devem ser transportados, armazenados e destinados conforme normas técnicas.

Assimile

Perdas na construção civil

Nos canteiros de obra no Brasil existem significativas perdas de materiais durante o processo de construção, conforme mostra o Quadro 4.10.

Quadro 4.10 | Perdas médias de materiais de construção civil em canteiros brasileiros

Material	Perda
Cimento	56%
Aço	9%
Blocos e tijolos	13%
Areia	44%
Concreto	9%

Fonte: John (2000).

As perdas podem ser caracterizadas por todas as tarefas que são desnecessárias e que elevam os custos sem adicionar valor ao produto e, se eliminadas, não prejudicam o trabalho efetivo. Elas podem ser classificadas de diversas maneiras e estão relacionadas, de modo geral, com as atividades da construção, podendo ser dividas em:

- Perdas por superprodução.
- Perdas de movimento e transporte.
- Perdas de espera e manutenção de estoques.
- Perdas de fabricação por produtos defeituosos.
- Perdas durante o processamento ou durante a substituição (retrabalho).

É importante compreender como as perdas podem ocorrer para que a atuação de melhoria nesses processos aja diretamente na causa do problema.

Entulhos

Entulho pode ser definido como um conjunto de fragmentos ou restos de construções provenientes de reformas, demolições ou do próprio processo de construção. É constituído por praticamente todos os materiais utilizados na construção civil, como tijolos, brita, areia, materiais cerâmicos, concreto, madeira, tintas, plásticos, papéis, entre outros.

O entulho apresenta-se de forma sólida, com características que variam dependendo dos formatos e dimensões dos resíduos gerados. Surgem em áreas e tempos diferentes durante o processo de construção e são misturados nos equipamentos de transporte, nas chamadas caçambas.

Reflita

Planejamento de resíduos na obra

O Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PGRCC) é um documento técnico que tem como objetivo estabelecer a destinação e manejo dos resíduos gerados na obra. Ele identifica a quantidade de cada tipo de resíduo que será gerado em cada etapa da construção. O plano basicamente deve apresentar:

• Caracterização: identificação e quantificação dos resíduos.

• Triagem: preferencialmente na obra, respeitando as classes dos resíduos.

• Acondicionamento: garantia de confinamento até o transporte.

• Transporte: em conformidade com as características dos resíduos e com as normas técnicas específicas.

• Destinação: designada de forma diferenciada, conforme as classes estabelecidas.

Conforme a Resolução do CONAMA nº307/2002, a segregação dos resíduos deve acontecer na própria obra com a responsabilidade do gerador de garantir o adequado manejo e disposição final dos resíduos, seja para tratamento, reciclagem ou aterros. Em 2010, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei Federal nº 12.305/2010), a elaboração e a implementação do PGRCC - Plano de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil - tornou-se obrigatória para as empresas de construção civil.

Alternativas para redução do impacto ambiental

• Alteração do projeto visando à redução do consumo de recursos. Exemplo: aproveitamento da luz e ventilação natural que promovam economia no consumo de energia.

• Substituição de equipamentos ou sistemas descartáveis por outros com maior durabilidade. A exemplo, temos escoras de madeira sendo substituídas por escoras metálicas que têm um tempo de vida longo e evitam a extração da madeira.

• Reciclagem dos resíduos gerados ou aplicação de materiais reciclados. Exemplo: separação dos materiais reciclados em obra, como plástico, papelões e papéis, e também a substituição de agregados naturais por agregados reciclados, diminuindo, assim, a extração de novos recursos naturais.

• Planejamento e novos produtos. Exemplo: planejamento em obra de consumo de materiais e de armazenamento adequado para evitar perdas, além de compatibilização de projetos para evitar retrabalhos ou quebras nas atividades realizadas que geram maiores quantidades de resíduos.

Pesquise mais

Pesquise sobre as normas ABNT referentes aos resíduos da construção civil.

ABNT NBR 10004:2004 – Resíduos sólidos – Classificação

ABNT NBR 15112:2004 – Resíduos sólidos da construção civil – Áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação

ABNT NBR 15116 - Agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - Utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – Requisitos.

Materiais reciclados ou reutilizados na construção civil

A importância da reutilização e do reaproveitamento dos resíduos na construção civil é enorme e traz impactos ambientais por minimizar a necessidade de extração de matéria-prima e também na diminuição de deposição de resíduos no meio ambiente. No aspecto econômico, a produção, por exemplo, de agregados com base em entulhos gera economias de mais de 70% se comparados à compra de agregados naturais. Além disso, existe também o aspecto social, pois o emprego de material reciclado traz bons resultados aos programas de habitação e pode aumentar a taxa de empregos na região.

A reciclagem é o processo de transformação de resíduos em novos produtos para que possam ser utilizados novamente. A seguir, serão apresentados alguns materiais que podem ser reciclados.

Aço: possui uma boa reciclabilidade, porém seu processo é feito apenas na escala industrial e gera impactos devido ao alto consumo de energia para sua reciclagem. Por isto, é pouco reciclado.

Vidro: também é reciclado na escala industrial.

Madeira: pode ser reciclada e utilizada como compensado através do processo de moagem e prensagem. Pode ser utilizada em painéis, fechamentos ou móveis.

Apesar da reciclagem desses materiais, os resíduos mais comuns e com maior volume gerados na construção são restos de alvenaria, revestimentos, areia, cimento, concreto etc., os chamados entulhos.

Reciclagem do entulho

O processo de reciclagem do entulho inicia-se na separação dos componentes, a fim de se evitar a mistura dos materiais entre si e de contaminantes. Em seguida, é passado pelo processo de britagem de acordo com o tamanho que se deseja reduzir as partículas.

Quando o entulho está devidamente reciclado, ou seja, apresenta propriedades físicas tão boas quanto os materiais originais, podem ser aplicados como matéria-prima na produção de material de construção. Sua aplicação acontece desde preenchimentos de estrutura, até na fabricação de blocos e concreto. A Figura 4.13 mostra um exemplo de aplicação do entulho reciclado.

Figura 4.13 | Processo de reciclagem do entulho em blocos

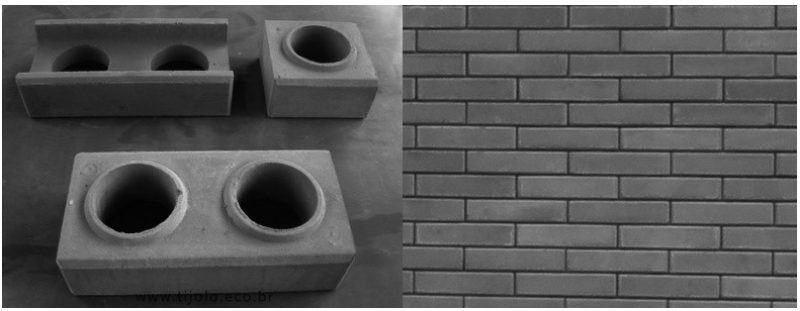
Entulho homogeneizado **Agregado reciclado** **Blocos feitos a partir do agregado**

Fonte: <http://www.fau.usp.br/arquivos/disciplinas/au/aut0221/Trabalhos%20Finais%202006/A%20reutiliza%C3%A7%C3%A3o%20de%20materiais%20na%20constru%C3%A7%C3%A3o%20civil.pdf>. Acesso em: 12 set. 2017.

Tijolo ecológico

Esse tipo de tijolo, disponível do mercado, não necessita de assentamento por argamassa, mas por encaixe, apresenta uma estrutura robusta com boa qualidade térmica e estética, o que traz economia no consumo de cimentos, brita, areia, reboco etc. A Figura 4.14 ilustra este tipo de material.

Figura 4.14 | Tijolo ecológico



Fonte: <http://www.tijolo.eco.br/shop/product/tijolo-ecologico-30-x-15/>. Acesso em: 12 set. 2017.

Exemplificando

Além do tijolo ecológico, existem os tijolos feitos de garrafa PET, chamados de Isopet. Esses blocos são fabricados com a utilização de garrafas pet, areia, cimento e isopor reciclado e não necessitam de argamassa para o assentamento.

Asfalto-borracha ou asfalto ecológico

Como estudado no início da unidade, os polímeros, apesar de suas inúmeras vantagens, como material, trazem um grande problema ecológico por seu longo período para decomposição, pois os pneus e algumas borrachas não permitem a reciclagem. A reutilização dessa borracha nos ligantes asfálticos para pavimentação tem trazido não só um ganho ecológico, mas uma melhoria no desempenho final do asfalto. A Figura 4.15 ilustra as etapas do asfalto borracha até a formação do pavimento.

Figura 4.15 | Asfalto-borracha

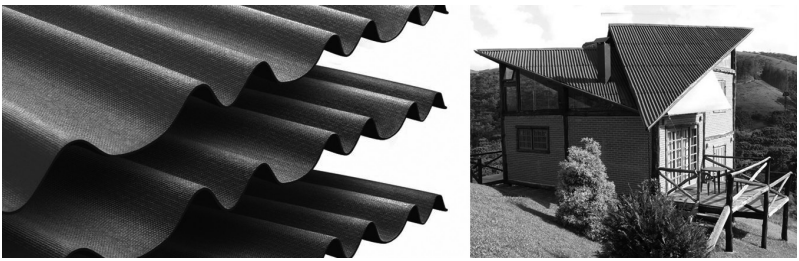
Fonte: <http://papodeenge.blogspot.ca/2016/03/asfalto-borracha-adicao-de-po-de.html>. Acesso em: 12 set. 2017.

O asfalto-borracha, como é mais conhecido, é um revestimento de pavimento constituído por pó de pneu usado (cerca de 14%). Tem inúmeras vantagens, como o aumento da vida útil do pavimento, maior durabilidade para altos tráfegos e o principal: a destinação sustentável de pneus inservíveis.

Telhas ecológicas

Essa solução de telhas ecológicas está cada vez mais sendo utilizada. São fabricadas a partir de materiais reciclados ou fibras naturais, conforme ilustrado na Figura 4.16. A sua utilização, além de ajudar a preservar o meio ambiente, traz também vantagens ao consumidor, podendo ser encontrada em lojas de materiais de construção.

Figura 4.16 | Telhas de fibras vegetais



Fonte: <goo.gl/5TtBVM>; <goo.gl/hi6uxK>. Acesso em: 22 set. 2017.

As telhas ecológicas podem ser de fibras vegetais, de papel e até de tubo de pasta de dente. São fabricadas de maneiras diferentes com diversas dimensões, formatos e design. Sua aplicação pode ser desde residências a comércios e indústrias.

Pesquise mais

Acesse o site: <http://arquiteturamaissustentavel.com.br/lista-de-materiais-ecologicos.html> (acesso em: 12. set. 2017) e conheça mais sobre materiais ecológicos e ecoprodutos utilizados na construção civil.

Sem medo de errar

Após a finalização da construção da residência, você, engenheiro responsável, assumiu uma grande obra e, como parte das ações iniciais, terá que realizar o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

Para realizar esse plano, você identificou quais são os itens pertencentes a ele através do Artigo 8º da Resolução CONAMA 307, que declara que as empresas são responsáveis por elaborar e implementar Projetos de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil.

O Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil – PGRCC –, que tem o objetivo de estabelecer procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequada, deverá conter basicamente cinco atividades distintas que são caracterizadas como:

1) Caracterização: identificação e quantificação dos resíduos da

obra em cada etapa, classificando-os de acordo com sua classe e com o cronograma de execução de obra. Além disso, deve-se descrever os procedimentos que serão adotados na obra, a fim de minimizar a geração dos resíduos sólidos.

2) Triagem: nesta etapa deverão ser planejados os locais e formas de triagem dos resíduos da obra; essa segregação deverá ser feita logo após a sua geração e os materiais armazenados de maneira adequada no canteiro de obras. Os procedimentos de como os resíduos serão priorizados e segregados devem ser descritos nesse item.

3) Acondicionamento: neste item devem ser descritos os procedimentos que serão adotados para acondicionamento dos resíduos de forma que garantam a integridade dos materiais. Os locais para acondicionamento deverão ser identificados na planta do canteiro de obras.

4) Transporte: nesta etapa deverão ser descritos os procedimentos relativos ao transporte dos resíduos e também os procedimentos que serão adotados para reutilização e reciclagem dos resíduos gerados no próprio canteiro de obra. Para o transporte externo dos resíduos deverão ser identificadas empresas licenciadas para realizar o transporte até a destinação final, bem como a definição de veículos, horários de coleta, frequência e itinerário.

5) Destinação de resíduos: na parte final do plano deverão estar descritos os procedimentos que deverão ser adotados com relação à destinação dos resíduos por classe, de acordo com a resolução do CONAMA. E, por fim, apresentar carta de viabilidade de recebimento/destinação de empresa licenciada para destinação ou de área de triagem e Transbordo da classe de resíduo.

Avançando na prática

Resíduos na construção civil

Descrição da situação-problema

Durante a fase de planejamento e execução das obras, diversas ações podem ser feitas a fim de otimizar e reutilizar os materiais dentro da obra. Quais são essas ações? E quais os benefícios que os materiais reutilizados ou reciclados trazem para a construção civil e o meio ambiente?

Resolução da situação-problema

A otimização e possível reutilização de materiais dentro das obras inicia-se na fase do projeto. Através da adequação de projetos é possível reduzir o consumo energia por meio de soluções mais ecológicas, como aproveitamento de luz e ventilação natural, além de definição da aplicação de produtos ecológicos ou recicláveis no lugar de materiais tradicionais.

Nessa fase, também é possível avaliar sistemas construtivos e materiais aplicados em cada etapa, optando por materiais de maior durabilidade e que possam ser reaproveitados durante a obra. O profissional da Engenharia Civil deve estar sempre atento a novos produtos e materiais que são lançados frequentemente no mercado e que podem evitar retrabalhos ou diminuir o desperdício de materiais.

Durante a execução da obra, a reciclagem de resíduos gerados, além da diminuição da extração de recursos naturais, traz economias financeiras e diminui a geração de resíduos. Como visto, o Plano Integrado de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil também auxilia na correta destinação e manejo dos resíduos, o que traz uma série de benefícios não só para o meio ambiente como para o gerador do resíduo.

Os tijolos e telhas ecológicas podem ter materiais de composição oriundos de resíduos e permitem também sua instalação com menor consumo de material se comparado aos tradicionais. Alguns produtos gerados a partir de materiais descartados, como é o caso do asfalto-borracha, têm inúmeras vantagens, como o aumento da vida útil do pavimento, maior durabilidade e, como fator principal, a destinação sustentável de pneus inservíveis.

Faça valer a pena

1. A construção civil consome de 20 a 50% dos recursos naturais no mundo. No Brasil, são gerados cerca de 35 milhões de toneladas de cimento, o que resulta em mais de 200 milhões de toneladas de agregados consumidos apenas para a produção de concretos e argamassas.
Com relação aos entulhos da construção civil, qual alternativa não corresponde aos entulhos?
a) Entulho é o conjunto de fragmentos ou restos de construções provenientes exclusivamente de reformas e demolições de construção.
b) É constituído por praticamente todos os materiais utilizados na construção civil, como tijolos, brita, areia, materiais cerâmicos, concreto,

madeira, tintas, plásticos, papéis, entre outros.
c) O entulho apresenta-se de forma sólida.
d) O entulho surge em áreas e em tempos diferentes durante o processo de construção
e) Os entulhos são misturados e transportados em equipamentos chamados de caçambas.

2. As perdas podem ser caracterizadas por todas as tarefas que são desnecessárias e que elevam os custos sem adicionar valor ao produto e que, se eliminadas, não prejudicam o trabalho efetivo. Podem ser classificadas de acordo com sua origem.
Com relação às perdas na construção civil, quais alternativas são verdadeiras?
I - As perdas podem ser caracterizadas por todas as tarefas desnecessárias e que elevam os custos sem adicionar valor ao produto.
II - Ao eliminar as perdas, o trabalho em obra é prejudicado.
III - As perdas podem ser classificadas apenas em: perdas por superprodução e perdas de movimento e transporte.
IV - As perdas estão relacionadas, de modo geral, com as atividades da construção.
a) I e II.
b) II e IV.
c) I, II e IV.
d) II, III e IV.
e) I e IV.

3. O quadro a seguir apresenta as definições de quatro conceitos de resíduos gerados na construção civil.

I	Definido como um conjunto de fragmentos ou restos de construções provenientes de reformas, demolições ou do próprio processo de construção.
II	São caracterizadas por todas as tarefas desnecessárias e que elevam os custos sem adicionar valor ao produto e que, se eliminadas, não prejudicam o trabalho efetivo.

III	São os resíduos que podem ser reutilizáveis ou reciclados na própria construção civil, como os provenientes de construção, demolição, reformas, pavimentação, terraplanagem.
IV	Resíduos que têm outras destinações, a exemplo do papel, papelão, plásticos, metais, vidros e madeira.

Qual das alternativas relaciona, respectivamente, as definições ?

a) Entulho, perdas, resíduo classe A e resíduo classe D.
b) Perdas, entulho, resíduo classe B e resíduo classe A.
c) Perdas, entulho, resíduo classe C e resíduo classe A.
d) Perdas, entulho, resíduo classe B e resíduo classe D.
e) Entulho, perdas, resíduo classe A e resíduo classe B.

Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7200: **Execução de revestimentos de paredes e tetos de argamassas inorgânicas**. Rio de Janeiro, 1998.

Acrescentar: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2014.

_____. **NBR 8953**: concreto para fins estruturais – classificação por grupos de resistência, massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2015a.

_____. **NBR 13749**: revestimento de paredes e tetos de argamassas Inorgânicas. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 5738**: concreto: procedimento para moldagem e cura de corpos-de-prova. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **NBR 12655**: concreto de cimento Portland – preparo, controle e recebimento. Rio de Janeiro, 2015b.

_____. **NBR 10004**: resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15112**: resíduos sólidos da construção civil – áreas de reciclagem – Diretrizes para projeto, implantação e operação. Rio de Janeiro, 2004.

_____. **NBR 15116**: agregados reciclados de resíduos sólidos da construção civil - utilização em pavimentação e preparo de concreto sem função estrutural – requisitos. Rio de Janeiro, 2004.

AGUIAR, J. **Apontamentos de materiais de construção 2**. Universidade do Minho, Guimarães. v. 5, 2000.

AGOPYAN et. al. **Reciclagem de resíduos da construção**. Departamento de Engenharia de Construção Civil, Escola Politécnica da USP, 1998.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. **Resolução nº 307, de 5 de julho de 2002**. Brasília DF, n. 136, 17 de julho de 2002. Seção 1.

CANEVAROLO Jr., SEBASTIÃO V. **Ciência dos polímeros – um texto básico para tecnólogos e engenheiros**. São Paulo: Artilber Editora, 2002.

CINCOTTO, M. A., (Coord.); SILVA, M. A. C.; CASCUDO, H. C. **Argamassas de revestimento:** características, propriedades e métodos de ensaio. Publicação IPT 2378. São Paulo – SP. 1995.

CHAVES, André Luiz de Oliveira. **Os polímeros utilizados na construção civil e seus subsídios**. EESC - Escola de Engenharia de São Carlos, Dissertação de Mestrado. São Carlos, 1998.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução CONAMA n° 001**. Dá

diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental. Brasília, 1986.

_____. **Resolução CONAMA nº 307**. Dispõe sobre gestão dos resíduos da construção civil. Brasília, 2002.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil**: contribuição para metodologia de pesquisa e desenvolvimento. Tese (Livre Docência) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Departamento de Engenharia de Construção Civil. São Paulo, 2000.

LEVY, S. M. **Reciclagem de entulho de construção civil para utilização como agregado de argamassas e concreto**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 1997.

ISBN 978-85-522-0191-5