

INSTITUTO FEDERAL SUL-RIO-GRANDENSE

UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL

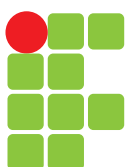
**Programa de Fomento ao Uso das
TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO - TICS**

TICS

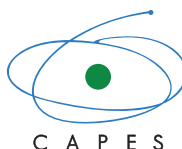
MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO BÁSICOS

Sabrina Elicker Hagemann

Ministério da
Educação



INSTITUTO FEDERAL
SUL-RIO-GRANDENSE



Copyright© 2011 Universidade Aberta do Brasil
Instituto Federal Sul-rio-grandense

Apostila de Materiais de Construção Básicos

HAGEMANN, S. E.

2011/2

Produzido pela Equipe de Produção de Material Didático da Universi-
dade Aberta do Brasil do Instituto Federal Sul-rio-grandense

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS

PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA

Dilma Rousseff

PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

Fernando Haddad

MINISTRO DO ESTADO DA EDUCAÇÃO

Luiz Cláudio Costa

SECRETÁRIO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR - SESU

Eliezer Moreira Pacheco

SECRETÁRIO DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA

Luís Fernando Massonetto

SECRETÁRIO DA EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA – SEED

Jorge Almeida Guimarães

PRESIDENTE DA COORDENAÇÃO DE APERFEIÇOAMENTO DE PESSOAL DE NÍVEL SUPERIOR - CAPES

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA SUL-RIO-GRANDENSE [IFSUL]

Antônio Carlos Barum Brod

REITOR

Daniel Espírito Santo Garcia

PRÓ-REITOR DE ADMINISTRAÇÃO E DE PLANEJAMENTO

Janete Otte

PRÓ-REITORA DE DESENVOLVIMENTO INSTITUCIONAL

Odeli Zanchet

PRÓ-REITOR DE ENSINO

Lúcio Almeida Hecktheuer

PRÓ-REITOR DE PESQUISA, INOVAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO

Renato Louzada Meireles

PRÓ-REITOR DE EXTENSÃO

IF SUL-RIO-GRANDENSE CAMPUS PELOTAS

José Carlos Pereira Nogueira

DIRETOR-GERAL DO CAMPUS PELOTAS

Clóris Maria Freire Dorow

DIRETORA DE ENSINO

João Róger de Souza Sastre

DIRETOR DE ADMINISTRAÇÃO E PLANEJAMENTO

Rafael Blank Leitzke

DIRETOR DE PESQUISA E EXTENSÃO

Roger Luiz Albernaz de Araújo

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR

IF SUL-RIO-GRANDENSE

DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Luis Otoni Meireles Ribeiro

CHEFE DO DEPARTAMENTO DE EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA

Beatriz Helena Zanotta Nunes

COORDENADORA DA UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL – UAB/IFSUL

Marla Cristina da Silva Sopenã

COORDENADORA ADJUNTA DA UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL – UAB/IFSUL

Cinara Ourique do Nascimento

COORDENADORA DA ESCOLA TÉCNICA ABERTA DO BRASIL – E-TEC/IFSUL

Ricardo Lemos Sainz

COORDENADOR ADJUNTO DA ESCOLA TÉCNICA ABERTA DO BRASIL – E-TEC/IFSUL

IF SUL-RIO-GRANDENSE

UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL

Beatriz Helena Zanotta Nunes

COORDENADORA DA UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL – UAB/IFSUL

Marla Cristina da Silva Sopenã

COORDENADORA ADJUNTA DA UNIVERSIDADE ABERTA DO BRASIL – UAB/IFSUL

Mauro Hallal dos Anjos

GESTOR DE PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO

PROGRAMA DE FOMENTO AO USO DAS TECNOLOGIAS DE COMUNICAÇÃO E INFORMAÇÃO NOS CURSOS DE GRADUAÇÃO –TICS

Raquel Paiva Godinho

GESTORA DO EDITAL DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO – TICS/IFSUL

Ana M. Lucena Cardoso

DESIGNER INSTRUCIONAL DO EDITAL TICS

Lúcia Helena Gadret Rizzolo

REVISORA DO EDITAL TICS

EQUIPE DE PRODUÇÃO DE MATERIAL DIDÁTICO – UAB/IFSUL

Lisiane Corrêa Gomes Silveira
GESTORA DA EQUIPE DE DESIGN

Denise Zarnottz Knabach
Felipe Rommel
Helena Guimarães de Faria
Lucas Quaresma Lopes
Tabata Afonso da Costa
EQUIPE DE DESIGN

Catiúcia Klug Schneider
GESTORA DE PRODUÇÃO DE VÍDEO

Gladimir Pinto da Silva
PRODUTOR DE ÁUDIO E VÍDEO

Marcus Freitas Neves
EDITOR DE VÍDEO

João Eliézer Ribeiro Schaun
GESTOR DO AMBIENTE VIRTUAL DE APRENDIZAGEM

Giovani Portelinha Maia
GESTOR DE MANUTENÇÃO E SISTEMA DA INFORMAÇÃO

Anderson Hubner da Costa Fonseca
Carlo Camani Schneider
Efrain Becker Bartz
Jeferson de Oliveira Oliveira
Mishell Ferreira Weber
EQUIPE DE PROGRAMAÇÃO PARA WEB

SUMÁRIO



GUIA DIDÁTICO	8
UNIDADE A	13
INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO	15
Classificação	16
Propriedades gerais dos materiais	16
Esforços mecânicos	16
Atividades	19
UNIDADE B	23
NOÇÕES DE GEOLOGIA	25
Rochas na Engenharia	26
Minerais	26
Formação e classificação das rochas	27
PEDRAS NATURAIS COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO	29
Principais características das rochas como materiais de construção	29
Principais rochas utilizadas como material de construção	30
Atividade	36
UNIDADE C	37
AGREGADOS	39
Classificação	39
Pedra brita	39
Areia	42
Cascalho	43
Argila expandida	43
Escória de alto forno	43
Atividade	45
PROPRIEDADES FÍSICAS E ENSAIOS COM AGREGADOS MIÚDOS	46
Granulometria	46
Dimensão máxima característica	39
Módulo de finura	39
Substâncias nocivas	42
Massa unitária ou massa específica aparente	43
Teor de umidade	43
Coeficiente de vazios	43
Atividade	45
PROPRIEDADES FÍSICAS E ENSAIOS COM AGREGADOS GRAÚDOS	61
Granulometria	46
Dimensão máxima característica	39
Módulo de finura	39
Substâncias nocivas	42
Massa unitária ou massa específica aparente	43
Massa específica real ou absoluta	43
Resistência a abrasão	43
Resistência ao esmagamento	45
Formato dos grãos	43
Coeficiente de vazios	45
Atividade	45

UNIDADE D	79
INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS CERÂMICOS	81
Argila como material de construção	81
Processo de fabricação dos materiais cerâmicos	83
BLOCOS E TIJOLOS CERÂMICOS	85
Paredes de blocos cerâmicos	88
Atividade de pesquisa	90
TELHAS CERÂMICAS	94
Atividade	98
REVESTIMENTOS CERÂMICOS	99
Atividade	100
LOUÇAS SANITÁRIAS	100
MATERIAIS CERÂMICOS ESPECIAIS	117
UNIDADE E	123
AGLOMERANTES	125
Aglomerantes minerais	125
Gesso	126
Cal aérea	127
Atividade	131
A ORIGEM DO CIMENTO PORTLAND	131
Cimento	134
Cal hidráulica	140
Outros aglomerantes	141
Atividade	143

Prezado (a) aluno (a),

Bem-vindo(a) ao espaço de estudo da Disciplina de Materiais de Construção Básicos.

Nesta disciplina vamos conhecer os principais materiais de construção utilizados para as diversas edificações, bem como suas principais características e propriedades, fatores que interferem na escolha do material mais adequado a cada caso. Não se faz uma obra, por menor que seja, sem utilizar algum tipo de material de construção, portanto, parte da qualidade de uma obra depende da qualidade dos materiais nela empregada. Daí a importância de nossa disciplina para o conhecimento e escolha correta dos materiais.

No decorrer dos semestres serão abordados os seguintes conteúdos: Introdução ao Estudo dos Materiais; Pedras Naturais; Agregados; Materiais Cerâmicos e Aglomerantes.

Espero que nossos “encontros” e atividades propostas sejam agradáveis e auxiliem você a aprofundar os conhecimentos sobre o assunto, além de fornecerem subsídios para sua atuação profissional, quando houver a necessidade de trabalhar com materiais de construção. Estaremos sempre à disposição para auxiliar no que se fizer necessário.

Bons estudos!

Objetivos

Objetivo Geral

Ao final desta disciplina, o aluno deverá conhecer as principais propriedades físicas dos materiais de construção, diferenciar os mesmos de acordo com essas propriedades e identificar os usos mais adequados para cada material.

Habilidades

- Conhecer as principais propriedades dos materiais básicos de construção.
- Conhecer as origens e processos de obtenção dos diversos materiais estudados de forma a entender melhor seu comportamento.
- Identificar os critérios necessários à escolha do material mais adequado a cada situação.
- Especificar materiais para as mais diversas aplicações.
- Identificar e entender informações técnicas que constam nas embalagens e manuais dos materiais utilizados.
- Manusear corretamente e de forma segura cada material.
- Detectar a relação entre diferentes materiais necessários a uma mesma aplicação.
- Quantificar de maneira aproximada os materiais necessários a cada aplicação em função do seu rendimento.
- Identificar a influência dos diversos componentes estudados nas misturas em que serão empregados.
- Detectar patologias e falhas decorrentes do manuseio e emprego inadequados dos materiais de construção.

Metodologia

A disciplina será desenvolvida em 30 horas-aula, através do Ambiente Virtual de Aprendizado Moodle, onde serão disponibilizados materiais para subsidiar a aprendizagem. Os recursos tecnológicos utilizados serão: textos, atividades de exercícios e pesquisas, vídeos e animações, imagens, fórum e *chat* de dúvidas, e-mail.

Avaliação

A avaliação será realizada por meio de atividades propostas no decorrer do semestre como: atividades de pesquisa, participação em fóruns e *chat*, exercícios a serem entregues. Além disso, será prevista avaliação presencial.

Programação

Primeira Semana

As atividades a serem desenvolvidas na primeira semana são:

1. Visualização de apresentação de *slides* com imagens ressaltando a importância de se conhecer os materiais de construção que se quer utilizar.
2. Leitura e estudo do conteúdo: Evolução, classificação e propriedades gerais dos materiais de construção. Visualização da animação que mostra os principais esforços aos quais estão sujeitos os materiais de construção.
3. Realização de atividade: Exercícios relacionando alguns materiais de construção com suas propriedades.
4. Fórum de apresentação: cada aluno se apresenta e relata suas expectativas para a disciplina e impressões das primeiras atividades realizadas.

Segunda Semana

As atividades a serem desenvolvidas na segunda semana são:

1. Visualização de uma animação sobre origem das rochas.
2. Leitura e estudo do conteúdo: Noções de geologia.
3. Realização de atividade: Exercício descritivo abordando as aplicações mais adequadas a cada tipo de rocha, de acordo com as propriedades estudadas.

Terceira Semana

As atividades a serem desenvolvidas na terceira semana são:

1. Visualizar a apresentação de *slides* com imagens de aplicações de pedras naturais.
2. Leitura e estudo do conteúdo: Pedras Naturais usadas como material de construção.
3. Realização de atividade: atividade com catálogos e imagens.
4. Participação no fórum proposto pelo professor.

Quarta Semana

As atividades a serem desenvolvidas na quarta semana são:

1. Assistir a um vídeo mostrando a extração e beneficiamento de britas e areias.
2. Leitura e estudo do conteúdo: Agregados.
3. Realização de atividade: pesquisa sobre agregados.

Quinta Semana

As atividades a serem desenvolvidas na quinta semana são:

1. Leitura da reportagem sobre agregados miúdos.
2. Leitura e estudo do conteúdo: Propriedades físicas e ensaios com agregados miúdos. Visualização de uma sequência de imagens detalhando os ensaios descritos no texto.
3. Realização de atividade: exercícios propriedades de agregados miúdos, envolvendo os ensaios estudados.

Sexta Semana

As atividades a serem desenvolvidas na sexta semana são:

1. Leitura de piada na apresentação: Para que servem as britas?
2. Leitura e estudo do conteúdo: Propriedades físicas e ensaios com agregados graúdos. Visualização de uma sequência de imagens, detalhando os ensaios descritos no texto.
3. Realização de atividade: exercícios envolvendo os ensaios estudados.
4. Participação no *chat* a ser agendado pelo professor.

Sétima Semana

As atividades a serem desenvolvidas na sétima semana são:

1. Assistir ao vídeo Materiais cerâmicos, mostrando as propriedades da argila como material de construção.
2. Leitura e estudo do conteúdo: Introdução aos materiais cerâmicos e blocos cerâmicos. Leitura de reportagem sobre fabricação de blocos cerâmicos.
3. Realização de atividade: atividade de pesquisa sobre paredes com diferentes tamanhos e disposição de blocos.
4. Participação em fórum proposto pelo professor.

Oitava Semana

As atividades a serem desenvolvidas na oitava semana são:

1. Leitura e estudo do conteúdo: Telhas cerâmicas.
2. Realização de atividade: tarefa de observação de telhados.

Nona Semana

As atividades a serem desenvolvidas na nona semana são:

1. Apreciação de catálogos com diversos tipos e aplicações de revestimentos cerâmicos.
2. Leitura e estudo do conteúdo: Revestimentos cerâmicos. Leitura de reportagem sobre revestimentos cerâmicos.
3. Realização de atividade: Revestimentos cerâmicos.
4. Participação em fórum: Patologia e revestimentos cerâmicos.

Décima Semana

As atividades a serem desenvolvidas na décima semana são:

1. Leitura do conteúdo louças sanitárias.
2. Leitura e estudo do conteúdo: Materiais cerâmicos especiais.
3. Participação em *chat* previamente agendado pelo professor.

Décima Primeira Semana

As atividades a serem desenvolvidas na décima primeira semana são:

1. Assistir a um vídeo mostrando o comportamento dos diferentes aglomerantes aéreos, quando adicionados à água.
2. Leitura e estudo do conteúdo: Aglomerantes Minerais e Aglomerantes Aéreos.
3. Realização de atividade: exercícios descritivos.

Décima Segunda Semana

As atividades a serem desenvolvidas na décima segunda semana são:

1. Leitura: Você conhece a prigem do cimento portland?
2. Leitura e estudo do conteúdo: Aglomerantes Hidráulicos. Visualização de *slides* com embalagens de cada tipo de cimento e algumas especificações técnicas.
3. Realização de atividade: especificar o tipo mais adequado de cimento para as situações descritas pelo professor.
4. Participação em fórum proposto pelo professor: Avaliação da disciplina.

Currículo Professor-Autor

Sabrina Elicker Hagemann

Possui graduação em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (2007) e mestrado em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria (2009) . Atualmente é Professor Ens Básico, Técnico e Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Sul-Rio-Grandense.

<http://buscatextual.cnpq.br/buscatextual/visualizacv.jsp?id=K4732739H7>

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para concreto**. Rio de Janeiro: 2009.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7225: Materiais de pedra e agregados naturais**. Rio de Janeiro: 1993.
- BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: LTC, 1994.
- BORGES, A. C. **Prática das Pequenas Construções**. Vol. I. 9ª Ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.
- PETRUCCI, Eládio G. R. **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Globo, 1973.
- REVISTA Equipe de Obra**. Disponível em: <<http://www.equipedebra.com.br/>>.
- SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção**. São Paulo: PINI, 1991.
- VERCOSA, Enio Jose. **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Sagra, 1984.
- YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10 Ed. São Paulo: Pini, 2009.



tics

A

Introdução aos materiais de construção

Unidade A
Materiais de Construção básicos

INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO

Introdução

Os materiais de construção são definidos como todo e qualquer material utilizado na construção de uma edificação, desde a locação e infraestrutura da obra até a fase de acabamento, passando desde um simples prego até os mais conhecidos materiais, como o cimento.

A expressão “materiais de construção”, portanto, abrange uma gama extensa de materiais, dos quais estudaremos alguns dos principais, que denominamos “Materiais de Construção Básicos”.

Na construção civil temos materiais que são utilizados há muitos anos da mesma forma, como o concreto, e outros que evoluem constantemente. E a evolução dos materiais de construção não é um processo recente, pois teve início desde os povos primitivos, que utilizavam os materiais assim como os encontravam na natureza, sem qualquer transformação. Com a evolução do homem surgem necessidades que levam à transformação desses materiais de uma maneira simplificada, a fim de facilitar seu uso ou de criar novos materiais a partir deles. Assim, o homem começa a moldar a argila, a cortar a madeira e a lapidar a pedra. Outro exemplo de evolução foi a descoberta do concreto que surgiu da necessidade do homem de um material resistente como a pedra, mas de moldagem mais fácil.

Perceba que os materiais continuam evoluindo para satisfazer as necessidades do homem e de forma cada vez mais rápida, com exigências cada vez maiores quanto a sua qualidade, durabilidade e custo. Além disso, há um cenário sustentável no qual a produção e o emprego dos materiais de construção devem considerar a questão ambiental.

Nessa unidade, você vai entender a importância do conhecimento acerca dos materiais de construção.

Atenção

Nenhuma obra é feita sem materiais e a qualidade e durabilidade de uma construção dependem diretamente da qualidade e da durabilidade dos materiais que nela são empregados. Por isso, é necessário que o responsável técnico de uma edificação tenha em mente a importância de conhecer as propriedades e aplicações mais adequadas para cada material.

Para Silva (1985), na hora de escolher os materiais que irá utilizar, o responsável técnico por uma edificação deve analisá-los de acordo com seguintes aspectos:

Condições técnicas

O material deve possuir propriedades que o tornem adequado ao uso que se pretende fazer dele. Entre essas propriedades estão a resistência, a trabalhabilidade, a durabilidade, a higiene e a segurança.

Condições econômicas

O material deve satisfazer as necessidades de sua aplicação com um custo reduzido não só de aquisição, mas de aplicação e de manutenção, visto que muitas obras precisam de serviços de manutenção depois de concluídas e que da manutenção depende a durabilidade da construção.

Condições estéticas:

O material utilizado deve proporcionar uma aparência agradável e conforto ao ambiente onde for aplicado.

Classificação

Os materiais de construção podem ser classificados de acordo com diferentes critérios. Entre os critérios apresentados por Silva (1985) podemos destacar como principais a classificação quanto à origem e à função.

Quanto à origem ou modo de obtenção os materiais de construção podem ser classificados em:

- Naturais: são aqueles encontrados na natureza, prontos para serem utilizados. Em alguns casos precisam de tratamentos simplificados como uma lavagem ou uma redução de tamanho para serem utilizados. Como exemplo desse tipo de material, temos a areia, a pedra e a madeira.
- Artificiais: são os materiais obtidos por processos industriais. Como exemplo, pode-se citar os tijolos, as telhas e o aço.
- Combinados: são os materiais obtidos pela combinação entre materiais naturais e artificiais. Concretos e argamassas são exemplos desse tipo de material.
- Quanto à função onde forem empregados, os materiais de construção podem ser classificados em:
- Materiais de vedação: são aqueles que não têm função estrutural, servindo para isolar e fechar os ambientes nos quais são empregados, como os tijolos de vedação e os vidros.
- Materiais de proteção: são utilizados para proteger e aumentar a durabilidade e a vida útil da edificação. Nessa categoria podemos citar as tintas e os produtos de impermeabilização.
- Materiais com função estrutural: são aqueles que suportam as cargas e demais esforços atuantes na estrutura. A madeira, o aço e o concreto são exemplos de materiais utilizados para esse fim.

Propriedades Gerais dos Materiais

São as qualidades exteriores que caracterizam e distinguem os materiais. Um determinado material é conhecido e identificado por suas propriedades e por seu comportamento perante agentes exteriores. Bauer (2008) define algumas das principais propriedades dos materiais dentre as quais podemos citar as mais importantes ao nosso estudo é:

Extensão:

a propriedade que possuem os corpos de ocupar um lugar no espaço.

Massa:

a quantidade de matéria e é constante para o mesmo corpo, esteja onde estiver.

Peso:

definido como a força com que a massa é atraída para o centro da Terra varia de local para local.

Volume:

o espaço que ocupa determinada quantidade de matéria.

Massa específica:

a relação entre sua massa e seu volume.

Peso específico:

a relação entre seu peso e seu volume.

Densidade:

a relação entre sua massa e a massa do mesmo volume de água destilada a 4°C.

Porosidade:

a propriedade que tem a matéria de não ser contínua, havendo espaços entre as massas.

Dureza:

definida como a resistência que os corpos opõem ao serem riscados.

Tenacidade:

a resistência que o material opõem ao choque ou percussão.

Maleabilidade ou Plasticidade:

a capacidade que têm os corpos de se adelgaçarem até formarem lâminas sem, no entanto, se romperem.

Ductibilidade:

a capacidade que têm os corpos de se reduzirem a fios sem se romperem.

Durabilidade:

a capacidade que os corpos apresentam de permanecerem inalterados com o tempo.

Desgaste:

a perda de qualidades ou de dimensões com o uso contínuo.

Elasticidade:

a tendência que os corpos apresentam de retornar à forma primitiva pós a aplicação de um esforço.

Esforços Mecânicos

Os materiais de construção estão constantemente submetidos a solicitações como cargas, peso próprio, ação do vento, entre outros, que chamamos de esforços. Dependendo da forma como os esforços se aplicam a um corpo, recebe uma denominação. Os principais esforços aos quais os materiais podem ser submetidos são:

- Compressão: esforço aplicado na mesma direção e sentido contrário que leva a um “encurtamento” do objeto na

direção em que está aplicado.

- Tração: esforço aplicado na mesma direção e sentido contrário que leva o objeto a sofrer um alongamento na direção em que o esforço é aplicado.
- Flexão: esforço que provoca uma deformação na direção perpendicular ao qual e aplicado.
- Torção: esforço aplicado no sentido da rotação do material.
- Cisalhamento: esforço que provoca a ruptura por cisalhamento.

Os detalhes sobre como cada esforço age num material são apresentados na animação que acompanha o material didático desta unidade.

Síntese

Você conheceu nesta unidade o que são materiais de construção e algumas classificações quanto à sua origem ou modo de obtenção e, quanto à função conforme seu emprego.

Você conheceu também algumas propriedades dos materiais e os esforços aos quais são submetidos.

Vamos agora ver como está seu entendimento realizando a atividade proposta no tópico de atividades - Materiais de Construção: Classificações, Propriedades e Esforços.



ATIVIDADES

EXERCÍCIOS

1. Painéis de gesso acartonado são placas que podem ser utilizadas para criar paredes leves e fechar ambientes sem acarretar muitas cargas no pavimento onde são colocadas. Quanto à função, este material pode ser classificado como

- a. Material Natural.
- b. Material Artificial.
- c. Material Composto.
- d. Material de Vedação.
- e. Material de Proteção.

2. As rochas ornamentais como mármore e granito são extraídas de uma jazida, cortadas e polidas para seu uso, um tratamento simples que alcança resultados surpreendentes do ponto de vista estético. Quanto à origem, esse material pode ser classificado como

- a. Material Natural.
- b. Material Artificial.
- c. Material Composto.
- d. Material de Vedação.
- e. Material com Função Estrutural

3. A argila expandida é um agregado utilizado na confecção de concretos leves e isolantes térmicos e acústicos e é obtido através de tratamento térmico. A argila, formada por silicatos de alumínio e óxidos de ferro e alumínio pode ter propriedades expansivas quando exposta a altas temperaturas, que promovem a expansão de gases, fazendo com que a argila se transforme em grãos porosos de variados diâmetros. Quanto à origem do material, a argila expandida pode ser classificada como

- a. Material Natural.
- b. Material Artificial.
- c. Material com Função Estrutural.
- d. Material de Vedação.
- e. Material de Proteção.

4. O verniz é um material utilizado na cobertura de madeiras para evitar a degradação das mesmas no decorrer do tempo. Quanto à função este material pode ser classificado como

- a. Material Natural.
- b. Material Artificial.
- c. Material de Vedação.
- d. Material de Proteção.
- e. Material com Função Estrutural.

5. O vidro é um material que dificilmente é riscado, porém pode se estilhaçar quando submetido a choques de pequena intensidade. Quanto às propriedades do vidro, relacionadas às características citadas, podemos dizer que possui

- a. alta elasticidade e baixa durabilidade.

- b. baixa tenacidade e alta ductibilidade.
- c. alta dureza e baixa tenacidade.
- d. alta durabilidade e baixa dureza.
- e. alta tenacidade e baixa ductibilidade.

6. A argila é um material de fácil moldagem, podendo ser moldado em finas espessuras sem se romper, como no caso das telhas cerâmicas. A essa propriedade dos materiais chamamos de

- a. tenacidade.
- b. plasticidade.
- c. dureza.
- d. porosidade.
- e. desgaste.

7. Ao esticarmos uma barra de aço, haverá uma tendência de num determinado ponto a espessura da barra começar a diminuir, em virtude do seu alongamento, até se reduzir a espessura de um fio, fenômeno que denominamos de estrição. Esse fenômeno ocorre devido a uma propriedade dos materiais conhecida por

- a. maleabilidade.
- b. tenacidade.
- c. desgaste.
- d. durabilidade.
- e. ductibilidade.

8. Se colocarmos um tijolo na água e o tirarmos, ele sairá molhado pois absorve parte da água. O mesmo acontece quando se levanta uma alvenaria, situação na qual o tijolo absorve parte da água da argamassa utilizada para o assentamento do bloco. Essa característica é consequência de uma propriedade do tijolo chamada

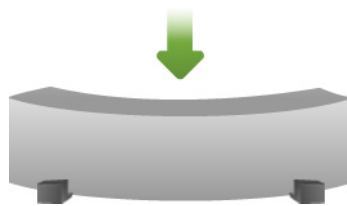
- a. porosidade.
- b. plasticidade.
- c. dureza.
- d. ductibilidade.
- e. desgaste.

9. A figura a seguir demonstra um dos esforços a que os materiais de construção estão constantemente submetidos. Trata-se de um esforço de



- a. compressão.
- b. tração.
- c. flexão.
- d. cisalhamento.
- e. torção.

10. A figura a seguir demonstra outro esforço a que os materiais de construção estão constantemente submetidos. Trata-se de um esforço de



- a. compressão.
- b. tração.
- c. flexão.
- d. cisalhamento.
- e. torção.



Básicos

Noções de geologia

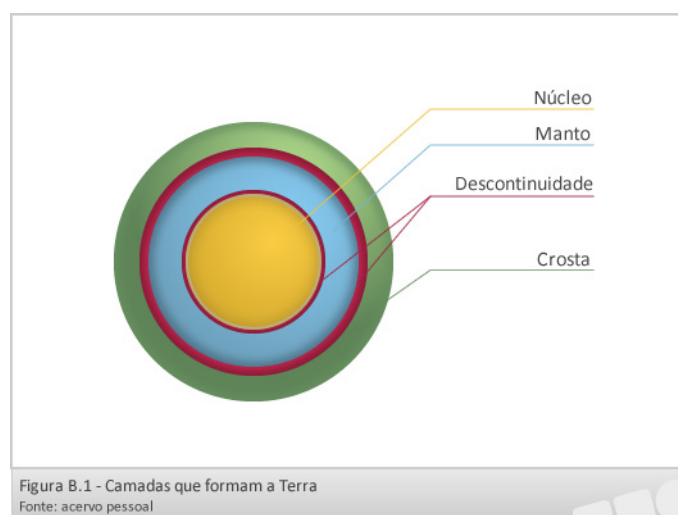
**Pedras naturais como
materiais de construção**

Unidade B
Materiais de Construção Básicos

1. NOÇÕES DE GEOLOGIA

Introdução

A geologia é a ciência que estuda a origem, os processos de formação, a estrutura e a composição da crosta terrestre. Uma parte da geologia estuda os processos de formação das rochas, os quais, em sua maioria, são resultado do embate das forças da natureza que podem ser provenientes da dinâmica interna ou externa da Terra. Como exemplo da dinâmica interna da Terra, temos a atividade dos vulcões e terremotos que surgem, entre outras razões, da necessidade de acomodação entre as camadas da Terra marcadas por descontinuidades entre si, conforme é representado de forma simplificada na Figura B.1.



A dinâmica externa envolve processos como o de erosão e sedimentação. Um exemplo é a formação de rochas e solos por processos erosivos, onde uma rocha se desfaz em partículas de minerais e fragmentos devido à ação de componentes químicos da atmosfera, condições climáticas e atuação de organismos. Devido a mecanismos de erosão, os fragmentos citados anteriormente são transportados para outros locais e dão origem a outros tipos de rochas e solos.

Além dos processos naturais, existem os processos artificiais de transformação, desencadeados pelas ações humanas. Entre essas medidas que provocam transformações na composição e estrutura da crosta terrestre, podemos citar a modificação do regime de escoamento, infiltração e evapotranspiração da água e das chuvas, a aceleração de processos erosivos, desertificação e salinização de aquíferos, o uso de insumos e fertilizantes agrícolas, desmatamento e aumento da produção de sedimentos, garimpagem e extração de minerais, produção de rejeitos que liberam elementos tóxicos, entulhamento de vales, produção de energia, nas mais diferentes formas, com geração de impactos ambientais.

**Vídeo**

Animação sobre o Processo de formação das rochas, disponível no Ambiente Virtual de Aprendizagem.

Rochas na Engenharia

Direcionando nosso estudo para as rochas como parte da engenharia, podemos destacar duas finalidades das mesmas:

- Local de instalações de obras: as rochas podem ser utilizadas como fundações de obras, como material de base para túneis, galerias, entre outros.
- Material de construção: materiais como pedras brita, areia, componentes de misturas cerâmicas, pedras para revestimento, matérias-primas da cal e do cimento, são originários de rochas estudadas pela geologia;

Independente da área de aplicação, cada rocha tem características próprias que influenciam no seu comportamento. Entre as principais podemos citar:

- composição mineralógica: refere-se aos minerais que compõem cada rocha.
- textura: é o modo como os minerais estão distribuídos.
- estrutura: refere-se à homogeneidade ou heterogeneidade dos cristais constituintes.

Como o foco de nosso estudo é a aplicação das rochas de forma correta, não vamos nos aprofundar na análise desses três tópicos, porém, é interessante conhecer alguns dos principais minerais que compõem as rochas que iremos estudar.

Lembrete

Ao tratar de minerais falaremos de Massa Específica e Dureza.

Massa específica é a relação entre a massa e o volume real de um material. Quando falamos de rochas, maiores valores de massa específica representam rochas mais compactas, com menor número de vazios no material.

Dureza: é a resistência ao risco. São os números que, atribuídos à dureza das rochas são originários da Escala Mohs, uma escala que vai de 1 a 10 classificando os materiais no sentido crescente de dureza. As rochas ou minerais de dureza 1 são menos resistentes ao risco e as de dureza 10 são as mais resistentes, existindo várias rochas de dureza intermediária neste intervalo.

Minerais

Os minerais são definidos como substâncias sólidas, naturais, inorgânicas e homogêneas, que possuem composição química definida e estrutura atômica característica. São compostos químicos resultantes da associação de átomos de dois ou mais elementos. A composição de uma rocha quanto aos minerais nela presentes é determinada com o auxílio da análise petrográfica.

A seguir são apresentados, de forma resumida, os principais minerais que compõem as rochas mais utilizadas como material de construção e suas características:

Caulinita

É o principal componente de argilas. Sua massa específica é de 2,6 e sua dureza é de 1.

Feldspato

É o material mais abundante na natureza. Apresenta-se nas cores branca, cinza, rosa e avermelhada. Possui massa específica entre 2,55 e 2,76 e a dureza é de aproximadamente 6. Está presente na constituição

de rochas ígneas (granito), sedimentares (arenito) e metamórficas (gnaisses).

Quartzo

É um dos minerais mais comuns na natureza. Possui as cores incolor, leitosa e cinza, Sua dureza é 7 e a massa específica é de 2,65. Está presente na composição das rochas ígneas (granito), sedimentares (arenito) e metamórficas (quartzitos, gnaisses).

Mica

Possui composição química complexa. Possui dureza de 2 a 3 na escala Mohs.

Calcita

Mineral solúvel em meio ácido. Apresenta cores incolor e branca. Tem massa específica de 2,7 e dureza 3. Está presente nas rochas sedimentares (calcáreo) e metamórficas (mármore).

Dolomita

Mineral menos solúvel em meio ácido que a calcita. Apresenta cor branca e dureza de 3,5. Compõe as rochas sedimentares (calcáreos dolomíticos) e metamórficas (mármore dolomítico).

Formação e Classificação das Rochas

Uma rocha é definida como um corpo sólido natural, resultante de um processo geológico determinado, formado por agregados de um ou mais minerais arranjados, segundo condições de temperatura e pressão existentes durante sua formação.

De acordo com o processo de formação, podemos classificar as rochas em:

- Rochas Ígneas
- Rochas Sedimentares
- Rochas Metamórficas

Rochas Ígneas ou Magmáticas

Resultam da solidificação do magma. Quando formadas em profundidade (dentro da crosta) são chamadas de rochas plutônicas ou intrusivas e neste caso são formadas por uma estrutura cristalina e apresentam textura de graduação grossa. Caso sejam formadas na superfície terrestre pelo extravasamento de lava por condutos vulcânicos são chamadas de rochas vulcânicas ou extrusivas e são caracterizadas por uma estrutura que pode ser vítrea ou cristalina e apresentam textura com graduação fina.

Em geral, apresentam melhor comportamento geomecânico que as demais rochas e são as mais utilizadas na construção civil. Por serem mais resistentes, são mais abrasivas, o que pode causar desgaste nos equipamentos utilizados para trabalhar esse tipo de rocha;

Como exemplos desse tipo de rochas, podemos citar os granitos, basaltos, dioritos, entre outras.

Rochas sedimentares

São resultantes da consolidação de sedimentos, ou seja, formam-se a partir de partículas minerais provenientes da desagregação e transporte de rochas pré-existentes. Geralmente são rochas mais brandas, isto é, com menor resistência mecânica. Constituem uma camada relativamente fina (aproximadamente 0,8 km de espessura) da crosta terrestre, que recobre as rochas ígneas e metamórficas.

O processo de formação das rochas sedimentares pode ser dividido em duas etapas: quando ocorre a deposição, ou seja, o arranjo dos fragmentos de rochas em camadas diferentes, temos as rochas primárias e o processo é de origem mecânica. Após a deposição, ocorre um processo de origem química, onde há transformação de sedimentos em rochas por meio de um conjunto de processos químicos e físicos, que ocorrem em condições de baixas pressões e temperaturas, conhecido por diagênese. Nessa etapa, a rocha é chamada de secundária.

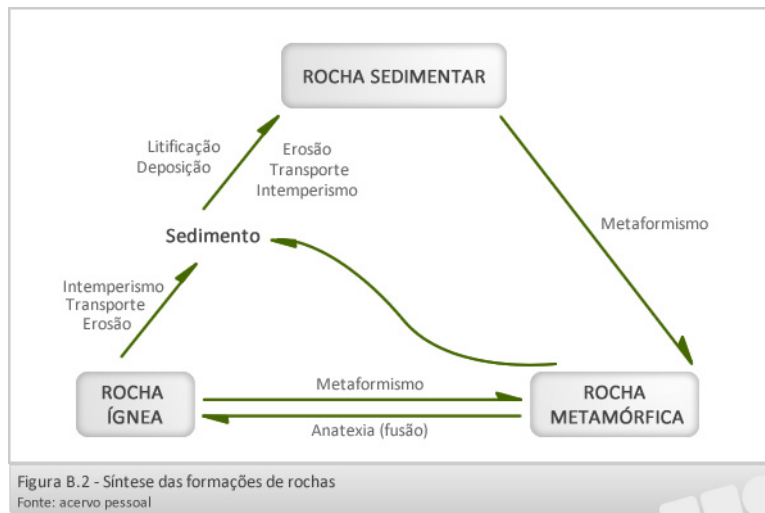
Como exemplos de rochas sedimentares podemos citar: arenitos, calcários, carvão, entre outras.

Rochas Metamórficas

Resultam de outras rochas pré-existentes que, no decorrer dos processos geológicos, sofreram mudanças mineralógicas, químicas e estruturais, que provocaram a instabilidade dos minerais, os quais tendem a se transformar e rearranjar sob novas condições.

Como exemplos de rochas metamórficas podemos citar: gnaisses, quartzitos, mármore, ardósias, entre outras.

Síntese



A seguir, faça a verificação da sua aprendizagem realizando a atividade: Exercícios de fixação.

Sites interessantes

http://www.abirochas.com.br/rochas_ornamentais.php

<http://www.araguaiapedras.com.br/index.html>

Referências

PETRUCCI, E. Pedras Naturais. In: **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Globo, e1975. p. 262-304.

2. PEDRAS NATURAIS COMO MATERIAL DE CONSTRUÇÃO

Principais características das rochas como materiais de construção

A escolha de uma rocha natural como material de construção depende de diversos fatores dentre os quais podemos destacar os critérios técnicos e econômicos. Os critérios econômicos referem-se ao custo do material e a sua disponibilidade no local ou próximo ao local de utilização. Os critérios técnicos referem-se às características que o material possui que atendem às finalidades da aplicação pretendida. Para definir se uma rocha é ou não adequada a determinado uso, precisamos analisar suas propriedades e, para isso, é necessário conhecer as principais propriedades das pedras naturais e como influenciam nas características do material. Além da composição mineralógica, textura e estrutura vistas anteriormente, Petrucci (1975) cita as seguintes propriedades como algumas das principais:

- **Resistência mecânica:** definida como a resistência que a pedra oferece ao ser submetida aos diferentes tipos de esforços mecânicos, como compressão, tração, flexão e cisalhamento, além da resistência ao desgaste e ao choque (tenacidade). De maneira geral, as pedras naturais resistem melhor à compressão do que aos demais esforços.
- **Durabilidade:** a durabilidade é a capacidade que tem o material de manter suas propriedades e desempenhar sua função no decorrer do tempo, dependendo de várias características entre elas a porosidade, a compacidade e a permeabilidade. A compacidade é o volume de sólidos na unidade de volume da rocha natural e pode ser medida pela relação entre a massa específica aparente e a massa específica absoluta. A massa específica aparente é a relação entre a massa de um material e seu volume aparente (volume real do material somado ao volume de vazios incorporado ao material) e a massa específica absoluta é a relação entre a massa e o volume real do material. A porosidade é a relação entre o volume de vazios e o volume total da pedra e a permeabilidade é uma medida indireta da ligação entre esses vazios, que permite a entrada de gases e líquidos na massa de rocha. Portanto, quanto mais permeável é uma rocha, mais suscetível está à ação de agentes agressivos. Em regiões de baixas temperaturas a água absorvida pela pedra pode congelar e, o aumento de volume consequente da transformação de água em gelo, pode ser prejudicial à durabilidade da pedra. Por outro lado, uma porosidade adequada melhora a aderência da pedra à argamassa de assentamento. A durabilidade também está relacionada à alterabilidade da pedra, ou seja, a modificação de suas características e propriedades por agentes agressivos, que pode prejudicar o desempenho do material.
- **Trabalhabilidade:** é a facilidade de moldar a pedra de acordo com o uso. Depende de fatores como a dureza e da homogeneidade da rocha. Como visto anteriormente, a dureza é a resistência ao risco ou ao corte e no caso da trabalhabilidade das rochas indicará o meio de corte mais adequado. De acordo com Petrucci (1975), peças mais brandas podem ser cortadas com serras de dentes enquanto peças mais duras demandam corte com diamante. Segundo o mesmo autor, uma rocha homogênea é aquela que apresenta as mesmas propriedades em amostras diferentes e que ao choque do martelo se quebra em pedaços e não em grãos, como ocorre nas rochas não-homogêneas. Dessa forma, a homogeneidade permite a obtenção de peças com formatos adequados.
- **Estética:** depende da textura, da estrutura e coloração da pedra, características que estão relacionadas aos minerais que compõem a mesma.

Principais rochas utilizadas como material de construção

Granitos

O Granito é uma rocha ígnea que, devido a seu processo de formação, é classificada como uma rocha plutônica. É composto principalmente de quartzo, feldspato e minerais ferro-magnesianos e as tonalidades de cor variam de cinza a rosa/avermelhada. Como principais características da rocha, podemos destacar a homogeneidade, a isotropia (mesmas propriedades independente da direção dos minerais), alta resistência à compressão e baixa porosidade.



Figura B.3 : Exemplo de granito
 Fonte: Portal do Professor

Na construção civil é utilizado na confecção de fundações (em forma de bloco), de muros, calçamentos, como agregado para concreto e rocha ornamental em pisos, paredes, tampos de pia, lavatórios, bancadas e mesas, e em detalhes diversos. A fixação do granito como rocha ornamental é feita com o uso de argamassas próprias para o tipo de rocha. Na figura B.3 é apresentado um exemplo de rocha granito.

Na construção civil é utilizado na confecção de fundações (em forma de bloco), de muros, calçamentos, como agregado para concreto e rocha ornamental em pisos, paredes, tampos de pia, lavatórios, bancadas e mesas, e em detalhes diversos. A fixação do granito como rocha ornamental é feita com o uso de argamassas próprias para o tipo de rocha. Na figura B.3 é apresentado um exemplo de rocha granito.

Basaltos

O basalto é classificado como uma rocha ígnea vulcânica. Dentre as rochas que ocorrem em forma de derrame pode ser considerado dos mais abundantes. As cores variam de cinza-escuro a preta, com tonalidades avermelhadas/amarronzadas, devido a óxidos/hidróxidos de ferro gerados por alteração intempérica. É constituído principalmente por feldspato e uma das características marcantes é a elevada resistência e a maior dureza entre as pedras mais utilizadas.



Figura B.4 : Exemplo de basalto
 Fonte: Portal do Professor

Na construção civil, o basalto é muito utilizado como pedra britada em agregados asfálticos, para concretos e lastros de ferrovias. Assim como o granito possui larga aplicação como pedra para calçamento e em outras formas de pavimentação. Quando polido pode ser utilizado como rocha ornamental, principalmente em pisos. A figura B.4 mostra um exemplar de basalto.

Na construção civil, o basalto é muito utilizado como pedra britada em agregados asfálticos, para concretos e lastros de ferrovias. Assim como o granito possui larga aplicação como pedra para calçamento e em outras formas de pavimentação. Quando polido pode ser utilizado como rocha ornamental, principalmente em pisos. A figura B.4 mostra um exemplar de basalto.

Dioritos



Figura B.5 : Exemplo de diorito
Fonte: <<http://geomuseu.ist.utl.pt/>>

O diorito é uma rocha ígnea com características físico-mecânicas e usos semelhantes aos granitos, conforme mostra a figura B.5, sendo chamados de granitos pretos. Diferem dos granitos na composição mineralógica, mas são utilizados para os mesmos fins, tendo larga aplicação como rocha ornamental em arte mortuária.

Arenitos



Figura B.6 : Exemplo de arenito
Fonte: Museu de Ciências Naturais - ULBRA

O arenito é uma rocha sedimentar constituída principalmente por grãos de sílica ou quartzo. São utilizados principalmente em revestimentos de pisos e paredes e são muito empregados na confecção de mosaicos. Dependendo da composição podem apresentar razoável resistência ao risco. A figura B.6 apresenta uma amostra de arenito.

Cálcarios e dolomitos



Figura B.7 : Exemplo de rocha calcária
Fonte: Portal do Professor

São rochas sedimentares carbonáticas compostas por mais de 50% de materiais carbonáticos (calcita ou dolomita). A principal aplicação na construção civil é como matéria-prima para a indústria cimenteira, de cal, vidreira, siderúrgica e como corretor de solos. Alguns dolomitos podem ser utilizados como brita e agregado para concreto por serem mais duros que os calcários. A figura B.7 apresenta um exemplo de rocha calcária.

Ardósia



Figura B.8 : Exemplo de ardósia
Fonte: Portal do Professor

A ardósia é uma rocha metamórfica, originada a partir do metamorfismo do siltito que é uma rocha sedimentar. Como características cabem destacar a boa resistência mecânica e as propriedades de material isolante térmico.

Como material de construção é utilizada como rocha ornamental em coberturas de casas, pisos, tampos e bancadas. Uma amostra é apresentada na figura B.8.

Quartzitos



Figura B.9 : Exemplo de quartzito
Fonte: Pedreiras São Tomé

Os quartzitos são rochas metamórficas que resultam do metamorfismo dos arenitos. São rochas duras, com alta resistência à britagem e ao corte, resistentes a alterações intempéricas e hidrotermais, formadas por quartzo recristalizado. Apresentam-se nas cores branca, vermelha e com tons de amarelo.

Como material de construção são utilizados em pisos e calçamentos. A fixação do quartzito como rocha ornamental é feita com o uso de argamassas próprias para o tipo de rocha. Um exemplo de quartzito é apresentado na figura B.9.

Mármore



Figura B.10 : Exemplo de mármore
Fonte: Museu de Ciências Naturais - ULBRA

O mármore é uma rocha metamórfica que contém mais de 50 % de minerais carbonáticos (calcita e dolomita), formados a partir do metamorfismo de rochas sedimentares calcíticas ou dolomíticas. Apresenta granulação variada e cores branca (conforme a figura B.10), rosada, cinzenta e esverdeada.

São utilizados principalmente como rocha ornamental em ambientes interiores, podendo ser aplicados em pisos e paredes, lavatórios, lareiras, mesas, balcões, tampos e outros detalhes. A fixação do mármore como rocha ornamental é feita com o uso de argamassas próprias para o tipo de rocha.

Gnaisses



Figura B.11 : Exemplo de gnaisse
Fonte: Museu de Ciências Naturais - ULBRA

A gnaisse é uma rocha metamórfica composta principalmente de quartzo e feldspato. Derivam de rochas graníticas e possuem granulometria média a grossa. São rochas de elevada resistência e apropriadas para a maioria dos propósitos da engenharia. A figura B.11 mostra um exemplo de gnaisse.

Síntese

ROCHA	PRINCIPAIS APLICAÇÕES
GRANITO	Bloco de fundação, muros, calçamentos, agregado para concreto, pisos, paredes, tampos de pias, lavatórios, bancadas e mesas, acabamentos.
BASALTO	Agregados asfálticos, agregado para concreto, lastros de ferrovias, calçamentos, alvenarias, pisos e calçadas.
DIORITO	Mesmas aplicações do granito e arte mortuária.
ARENITOS	Revestimentos de pisos e paredes.
CALCÁRIOS E DOLOMITOS	Matéria-prima para a indústria cimenteira, de cal, vidreira, siderúrgica, corretor de solos, agregado.
ARDÓSIA	Telhas, pisos, tampos e bancadas.
QUARTZITOS	Revestimentos, pisos e calçamentos.
MÁRMORES	Revestimento de ambientes internos, pisos, paredes, lavatórios, lareiras, mesas, balcões, tampos e acabamentos.
GNAISSES	Rocha ornamental, agregado e pavimentação.

Tabela 1: Síntese das rochas e suas aplicações

Sites interessantes

<http://www.pedreirassatome.com.br/index.php>

<http://www.araguaiapedras.com.br/index.html>

<http://www.revistarochas.com.br/home.html>

UNIDADE **B**

ATIVIDADE

Rochas como material de construção

1. Com base nas amostras de rochas apresentadas no texto, identifique qual rocha foi utilizada nas imagens da apresentação de slides “Pedras Naturais”, utilizada como atividade motivadora e complete a tabela abaixo.

IMAGEM	ROCHA UTILIZADA
SLIDE 3	
SLIDE 4	
SLIDE 5	
SLIDE 6	
SLIDE 7	
SLIDE 8	
SLIDE 9	
SLIDE 10	
SLIDE 11	
SLIDE 12	
SLIDE 13	
SLIDE 14	
SLIDE 15	
SLIDE 16	
SLIDE 17	

Dicas:

1. Acesse os sites de onde as imagens foram retiradas para conhecer mais sobre as rochas e solucionar possíveis dúvidas!
2. Faça uma análise do catálogo anexo ao material, observando as informações mais relevantes que constam no mesmo.
3. Fórum: poste no fórum uma observação sobre que informações constam no catálogo técnico que lhe auxiliariam na escolha de pedras naturais e justifique sua resposta. Aproveite a oportunidade do fórum para esclarecer suas dúvidas sobre o conteúdo da Unidade. Bom Trabalho!

TICS

Agregados

**Propriedades físicas e ensaios
com o agregados miúdos**

**Propriedades físicas e ensaios
com o agregados graúdos**

Unidade C
Materiais de Construção Básicos



1. AGREGADOS

Introdução

De acordo com Bauer (2008), a definição de agregado é a seguinte: material particulado, incoesivo, de atividade química praticamente nula, constituído de misturas de partículas cobrindo extensa gama de tamanhos. Especificamente na construção civil a definição de agregado pode ser resumida como: material granuloso e inerte, que entra na composição das argamassas e concretos, contribuindo para o aumento da resistência mecânica e redução de custo na obra em que for utilizado.

A maioria dos agregados encontra-se disponível na natureza, como é o caso das areias, seixos e pedras britadas. Alguns passam por processos de beneficiamento como é o caso das britas, cuja rocha é extraída de uma jazida e precisa passar por diversos processos de beneficiamento para chegar aos tamanhos adequados aos diversos usos.

Existem ainda alguns subprodutos de atividades industriais que são utilizados como agregados, como é o caso da escória de alto-forno, que é um resíduo resultante da fabricação de ferro gusa e alguns materiais reciclados, porém, seu uso se restringe a aplicações onde o critério resistência é menos significativo.

Classificação

Existem diversos critérios de classificação para os agregados, porém, o principal deles é aquele que classifica os agregados de acordo com o tamanho dos grãos. A NBR 7211 classifica os agregados de acordo com o tamanho em:

- **Agregado Míudo:** Materiais que cujos grãos, em sua maioria passem pela peneira ABNT 4,75 mm e ficam retidos na peneira de malha 150 µm. As areias são os principais exemplos de agregado míudo.
- **Agregado Graúdo:** Materiais cujos grãos passam pela peneira de malha nominal 75 mm e ficam retidos na peneira ABNT 4,75 mm. Cascalho e britas são exemplos de agregados graúdos.

Pedra Brita

Definições

A pedra brita é um agregado originado da britagem ou diminuição de tamanho de uma rocha maior, que pode ser do tipo basalto, granito, gnaiss, entre outras. O processo de britagem dá origem a diferentes tamanhos de pedra que são utilizadas nas mais diversas aplicações. De acordo com a dimensão que a pedra adquire após a britagem, recebe nomes diferentes. Bauer (2008) apresenta a definição dos principais produtos do processo de britagem:

- **Brita:** agregado obtido a partir de rochas compactas que ocorreram em jazidas, pelo processo industrial de fragmentação da rocha maciça.
- **Rachão:** agregado constituído do material que passa no britador primário e é retido na peneira de 76mm. É a fra-

ção acima de 76mm da bica-corrida primária. O rachão também é conhecido como “pedra de mão” e geralmente tem dimensões entre 76 e 250mm.

- **Bica-corrida:** material britado no estado em que se encontra à saída do britador. Chama-se primária quando deixa o britador primário (graduação na faixa de 0 a 300 mm) e secundária, quando deixa o britador secundário (graduação na faixa de 0 a 76 mm).
- **Pedra Britada:** produto da diminuição artificial de uma rocha, geralmente com o uso de britadores, resultando em uma série de tamanhos de grãos que variam de 2,4 a 64mm. Esta faixa de tamanhos é subdividida em cinco graduações, denominadas, em ordem crescente, conforme os diâmetros médios: pedrisco, brita 1, brita 2, brita 3 e brita 4.
- **Pó de pedra:** Material mais fino que o pedrisco, sendo que sua graduação varia de 0/4,8mm. Tem maior porcentagem de finos que as areias padronizadas, chegando a 28% de material abaixo de 0,075, contra os 15% da areia para concreto.
- **Areia de brita:** obtida dos finos resultantes da produção da brita dos quais se retira a fração inferior a 0,15mm. Sua graduação é 0,15/4,8mm.
- **Filer:** Agregado de graduação 0,005/0,075; com grãos da mesma grandeza de grãos de cimento. Material obtido por decantação nos tanques das instalações de lavagem de britas das pedreiras. É utilizado em mastiques betuminosos, concretos asfálticos e espessamentos de betumes fluidos.
- **Restolho:** material granular de grãos frágeis que pode conter uma parcela de solos. É retirado do fluxo na saída do britador primário.

Fabricação

O processo de fabricação da pedra brita começa com a extração dos blocos, que são fragmentos de rochas retirados das jazidas, com dimensões acima de 1m. A figura C.1. mostra um local de extração de blocos de rocha.



Figura C.1: Vista geral de uma jazida de basalto
Fonte: do autor

Esses blocos alimentam o britador primário, que é o equipamento responsável pela primeira diminuição de tamanho da rocha. O subproduto do britador primário é a bica-corrida primária, que pode ter aplicações específicas ou ser encaminhada ao britador secundário para dar continuidade ao processo de fabricação de pedras com tamanhos menores. Quando a fração maior que 76 mm é separada da bica-corrida primária, temos um tipo específico de pedra conhecido como rachão.

Após a rocha passar pelo britador secundário, onde ocorre mais uma diminuição de tamanho, temos a bica-corrida secundária. Em algumas britagens pode-se ter um terceiro britador. A bica corrida secundária passa por uma série de peneiras com diferentes aberturas, que separam o agregado conforme o tamanho dos grãos. Os fragmentos de rocha que ficam retidos em cada peneira são transportados por

meio de correias para as pilhas de estocagem correspondentes a cada tamanho.

Dessa etapa resultam os seguintes produtos: pedrisco ou brita 0, a brita 1, a brita 2, a brita 3 e a brita 4. De acordo com NBR 7225, os tamanhos de grãos correspondentes a cada faixa obedecem aos requisitos da tabela a seguir:

NÚMERO	ABERTURA DE PENEIRAS DE MALHAS QUADRADAS (mm)	
	MÍNIMA	MÁXIMA
1	4,8	12,5
2	12,5	25,0
3	25,0	50,0
4	50,0	76,0

Tabela 1: tamanho de grão e faixa correspondente

Fonte: NBR 7225

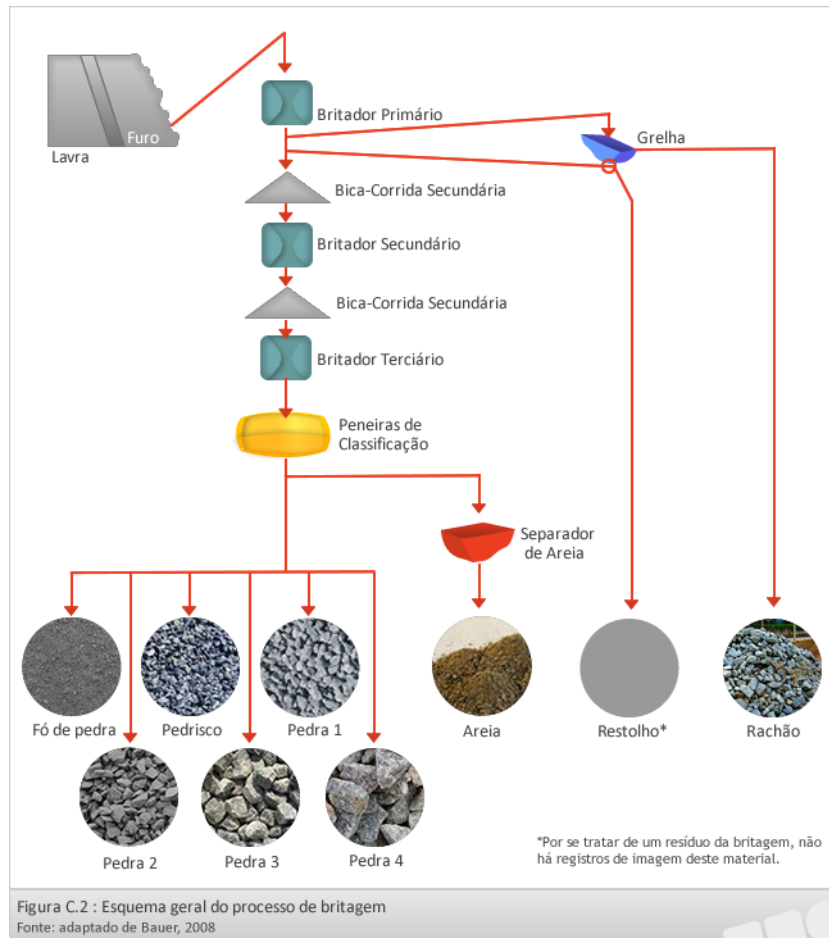
Petrucci (1982) apresenta uma classificação que se aproxima dos tamanhos comerciais dos agregados:

NÚMERO	TAMANHO DOS GRÃOS (mm)	
	MÍNIMO	MÁXIMO
0	4,8	9,5
1	9,5	19,0
2	19,0	25,0
3	25,0	50,0
4	50,0	76,0
5	76,0	100,0

Tabela 2: tamanho de grão de acordo com Petrucci

Fonte: Petrucci (1982)

A figura C.2 mostra o esquema geral do processo de britagem e a figura C.3 mostra a visão geral do processo de produção de uma britagem.



Principais aplicações dos produtos da britagem

- **Concreto de cimento:** empregados principalmente o pedrisco, a pedra 1 e a pedra 2. Atualmente também se usa o pó de pedra. Em concretos ciclópicos são utilizados a pedra 4 e o rachão.
- **Concreto Asfáltico:** uso de mistura de diversos agregados comerciais – filer, areia, pedra 1, pedra 2 e pedra 3.
- **Argamassas de enchimento:** uso da areia de brita e pó de pedra.
- **Correção de solos:** uso de proporções de pó de pedra para diminuir a plasticidade.
- **Aterros:** uso de restolhos.
- **Pavimentos Rodoviários:** em subleitos usa-se a bica corrida secundária e o pó de pedra. Para a base, emprego de pedra britada de graduação maior que 6mm (a ideal é 25 mm) originada de rocha sã e como material de enchimento a mistura de areia grossa e fina. Para o concreto betuminoso, uso de várias faixas granulométricas de brita, dependendo da camada (camada de rolamento – 1,7/9,5) e filer para engorda de revestimentos betuminosos, evitando que o revestimento amoleça em dias de muito calor.
- **Lastro de estradas de ferro:** uso de brita de graduação fechada com grãos de formas regulares variando de 12/50mm

Areia

A areia é um agregado miúdo que pode ser originário de fontes naturais como leitos de rios, depósitos eólicos, bancos e cavas ou de processos artificiais como a britagem. Quando proveniente de fontes naturais, a extração do material, na maioria dos casos, é feita por meio de dragas e processos de escavação e bombeamento. Independente da forma de extração, o material passa por processos de lavagem e classificação antes de ser comercializado.

Quanto ao tamanho de seus grãos, a areia é classificada em faixas granulométricas. A classificação da NBR 7225 é apresentada a seguir:

- **Areia Fina:** de 0,075 a 0,42 mm
- **Areia Média:** de 0,42 a 1,2 mm
- **Areia Grossa:** de 1,2 a 2,4 mm

Bauer (2008) apresenta outra distribuição de tamanho de grãos para as três faixas granulométricas da areia:

- **Areia Fina:** de 0,15 a 0,6 mm
- **Areia Média:** de 0,6 a 2,4 mm
- **Areia Grossa:** de 2,4 a 4,8 mm

Como material de construção, a areia pode ser destinada ao preparo de argamassas, concreto betuminoso, concreto de cimento portland, pavimentos rodoviários, base de paralelepípedos, confecção de filtros para tratamento de água e efluentes, entre outras aplicações.

Cascalho

De acordo com 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. Os grãos são de forma arredondada devido ao atrito causado pelo movimento das águas onde se encontram. É conhecido também como pedregulho ou seixo rolado e apresenta grande resistência ao desgaste, por já ter sido exposto a condições adversas no seu local de origem.

Concretos que têm cascalho como agregado graúdo apresentam, em igualdade de condições, maior trabalhabilidade que os preparados com brita.

Argila Expandida

A argila expandida é classificada como uma agregado leve em função de seu peso específico reduzido. O processo de obtenção desse agregado é o tratamento térmico da matéria-prima argila. A argila, formada por silicatos de alumínio e óxidos de ferro e alumínio pode ter propriedades expansivas quando exposta a altas temperaturas, que promovem a expansão de gases, fazendo com que o material se transforme em grãos porosos de variados diâmetros.

Segundo Bauer (2008), a argila expandida é utilizada principalmente como agregado leve para concreto (concreto de enchimento) com resistência de até 30Mpa. Placas de concreto com este tipo de agregado servem como isolantes térmicos e acústicos. Também é muito utilizada para fins ornamentais em jardins.

Escória de alto forno

Resíduos resultantes da produção de ferro gusa em altos-fornos, constituída basicamente de compostos oxigenados de ferro, silício e alumínio (Bauer, 2008). Dependendo do modo de resfriamento resultam diferentes tipos de escórias, que resultam diferentes tamanhos de agregados. Podem ser empregados em bases de estradas, asfaltos e agregado para concreto. A principal utilização da escória granulada é a fabricação de cimento portland.



Figura C.3 : Visão geral do processo de britagem - Brita Pinhal
Fonte: do autor

Síntese

Nessa etapa da unidade você aprendeu que

- agregados miúdos são aqueles que passam na abertura de peneira 4,8 mm da ABNT. Como exemplos temos areia, o filler e o pó de pedra.
- agregados graúdos são aqueles que ficam retidos na abertura de peneira 4,8 mm da ABNT. Como exemplos temos a brita e o cascalho.

Sites interessantes

<http://pedreiratremembe.com.br/>

<http://www.pedreirarolim.com.br/producao.html>

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para concreto**. Rio de Janeiro: 2009.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7225: Materiais de pedra e agregados naturais**. Rio de Janeiro: 1993.

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

PETRUCCI, E. G. R. **Concreto de cimento portland**. 9 ed. Rio de Janeiro: Globo, 1982.



ATIVIDADE

Atividade de Pesquisa

Realizar uma pesquisa em 3 estabelecimentos comerciais de materiais de construção, a fim de levantar informações a respeito dos agregados miúdos e graúdos comercializados. Para cada tipo de agregado, deve-se pesquisar as seguintes informações:

1. Tamanhos de agregados: Se trata de areia fina, média ou grossa? Se trata de brita 1, 2, 3, pedrisco, pó de pedra?
2. Origem do agregado: jazida, pedreira, cava, rio? De que município é originária?
3. Forma de comercialização: metro cúbico, sacos?
4. Valores de venda.
5. Quais as principais aplicações de cada material comercializado na região?

A atividade de pesquisa deve ser enviada ao professor e servirá como instrumento de avaliação.

Bom trabalho!



2. PROPRIEDADES FÍSICAS E ENSAIOS COM AGREGADOS MÍUDOS

Conhecer as propriedades e características de um agregado é de grande importância para definir os usos mais adequados que se pode fazer dele. Grande parte das características de um agregado é determinada por meio de análises, ensaios e experimentos descritos em normas técnicas. No Brasil, a entidade normatizadora de grande parte desses ensaios é a ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. No âmbito internacional existem outros órgãos normatizadores como a ISO International Organization for Standardizations), a ASTM (American Standard Association) e o ACI (American Concrete Institute) que fornecem subsídios quando não há normas nacionais sobre determinado assunto.

A seguir são apresentadas as principais propriedades físicas e índices de qualidade dos agregados míudos, dos quais a maioria são avaliados por meio de ensaios previstos em normas técnicas.

Granulometria

A granulometria é uma propriedade que reflete a distribuição dos tamanhos dos grãos de um agregado, ou seja, determinam-se as porcentagens de uma amostra que pertence a uma determinada faixa granulométrica, de acordo com o tamanho dos grãos. A distribuição granulométrica é determinada por meio de um ensaio descrito na NBR 7217, que consiste no peneiramento de uma amostra de material cuja massa mínima é expressa na tabela abaixo, em função da dimensão máxima do agregado a ser peneirado.

Dimensão Máxima característica do agregado (mm)	Massa mínima de amostra para o ensaio (kg)
Menor que 4,8	0,5
6,3	3,0
Entre 9,5 e 25	5,0
Entre 32 e 38	10,0
50	20,0
Entre 64 e 76	30,0

Tabela 3: distribuição granulométrica

Fonte: NBR 7217

O peneiramento da amostra é realizado com o uso de peneiras padronizadas pela ABNT, sendo que o conjunto de peneiras é composto por duas séries: a série normal e a série intermediária. As aberturas

das peneiras de cada série são apresentadas na tabela a seguir:

SÉRIE NORMAL	SÉRIE INTERMEDIÁRIA
ABNT 76 mm	-
-	ABNT 64 mm
-	ABNT 50 mm
ABNT 38 mm	-
-	ABNT 32 mm
-	ABNT 25 mm
ABNT 19 mm	-
-	ABNT 12,5 mm
ABNT 9,5 mm	-
-	ABNT 6,3 mm
ABNT 4,8 mm	-
ABNT 2,4 mm	-
ABNT 1,2 mm	-
ABNT 0,6 mm	-
ABNT 0,30 mm	-
ABNT 0,15 mm	-

Tabela 4: padronagem de peneiras

Fonte: ABNT

Em resumo, o ensaio de peneiramento para determinação da composição granulométrica consiste nos seguintes procedimentos:

- Secar duas amostras do agregado a ser analisado em estufa (105 – 110)°C, esfriar à temperatura ambiente e determinar suas massas (M1 e M2). Tomar a amostra (M1) e reservar a outra (M2).
- Colocar a amostra (M1) ou porções dela sobre a peneira superior do conjunto. Promover a agitação mecânica do conjunto por um tempo razoável, para permitir a separação e classificação prévia dos diferentes tamanhos de grão da amostra.
- Remover o material retido em cada peneira para bandejas identificadas. Escovar a tela em ambos os lados para limpar a peneira.
- Determinar a massa total de material retido em cada uma das peneiras e no fundo do conjunto. O somatório de todas as massas não deve diferir mais de 0,3 % da massa seca da amostra, inicialmente introduzida no conjunto de peneiras.
- Proceder ao peneiramento da amostra (M2), seguindo o mesmo procedimento.
- Para cada uma das amostras de ensaio, calcular a porcentagem retida, em massa, em cada peneira, com aproximação de 0,1 %.
- Calcular as porcentagens médias retidas e acumuladas, em cada peneira, com aproximação de 1%.

As tabelas a seguir mostram um exemplo do cálculo de granulometria. Em primeiro lugar, a planilha é preenchida com a quantidade de amostra em massa que ficou retida em cada peneira, para as duas determinações (sequências de peneiramento). A soma dos pesos retidos em cada peneira deve ser mais próxima possível do peso da amostra colocada inicialmente no peneirador, lembrando que a divergência entre valores não pode ser superior a 0,3%.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217							
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3/8"	9,5	0		0			
1/4"	6,3	0		0			
4	4,8	9,6		8,4			
8	2,4	16,6		15,1			
16	1,2	31,7		28,9			
30	0,6	132,8		147,7			
50	0,3	234,1		242,9			
100	0,15	79,4		63,4			
Fundo	<0,15	23,6		18,4			
TOTAL		527,8		524,8			

Tabela 5: composição granulométrica

Fonte: NBR 7217

Observa-se que as peneiras podem ser designadas por um número, conforme a primeira coluna da tabela, ou pela abertura da malha em milímetros, conforme a segunda coluna da tabela.

A seguir, calcula-se a porcentagem que o peso do material retido em cada peneira representa em relação ao peso total da amostra. O cálculo dessa porcentagem é feito dividindo-se o peso que ficou retido em cada peneira pelo peso total da amostra. O valor resultante é multiplicado por 100 para transformar em porcentagem. Para exemplificar, faremos o cálculo para as quantidades retidas na peneira 4,8

No peneiramento da primeira amostra (primeira determinação) temos 9,6 g de material retidos na peneira 4,8 mm. Dividindo 9,6 g pelo peso total da amostra, que é 527,8 g, temos 0,018 e multiplicando esse valor por 100 temos 1,8%. Ou seja, 9,6 g representa 1,8% de 527,8 g. Da mesma forma, no peneiramento da segunda amostra (segunda determinação) temos 8,4 g de material retidos na peneira 4,8 mm. Dividindo 8,4 g pelo peso total da amostra, que é 524,8 g, temos 0,016 e multiplicando esse valor por 100 temos 1,6%. Ou seja, 8,4 g representa 1,6% de 524,8 g.

Fazendo o mesmo cálculo para os pesos retidos nas demais peneiras, nas duas determinações, temos:

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3/8"	9,5	0	0,0%	0	0,0%			
1/4"	6,3	0	0,0%	0	0,0%			
4	4,8	9,6	1,8%	8,4	1,6%			
8	2,4	16,6	3,1%	15,1	2,9%			
16	1,2	31,7	6,0%	28,9	5,5%			
30	0,6	132,8	25,2%	147,7	28,1%			
50	0,3	234,1	44,3%	242,9	46,3%			
100	0,15	79,4	15,0%	63,4	12,1%			
Fundo	<0,15	23,6	4,5%	18,4	3,5%			
TOTAL		527,8	99,9%	524,8	100%			

Tabela 6: composição granulométrica

Fonte: NBR 7217

Em alguns casos, como consequência do arredondamento de 1 casa decimal, o somatório das porcentagens difere de 100%, ficando próximo a esse valor, como ocorreu na 1ª determinação do exemplo.

Após determinar as porcentagens retidas em cada determinação, procede-se ao cálculo da porcentagem média retida em cada peneira. Voltando ao nosso exemplo: na primeira determinação 1,8% da amostra ficou retida na peneira 4,8mm e na segunda determinação a porcentagem retida foi de 1,6% na mesma peneira. Neste caso a porcentagem retida média na peneira 4,8 é a soma de 1,8% e 1,6% dividida por 2, o que resulta 1,7%. Como na porcentagem retida média a Norma aconselha o cálculo com aproximação de 1%, não se usam casas decimais após a vírgula e o valor de 1,7% é arredondado para 2%. Calculando a média das porcentagens de material retidas nas demais peneiras temos:

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3/8"	9,5	0	0,0%	0	0,0%	0%		
1/4"	6,3	0	0,0%	0	0,0%	0%		
4	4,8	9,6	1,8%	8,4	1,6%	2%		
8	2,4	16,6	3,1%	15,1	2,9%	3%		

16	1,2	31,7	6,0%	28,9	5,5%	6%		
30	0,6	132,8	25,2%	147,7	28,1%	27%		
50	0,3	234,1	44,3%	242,9	46,3%	45%		
100	0,15	79,4	15,0%	63,4	12,1%	13%		
Fundo	<0,15	23,6	4,5%	18,4	3,5%	4%		
TOTAL		527,8	99,9%	524,8	100%	100%		

Tabela 6: composição granulométrica
 Fonte: NBR 7217

Para finalizar, calcula-se a porcentagem retida acumulada, que é a soma das porcentagens retidas médias que estão acima da peneira que se está analisando. Assim, na peneira 4,8m, temos retido 2% do material pois nas peneiras que estão acima da 4,8 mm (a 6,3 e a 9,5) não temos material retido. Já na peneira 2,4 mm teremos o acumulado de 5%, sendo 3% na própria peneira 2,4mm e 2% na peneira 4,8 mm que está acima da 2,4 mm. Seguindo esta lógica, na peneira 1,2 mm teremos acumulado 11% do material, sendo 6% na própria peneira 1,2mm e 5% nas peneiras acima desta (3% na peneira 2,4mm e 2% na peneira 4,8mm). O cálculo da porcentagem retida acumulada é feito até a peneira 0,15 mm, sendo que o material retido no Fundo fica de fora desse cálculo.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3/8"	9,5	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
1/4"	6,3	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
4	4,8	9,6	1,8%	8,4	1,6%	2%	2%	
8	2,4	16,6	3,1%	15,1	2,9%	3%	5%	
16	1,2	31,7	6,0%	28,9	5,5%	6%	11%	
30	0,6	132,8	25,2%	147,7	28,1%	27%	38%	
50	0,3	234,1	44,3%	242,9	46,3%	45%	83%	
100	0,15	79,4	15,0%	63,4	12,1%	13%	96%	
Fundo	<0,15	23,6	4,5%	18,4	3,5%	4%		
TOTAL		527,8	99,9%	524,8	100%	100%		

Tabela 7: composição granulométrica
 Fonte: NBR 7217

Os cálculos realizados na análise granulométrica tem diferentes finalidades. Uma delas é a comparação da distribuição granulométrica do agregado analisado com a distribuição granulométrica determinada por normas específicas para cada uso. A NBR 7211, que trata dos requisitos mínimos dos agregados

miúdos para concreto, apresenta os limites da distribuição granulométrica que o agregado miúdo deve ter para ser apropriado a esse uso.

Peneira com Abertura de Malha	Porcentagem, em massa, retida acumulada			
	Limite Inferior		Limite Superior	
	Zona Utilizável	Zona Ótima	Zona Utilizável	Zona Ótima
9,5 mm	0	0	0	0
6,3 mm	0	0	0	7
4,75 mm	0	0	5	10
2,36 mm	0	10	20	25
1,18 mm	5	20	30	50
600 µm	15	35	55	70
300 µm	50	65	85	95
150 µm	85	90	95	100

Tabela 8: distribuição granulométrica

Fonte: NBR 7211

Como veremos a seguir, os cálculos realizados na análise granulométrica também servem de subsídio para determinar duas outras propriedades dos agregados: a dimensão máxima do agregado e o módulo de finura.

Dimensão máxima característica

A dimensão máxima característica ou diâmetro máximo do agregado correspondente à **abertura nominal**, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma **porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%** em massa.

No caso do exemplo, o valor de 2,4 mm pode ser considerado como dimensão máxima do agregado, visto que na peneira 2,4 mm temos uma porcentagem retida acumulada de 5%. Se a porcentagem retida acumulada na peneira 2,4 mm fosse maior que 5%, a dimensão máxima do agregado seria 4,8 mm, caso na peneira 4,8 mm houvesse uma porcentagem retida acumulada inferior a 5%.

Módulo de finura

O módulo de finura de um agregado é calculado pela soma das **porcentagens retidas acumuladas em massa**, nas peneiras da **série normal**, dividida por 100. O valor do módulo de finura **decrece** à medida que o agregado vai se tornando **mais fino**.

Para o exemplo anterior, somamos as porcentagens retidas acumuladas na penúltima coluna da tabela, obtendo o valor de 235.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3/8"	9,5	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
1/4"	6,3	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
4	4,8	9,6	1,8%	8,4	1,6%	2%	2%	
8	2,4	16,6	3,1%	15,1	2,9%	3%	5%	
16	1,2	31,7	6,0%	28,9	5,5%	6%	11%	
30	0,6	132,8	25,2%	147,7	28,1%	27%	38%	
50	0,3	234,1	44,3%	242,9	46,3%	45%	83%	
100	0,15	79,4	15,0%	63,4	12,1%	13%	96%	
Fundo	<0,15	23,6	4,5%	18,4	3,5%	4%		
TOTAL		527,8	99,9%	524,8	100%	100%	235	

Tabela 9: composição granulométrica
 Fonte: NBR 7217

Dividindo 235 por 100 temos o valor de 2,35, que é o módulo de finura da areia em questão.

A NBR 7211 apresenta valores de módulo de finura para areias consideradas bem graduadas, conforme a tabela a seguir:

Classificação da Areia	Módulo de Finura
Muito Fina	1,39 a 2,25
Fina	1,71 a 2,85
Média	2,11 a 3,38
Grossa	2,71 a 4,02
Areia de Praia	1,39

Tabela 10: módulo de finura da areia
 Fonte: NBR 7211

O módulo de finura também serve para comparação entre dois ou mais agregados. Aquele que possuir menor módulo de finura é o material mais fino.

Substâncias Nocivas

As impurezas contidas nos agregados podem interferir química e fisicamente no uso que se faz deles. Quando os agregados são utilizados na confecção de concretos, as impurezas presentes nos agregados

podem causar interferência no processo de hidratação do cimento e na aderência entre o agregado e pasta de cimento. A presença de partículas fracas e friáveis acima das proporções permitidas também é prejudicial ao desempenho do agregado, seja qual for a aplicação que se fizer.

Segundo Bauer (2008), as principais impurezas presentes nos agregados são:

- Partículas de origem orgânica ou mineral, que podem dar origem a reações químicas expansivas com o cimento.
- Partículas com dimensões iguais ou inferiores às do cimento, que interferem na estrutura do material hidratado, enfraquecendo-o.
- Partículas com baixa resistência ou com expansões e contrações excessivas.
- A presença de matéria orgânica (húmus), que interferem na pega e endurecimento do cimento, diminuindo a resistência inicial.
- Impurezas constituídas por sais minerais, que interferem principalmente na pega e na resistência do concreto e também dão origem a reações prejudiciais com o cimento ou com armaduras do concreto armado. Ex: chumbo, zinco, sulfatos, cloretos.

De acordo com a NBR 7211, as quantidades de substâncias nocivas não devem ultrapassar os seguintes limites máximos em porcentagem de peso de material:

Materiais Carbonosos (ASTM)	
Em concreto cuja aparência é importante	0,5%
Nos demais concretos	1,0%
Torrões de Argila (NBR 7218)	
Porcentagem máxima permitida	3,0%
Material Pulverulento (NBR NM 46)	
Em concreto submetido à desgaste superficial	3,0%
Nos demais concretos	5,0%
Impurezas Orgânicas (NBR 7220)	
Se a coloração ficar mais escura que a de uma solução padrão, sua utilização ficará condicionada ao resultado do ensaio previsto na NBR 7221 – Ensaio de Qualidade da Areia.	

Tabela 11: quantidade de substâncias nocivas em porcentagem

Fonte: NBR 7211

De acordo com Bauer (2008), os materiais carbonosos são constituídos por partículas de carvão, madeira e matéria vegetal sólida. São determinados por sedimentação do agregado em líquido de densidade 2. A porcentagem dos torrões de argila é determinada pela diferença de peso de uma amostra de agregado antes e depois de se tirar os torrões presentes na amostra.

O material pulverulento é composto por partículas minerais com dimensão inferior a 0,075 mm, incluindo os materiais solúveis em água presentes nos agregados. A porcentagem desse material é determinada pela diferença de peso entre a amostra dele com o material pulverulento e após o mesmo ser retirado por processo de lavagem.

Massa Unitária ou Massa Específica Aparente (δ)

Relação entre a **massa (M)** e o **volume aparente (V_{ap})** do agregado (volume aparente = volume dos grãos + volume dos vazios). A massa unitária é utilizada como medida indireta da quantidade de vazios presentes entre os grãos de agregados e para transformar quantidades de material de peso para volume e de volume para peso.

$$\delta = \frac{M}{V_{ap}}$$

No agregado múdo, a massa específica real é determinada pelo Método do Frasco de Chapman, descrito na NBR 9776. Essa determinação é feita por meio de um frasco calibrado e graduado, que contém inicialmente 200 cm³ de água. Coloca-se nesse frasco uma amostra de 500 g de areia seca. O volume de areia se mistura ao de água, fazendo o nível da mesma subir no frasco. A diferença entre o nível final e inicial da água dentro do frasco corresponde ao volume real da areia. Dividindo-se a massa de 500 g pelo volume determinado, temos a massa específica real da areia.

A massa específica é uma medida indireta da compactidade do grão do material, pois quanto menor a massa específica mais leve é o material ou mais vazios ele possui. No caso de agregados, esses vazios não devem ser confundidos com os vazios entre os grãos (volume aparente), mas sim os vazios do próprio grão do agregado, que também interferem na porosidade do mesmo.

Quando o agregado entra em misturas de concreto e argamassas, a massa específica também é utilizada no cálculo da quantidade de materiais para cada metro cúbico de mistura. Quanto maior for a massa específica dos agregados maior será o peso do concreto. A massa específica pode ser expressa em g/cm³, kg/dm³ ou t/m³.

Teor de umidade

É definido como a relação entre o peso da água (Ph-PS) e o peso do material seco (PS) em estufa a mais de 100°C. Importante para a dosagem de concretos, pois existe uma proporção adequada entre a quantidade de água e cimento adicionada ao concreto. Se a areia estiver úmida e não se determinar essa umidade, a água incorporada à areia vai alterar a proporção entre água e cimento do concreto, o que causa danos à resistência do mesmo. Se a umidade for conhecida, pode-se corrigir a quantidade de água a ser adicionada ao concreto, pois já se terá conhecimento a respeito da quantidade de água que está incorporada à areia.

Existe mais de um método para determinação da umidade. O mais utilizado é a secagem em estufa, cuja amostra é pesada antes de ser colocada na estufa a 100°C. Este peso corresponde ao peso úmido (Ph). Após permanecer no mínimo 24 hs na estufa, a amostra é pesada novamente e tem-se o peso seco (Ps). De posse dessas duas informações pode-se calcular o teor de umidade pela seguinte relação:

$$h = \frac{P_h - P_s}{P_s} \cdot 100$$

A secagem do material também pode ser realizada na presença de fogo (Método da frigideira). Pesando o material antes e depois da secagem se tem o peso úmido e seco respectivamente. Esta prática é menos precisa que a secagem em estufa e é utilizada principalmente em obras, em virtude da ausência de estufas e pela possibilidade de avaliar umidade em um intervalo de tempo menor.

Além disso, existem aparelhos especiais para a medição da umidade, sendo o Speedy Test um dos mais conhecidos e utilizados. Ao se misturar o agregado miúdo úmido com um reagente, o aparelho mede a pressão gerada e com base em tabelas de calibração fornece a umidade do agregado.

De acordo com o teor de umidade, podemos considerar o agregado nos seguintes estados:

- Seco em estufa: toda a umidade, externa e interna, foi eliminada por um aquecimento a 100°C.
- Seco ao ar: não apresenta umidade superficial, tendo umidade interna sem saturação.
- Saturado, superfície seca: a superfície não apresenta água livre, mas os vazios permeáveis das partículas de agregados estão cheios dela.
- Saturado: apresenta água livre na superfície.

Inchamento (I)

A água presente entre os grãos de agregado provoca o afastamento entre eles, o que resulta no inchamento do conjunto. Esse aumento de volume ocorre até determinado teor de umidade acima do qual o inchamento permanece praticamente constante. Esse teor de umidade é chamado **Umidade Crítica**.

O ensaio de inchamento é descrito pela NBR 6467, mas consiste basicamente em se determinar a massa específica aparente seca (δ_0) do agregado e a massa específica aparente úmida (δ_h) para amostras do material com diferentes teores de umidade (h). Para cada amostra se calcula o coeficiente de inchamento com base na umidade e massa específica aparente úmida de cada amostra, conforme a relação.

$$I = \left(\frac{100+h}{100} \right) \cdot \left(\frac{\delta_0}{\delta_h} - 1 \right) \cdot 100$$

Coeficiente de Vazios (CV)

É o número que, multiplicado pelo volume total do agregado dá o volume de vazios nesse agregado. Quanto maior o coeficiente de vazios maior o consumo de pasta para ligar os agregados. Depende da massa específica e da massa unitária do material e é determinado pela seguinte relação:

$$C_v = 1 - \frac{\delta}{\gamma}$$

Síntese

ENSAIO	PROPRIEDADES AVALIADAS	NORMA	IMPORTÂNCIA
GRANULOMETRIA	Tamanho e distribuição dos grãos do agregado.	NBR 7127	Comparação da distribuição granulométrica do agregado analisado com padrões de normas. Os agregados bem graduados possuem menor número de vazios e menor consumo de aglomerantes. Determinar diâmetro máximo e módulo de finura
MATERIAIS CARBONOSOS	ASTM	Avaliar se o agregado contém material que inviabilize seu uso, tais como: partículas que podem dar origem a reações químicas expansivas com o cimento, partículas com dimensões iguais ou inferiores às do cimento, que enfraquecem a estrutura do material hidratado, partículas com baixa resistência ou com expansões e contrações excessivas, material que interfira na pega e endurecimento do cimento, impurezas que prejudiquem as armaduras do concreto armado.	
MATERIAL PULVERULENTO	NM 46		
TORRÕES DE ARGILA	NBR 7218		
IMPUREZAS ORGÂNICAS	NBR 7220 E 7221		
MASSA UNITÁRIA OU MASSA ESPECÍFICA APARENTE	Relação entre a massa do material e seu volume aparente (volume dos grãos + volume de vazios entre os grãos)	NM 45	Avaliar de forma indireta os vazios entre os grãos do agregado, que influenciam o consumo de aglomerantes. Transformar quantidades de material de peso para volume.
MASSA ESPECÍFICA REAL OU ABSOLUTA	Relação entre a massa do material e seu volume real.	NBR 9776	Avaliar de forma indireta a compactidade do material e o peso por unidade de volume.
TEOR DE UMIDADE	Relação entre o peso da água e o peso do material seco	-	Ajuste da relação água/ cimento em concretos.
INCHAMENTO	Aumento do volume de material na presença de umidade	NBR 6467	Ajuste da volume do agregado mudo úmido em concretos
COEFICIENTE DE VAZIOS	Indicador da quantidade de vazios entre os grãos de agregados	-	Avaliar os vazios entre os grãos do agregado, que influenciam o consumo de aglomerantes.

Tabela 12: síntese da unidade

Fonte: do autor

Sites interessantes

http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado_2.html

http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado_5.html

<http://www.portaldoconcreto.com.br/cimento/concreto/agregado.html>

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6467: Agregados - Determinação do inchamento de agregado miúdo - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: 2006.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para concreto**. Rio de Janeiro: 2009.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7217: Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: 1987.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7218: Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis**. Rio de Janeiro: 2010.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7220: Agregados - Determinação de impurezas orgânicas húmicas em agregado miúdo**. Rio de Janeiro: 1987.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7221: Agregados - Ensaio de qualidade de agregado miúdo**. Rio de Janeiro: 1987.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9776: Agregados - Determinação da massa específica de agregados miúdos por meio do frasco chapman - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: 1987.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro: 2006.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem**. Rio de Janeiro: 2003.
- BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: LTC, 1994.



ATIVIDADES

Propriedades dos Agregados Miúdos

1. Um balde de pedreiro tem capacidade para 10 litros (dm^3) de material e pesa cerca de 750 gramas. Em uma obra o balde foi cheio com areia e pesado, sendo que a balança apontou 17,25 kg . Neste caso qual a massa unitária da areia?
2. Uma padiola de madeira pesa 54,7 kg quando está cheia de areia. Sabendo que a padiola mede 30x30x40cm e vazia pesa 2,5 kg calcule a massa unitária da areia.
3. Uma amostra de 500 g de areia foi colocada no frasco de Chapman para determinação de sua massa específica. O nível final no frasco, após a amostra ser colocada, foi de 428 ml (cm^3). Qual a massa específica da areia?
4. A massa unitária de duas areias foi determinada em laboratório. A areia tipo “A” apresentou massa unitária de $1,67 \text{ kg/dm}^3$ e a areia tipo “B” apresentou massa unitária de $1,71 \text{ dm}^3$. Em sua opinião, qual destas areia apresenta maior quantidade de vazios entre os grãos? Justifique sua resposta.
5. Para produzir determinado concreto, o responsável por uma obra determinou que seriam usados 100 kg de areia cada vez que se abastecesse a betoneira. Como não há balança na obra, essa quantidade deve ser transformada em volume e ser colocada na betoneira com baldes de 10 l (dm^3). Sabendo que a massa unitária da areia a ser utilizada é de $1,66 \text{ kg/dm}^3$ e que esse número representa uma relação entre a massa e o volume aparente do material, determine aproximadamente quantos baldes de areia devem ser adicionados cada vez que se abastecer a betoneira.
6. Uma amostra de areia úmida foi levada a uma estufa onde permaneceu por 24h a 100°C , a fim de se determinar o teor de umidade presente. Antes de ser colocada na estufa a amostra apresentou peso líquido de 453g e, após ser retirada, seu peso líquido era de 429g. Qual era o teor de umidade presente na amostra?
7. O teor de umidade de uma amostra de areia foi determinado pelo método expedito da frigideira. A amostra úmida foi colocada dentro de uma frigideira que pesava 152g e com a amostra passou a pesar 332g. Após a secagem no fogareiro, a frigideira com a amostra passou a pesar 318g. Qual o teor de umidade presente na amostra?
8. Uma cápsula metálica pesando 221 g foi cheia com areia úmida e passou a pesar 286g. A cápsula com a areia foi levada a uma estufa, na qual permaneceu por 24h a 100°C e, após ser retirada, estava pesando 281g. Quantos gramas de água estavam presentes na amostra de areia? Qual era o teor de umidade presente na areia úmida? Em 100 kg de areia com o teor de umidade calculado, quantos kg de água estão incorporados ao material?
9. Duas amostras de agregado miúdo foram submetidas a um ensaio de granulometria. As quantidades de material retidas em cada peneira são apresentadas nas tabelas a seguir. Com base nos dados, realize os cálculos da análise granulométrica e do módulo de finura, julgue se as distribuições estão próximas do que rege a NBR 7211 com relação a agregados destinados a concreto.

Material 1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação			2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada
nº	Mm	Peso (g)	Retido	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3/8"	9,5	0			0			
1/4 "	6,3	0			0			
4	4,8	3			8			
8	2,4	15			23			
16	1,2	125			114			
30	0,6	228			222			
50	0,3	541			520			
100	0,15	170			167			
Fundo	<0,15	99,5			103			
TOTAL								
Diâmetro Máximo:						Módulo de Finura:		

Material 1

Material 1 COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação			2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada
nº	Mm	Peso (g)	Retido	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3/8"	9,5	0			0			
1/4 "	6,3	0			0			
4	4,8	25			18			
8	2,4	51			49			
16	1,2	92			89			
30	0,6	267			278			
50	0,3	507			498			
100	0,15	201			193			
Fundo	<0,15	95			101			
TOTAL								
Diâmetro Máximo:						Módulo de Finura:		

Material 2



3. PROPRIEDADES FÍSICAS E ENSAIOS COM AGREGADOS GRAÚDOS

Assim como foi comentado no estudo dos agregados miúdos, conhecer as propriedades e características dos agregados graúdos é de grande importância para definir os usos mais adequados que se podem fazer deles. A seguir são apresentadas as principais propriedades físicas e os índices de qualidade dos agregados graúdos, dos quais grande parte também é avaliada por meio de ensaios previstos em normas técnicas, definidas anteriormente.

Granulometria

O procedimento para determinação da granulometria de agregados graúdos é muito semelhante ao processo dos agregados miúdos. As diferenças principais são as aberturas das peneiras utilizadas e o tamanho da amostra peneirada. Relembrando a tabela da norma, apresentada na granulometria de agregados miúdos, a amostra para peneiramento de agregado graúdo varia entre 3 e 30 kg, dependendo do diâmetro máximo do agregado.

A seguir, é apresentado um exemplo de granulometria de agregado graúdo, seguindo o mesmo procedimento já visto no item anterior desta unidade. A planilha apresenta a quantidade de amostra em massa que ficou retida em cada peneira, para as duas determinações (sequências de peneiramento) e a soma total.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3"	76	0		0				
2 1/2"	64	0		0				
2"	50	0		0				
1 1/2"	38	0		0				
1 1/4"	32	0		0				
1"	25	33		25				
3/4"	19	317,8		421,4				
1/2"	12,5	7258,9		7376,1				

3/8"	9,5	2001,9		2262,7			
1/4"	6,3	791		858			
4	4,8	123		119			
8	2,4	0		0			
16	1,2	0		0			
30	0,6	0		0			
50	0,3	0		0			
100	0,15	0		0			
Fundo	<0,15	20,4		29,6			
TOTAL		10546,0		11091,8			

Tabela 13: composição granulométrica
 Fonte: NBR 7217

A seguir, calculamos a porcentagem que o peso do material retido em cada peneira representa em relação ao peso total da amostra. Da mesma forma, o cálculo dessa porcentagem é feito dividindo-se o peso que ficou retido em cada peneira pelo peso total da amostra. O valor resultante é multiplicado por 100 para transformar em porcentagem. Para exemplificar, faremos o cálculo para as quantidades retidas na peneira 25.

No peneiramento da primeira amostra (primeira determinação) temos 33 g de material retidos na peneira 25 mm. Dividindo 33 g pelo peso total da amostra, que é 10546,0 g, temos 0,003 e multiplicando esse valor por 100 temos 0,3%. Ou seja, 33 g representa 0,3% de 10546,0 g. Da mesma forma, no peneiramento da segunda amostra (segunda determinação) temos 25 g de material retidos na peneira 25 mm. Dividindo 25 g pelo peso total da amostra, que é 11091,8 g, temos 0,002 e multiplicando esse valor por 100 temos 0,2%. Ou seja, 25 g representa 0,2% de 11091,8 g.

Fazendo o mesmo cálculo para os pesos retidos nas demais peneiras, nas duas determinações, temos:

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217							
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3"	76	0	0,0%	0	0,0%		
2 1/2"	64	0	0,0%	0	0,0%		
2"	50	0	0,0%	0	0,0%		
1 1/2"	38	0	0,0%	0	0,0%		
1 1/4"	32	0	0,0%	0	0,0%		

1"	25	33	0,3%	25	0,2%			
3/4"	19	317,8	3,0%	421,4	3,8%			
1/2"	12,5	7258,9	68,8%	7376,1	66,5%			
3/8"	9,5	2001,9	19,0%	2262,7	20,4%			
1/4"	6,3	791	7,5%	858	7,7%			
4	4,8	123	1,2%	119	1,1%			
8	2,4	0	0,0%	0	0,0%			
16	1,2	0	0,0%	0	0,0%			
30	0,6	0	0,0%	0	0,0%			
50	0,3	0	0,0%	0	0,0%			
100	0,15	0	0,0%	0	0,0%			
Fundo	<0,15	20,4	0,2%	29,6	0,3%			
TOTAL		10546,0	100%	11091,8	100%			

Após determinar as porcentagens retidas em cada determinação, procede-se ao cálculo da porcentagem média retida em cada peneira. Voltando ao nosso exemplo: na primeira determinação 0,3% da amostra ficou retida na peneira 25 mm e na segunda determinação a porcentagem retida foi de 0,2% na mesma peneira. Neste caso, a porcentagem retida média na peneira 25 é a soma de 0,3% e 0,2% dividida por 2, o que resulta 0,25%. Como na porcentagem retida média a Norma aconselha o cálculo com aproximação de 1%, não se usam casas decimais após a virgula e o valor de 0,25% é arredondado para 0%. Calculando a média das porcentagens de material retidas nas demais peneiras temos:

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217							
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3"	76	0	0,0%	0	0,0%	0%	
2 1/2"	64	0	0,0%	0	0,0%	0%	
2"	50	0	0,0%	0	0,0%	0%	
1 1/2"	38	0	0,0%	0	0,0%	0%	
1 1/4"	32	0	0,0%	0	0,0%	0%	
1"	25	33	0,3%	25	0,2%	0%	
3/4"	19	317,8	3,0%	421,4	3,8%	3%	

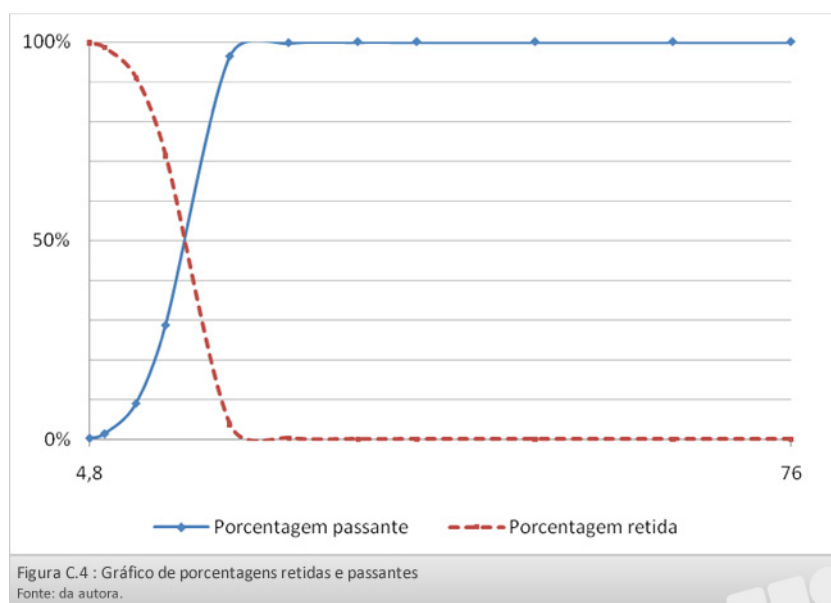
1/2"	12,5	7258,9	68,8%	7376,1	66,5%	68%		
3/8"	9,5	2001,9	19,0%	2262,7	20,4%	20%		
1/4"	6,3	791	7,5%	858	7,7%	8%		
4	4,8	123	1,2%	119	1,1%	1%		
8	2,4	0	0,0%	0	0,0%	0%		
16	1,2	0	0,0%	0	0,0%	0%		
30	0,6	0	0,0%	0	0,0%	0%		
50	0,3	0	0,0%	0	0,0%	0%		
100	0,15	0	0,0%	0	0,0%	0%		
Fundo	<0,15	20,4	0,2%	29,6	0,3%	0%		
TOTAL		10546,0	100%	11091,8	100%	100%		

Para finalizar, se calcula a porcentagem retida acumulada, que é a soma das porcentagens retidas médias que estão acima da peneira que se está analisando. Assim, na peneira 25 mm, temos retido 0% do material, pois nas peneiras que estão acima da 25 mm (a 32 e a 76) não temos material retido. Já na peneira 19 mm teremos o acumulado de 3% e na peneira 12,5 mm teremos acumulado 71% do material, sendo 68% na própria peneira 12,5 mm e 3% nas peneiras acima desta (caso, só há valor significativo de porcentagem retida média na peneira 19mm). Na peneira 9,5 mm temos retido acumulado de 91%, sendo 20% da própria peneira e o restante das peneiras acima (68 % na peneira 12,5mm e 3% na peneira 19 mm). O cálculo da porcentagem retida acumulada é feito até a última peneira que contiver material, sendo que o material retido no Fundo fica de fora desse cálculo.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3"	76	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
2 1/2"	64	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
2"	50	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
1 1/2"	38	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
1 1/4"	32	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
1"	25	33	0,3%	25	0,2%	0%		0%
3/4"	19	317,8	3,0%	421,4	3,8%	3%	3%	
1/2"	12,5	7258,9	68,8%	7376,1	66,5%	68%		71%

3/8"	9,5	2001,9	19,0%	2262,7	20,4%	20%	91%	
1/4"	6,3	791	7,5%	858	7,7%	8%		99%
4	4,8	123	1,2%	119	1,1%	1%	100%	
8	2,4	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
16	1,2	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
30	0,6	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
50	0,3	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
100	0,15	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
Fundo	<0,15	20,4	0,2%	29,6	0,3%	0%		
TOTAL		10546,0	100%	11091,8	100%	100%		

Se colocarmos em um gráfico as porcentagens retidas ou passantes acumuladas no eixo vertical e a abertura das peneiras no eixo horizontal temos a curva granulométrica do agregado, cujo formato para o exemplo é apresentada abaixo.



Quanto mais suave for a curva, mais bem graduado é o agregado. O agregado do nosso exemplo possui uma granulometria descontínua, pois a transição da curva dos tamanhos maiores para os menores não ocorre de maneira gradual.

A NBR 7211, que trata dos requisitos mínimos dos agregados miúdos para concreto, também apresenta os limites da distribuição granulométrica que o agregado graúdo deve ter para ser apropriado a esse uso. Dessa forma, podemos comparar a distribuição granulométrica do agregado avaliado com a recomendação da Norma, para avaliar se o mesmo está dentro do padrão.

Peneira com Abertura de Malha	Porcentagem, em massa, retida acumulada				
	Zona Granulométrica - d/D				
	4,75 / 12,5	9,5 / 25	19 / 31,5	25 / 50	37,5 / 75
75 mm					0 - 5
63 mm					5 - 30
50 mm				0 - 5	75 - 100
37,6 mm				5 - 30	90 - 100
31,5 mm			0 - 5	75 - 100	95 - 100
25 mm		0 - 5	5 - 25	87 - 100	
19 mm		2 - 15	65 - 95	95 - 100	
12,5 mm	0 - 5	40 - 65	92 - 100		
9,5 mm	2 - 15	80 - 100	95 - 100		
6,3 mm	40 - 65	92 - 100			
4,75 mm	80 - 100	95 - 100			
2,36 mm	95 - 100				

Conforme a distribuição granulométrica o agregado pode ser classificado em diferentes faixas que são destinadas a diferentes aplicações. A tabela abaixo apresenta um exemplo mas, deve-se lembrar que esta é uma classificação comercial dos produtos e pode mudar de uma região para a outra.

Produto	Dimensão	Aplicação
Brita 0	4,5mm a 9,5mm	Confecção de massa asfáltica e concretos em geral: lajes pré-moldadas, estruturas de ferragem densa, artefatos de concreto (pré-moldados), chapiscos e brita graduada para base de pistas.
Brita 1	9,5mm a 19mm	Confecção de massa asfáltica e concretos em geral: lajes pré-moldadas, estruturas de ferragem densa, artefatos de concreto (pré-moldados), chapiscos e brita graduada para base de pistas.
Brita 2	19mm a 25mm	Confecção de concreto em geral e drenagem.
Brita 3	25mm a 38mm	Reforço de subleito para pistas de tráfego pesado e lastros de ferrovias

Brita 4	38mm a 76mm	Fossas sépticas, sumidouros, gabião, reforço de subleito para pistas de tráfego pesado e lastros de ferrovias.
Rachão	76mm a 150mm	Gabião, concretos ciclópicos, calçamentos de ruas e drenagem.

Fonte: Votorantim (2011)

A distribuição granulométrica também **influencia a trabalhabilidade** do concreto fresco. Alta porcentagem de material fino (com dimensão menor que 0,15mm) exige aumento de água de amassamento e consequentemente de cimento para um mesmo fator água/cimento. Além disso, o material pulverulento pode afetar a aderência entre a pasta e o agregado de tamanho maior. Por outro lado, **concretos sem finos são pouco trabalháveis**, sujeitos a maior exsudação com grande permeabilidade, como sujeitos a agentes agressivos. Concretos com **granulometria descontínua** exigem **maior energia de adensamento**, portanto, quando mais distribuídos estiverem os tamanhos dos grãos, maior a qualidade do agregado.

Dimensão máxima característica

Da mesma forma que no agregado miúdo, a dimensão máxima característica ou diâmetro máximo do agregado correspondente à **abertura nominal**, em milímetros, da malha da peneira da série normal ou intermediária, na qual o agregado apresenta uma **porcentagem retida acumulada igual ou imediatamente inferior a 5%** em massa.

No caso do exemplo, o valor de 19 mm pode ser considerada como dimensão máxima do agregado, visto que na peneira 19 mm temos uma porcentagem retida acumulada de 3%. Na caracterização do agregado graúdo, o diâmetro máximo característico é uma informação muito importante principalmente quando o agregado é utilizado para execução de concreto armado. Nessa aplicação existe um limite máximo de tamanho da pedra, para evitar que as mesmas fiquem presas entre as barras de aço que compõem a armadura e dificultem o adensamento do concreto, podendo causar problemas como segregação da mistura e vazios nas fôrmas.

Portanto, quando se trata de agregado graúdo destinado a concreto armado, deve-se usar o maior tamanho possível do agregado, obedecendo às limitações seguintes:

- **1/4 da menor dimensão** da peça em planta;
- **1/3 da espessura**, para lajes;
- **2 x espaçamento vertical** entre as armaduras;
- **0,8 x espaçamento horizontal** entre as armaduras;
- **1/3 do diâmetro da tubulação** (para concreto bombeado).

Módulo de finura

O módulo de finura de um agregado é calculado pela soma das porcentagens retidas acumuladas em massa, nas peneiras da série normal, dividida por 100. O valor do módulo de finura decresce à medida que o agregado vai se tornando mais fino.

Para o exemplo, do agregado graúdo, somamos as porcentagens retidas acumuladas na penúltima coluna da tabela, obtendo o valor de 694. Se dividirmos por 100 temos 6,94, que é o módulo de finura do

agregado em questão.

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3"	76	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
2 1/2"	64	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
2"	50	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
1 1/2"	38	0	0,0%	0	0,0%	0%	0%	
1 1/4"	32	0	0,0%	0	0,0%	0%		0%
1"	25	33	0,3%	25	0,2%	0%		0%
3/4"	19	317,8	3,0%	421,4	3,8%	3%	3%	
1/2"	12,5	7258,9	68,8%	7376,1	66,5%	68%		71%
3/8"	9,5	2001,9	19,0%	2262,7	20,4%	20%	91%	
1/4"	6,3	791	7,5%	858	7,7%	8%		99%
4	4,8	123	1,2%	119	1,1%	1%	100%	
8	2,4	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
16	1,2	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
30	0,6	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
50	0,3	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
100	0,15	0	0,0%	0	0,0%	0%	100%	
Fundo	<0,15	20,4	0,2%	29,6	0,3%	0%		
TOTAL		10546,0	100%	11091,8	100%	100%	694	

Quanto menor o módulo de finura mais água será necessária e, portanto, mais cimento para manter o fator água/cimento preestabelecido.

Substâncias nocivas

Assim como os agregados miúdos, existem substâncias presentes no agregado graúdo que podem prejudicar o seu desempenho em algumas aplicações. A NBR 7211 traz os limites dessas substâncias quando o agregado é utilizado em concretos.

Materiais Carbonosos (ASTM)	
Em concreto cuja aparência é importante	0,5%
Nos demais concretos	1,0%
Torrões de Argila e Partículas Friáveis (NBR 7218)	
Em concretos cuja aparência é importante	1,0%
Em concreto submetido a desgaste superficial	2,0%
Nos demais concretos	3,0%
Material Pulverulento (NBR NM 46)	
Porcentagem máxima permitida	1,0%

Massa unitária ou Massa Específica Aparente (δ)

É determinada da mesma forma e utilizada para as mesmas finalidades que a massa unitária do agregado miúdo, sendo uma relação entre a **massa (M)** e o **volume aparente (V_{ap})** do agregado (volume aparente = volume dos grãos + volume dos vazios).

$$\delta = \frac{M}{V_{ap}}$$

Massa Específica Real ou Absoluta (γ)

Representa a relação entre a **massa (M)** e o **volume real (V)** do agregado, ou seja, a soma dos volumes de todos os grãos. É calculada pela seguinte equação:

$$\gamma = \frac{M}{V}$$

No agregado graúdo, a massa específica real é determinada pelo método descrito na NBR 9937. Essa determinação é feita por meio da pesagem hidrostática de um cesto com agregado. É feita uma pesagem da amostra de agregado fora da água e, após, o agregado é pesado submerso na água. Dentro da água, o peso da amostra é menor em função da força de empuxo, que é igual ao peso do volume de água deslocado. O volume de água deslocado é o volume das pedras submersas. Dessa forma, determinamos o volume real do agregado. A massa específica por meio deste ensaio é determinada pela seguinte relação:

$$\gamma = \frac{P_{\text{sec } 0}}{P_a - P_{a'}}$$

$P_{a'}$ ↑ ↑ $E = V_c \cdot H_2O$
 ↓ $P_a = P_{a'} + V_c \cdot H_2O$

Onde:

P_a = Peso saturado (superfície seca)

$P_{a'}$ = Peso saturado e mergulhado na água (peso imerso)

Da mesma forma que nos agregados miúdos, a massa específica e massa unitária podem ser expressas em g/cm^3 , kg/dm^3 ou t/m^3 .

Resistência à abrasão

A resistência à abrasão é a resistência ao desgaste superficial sofrido pelo agregado e é determinada pelo método descrito na NM 51. Esse ensaio também é chamado de abrasão “Los Angeles”, pois esse é o nome dado ao aparelho onde se realiza o ensaio.

A amostra é colocada num cilindro oco, juntamente com bolas de ferro fundido. O cilindro é girado por um tempo determinado, provocando o choque das esferas com o agregado e entre agregados. Após a amostra, é peneirada na peneira 1,7mm e a porcentagem do material passante em relação à massa da amostra original é o resultado do ensaio. Para aplicação em concretos e em pavimentos rodoviários, essa porcentagem não deve ultrapassar 50% e, para lastros de ferrovias, a porcentagem máxima é de 40%.

Resistência ao esmagamento

É determinada pelo ensaio descrito na NBR 9938, que consiste em submeter o agregado a um determinado esforço de compressão, capaz de causar fraturamento dos grãos. A amostra submetida ao ensaio é peneirada na peneira 2,4 mm e o peso retido, expresso em porcentagem da amostra inicial constitui o resultado do ensaio.

Agregados que serão utilizados na confecção de pavimentos rodoviários devem ter uma boa resistência ao esmagamento, pois são constantemente submetidos a esforços de compressão de diferentes magnitudes.

Formato dos grãos

De acordo com Bauer (2008), os grãos de agregados não têm forma geometricamente definida. Quanto à relação entre as dimensões c (comprimento), l (largura) e e (espessura), os agregados graúdos são classificados de acordo com a tabela:

FORMATO DOS GRÃOS			
NORMAIS	LAMELARES	DISCÓIDES	PLANOS
$\frac{c}{l} \geq 2 \cdot \frac{l}{e} \leq 2$	$\frac{c}{l} \geq 2 \cdot \frac{l}{e} \leq 2$	$\frac{c}{l} \leq 2 \cdot \frac{l}{e} \geq 2$	$\frac{c}{l} \geq 2 \cdot \frac{l}{e} \geq 2$

Normalmente, os agregados naturais têm grãos cuboides, de superfície arredondada e lisa contra as superfícies angulosas e extremamente irregulares dos grãos dos agregados industrializados, o que torna a mistura com agregados naturais mais trabalhável que com os industrializados. Assim, concretos com agregados de britagem exigem 20% mais de água de amassamento que os preparados com agregados naturais, porém, têm maiores resistência ao desgaste e à tração devido à maior aderência entre os grãos e a argamassa.

Grãos irregulares têm maior superfície específica que os cuboides e têm o inconveniente de poderem ficar presos entre as barras de armação do concreto armado resultando em enchimento irregular da fôrma. Quando se aumenta a porcentagem de grãos lamelares e alongados, o concreto perde trabalhabilidade. Por outro lado, os grãos irregulares devido a sua forma e textura superficial, apresentam maior aderência da argamassa resultando em maior resistência para um mesmo traço do que os constituídos com grãos cuboides e de superfície lisa.

Dependendo da aplicação existem limitações quanto ao formato dos grãos, como no caso de agregados para pavimentos rodoviários, que podem ter no máximo 10% de grãos irregulares, enquanto que o agregado para lastro ferroviário deve ter no mínimo 90% de seus grãos com formato cuboide.

O tipo de rocha também influencia o formato do grão. O granito produz grãos de melhor forma que o basalto, que produz grande quantidade de grãos lamelares.

Coeficiente de vazios (CV)

Semelhantemente aos agregados miúdos, o coeficiente de vazios é o número que, multiplicado pelo volume total do agregado dá o volume de vazios nesse agregado. Quanto maior o coeficiente de vazios, maior o consumo de pasta para ligar os agregados.

$$C_v = 1 - \frac{\delta}{\gamma}$$

Síntese

ENSAIO	PROPRIEDADES AVALIADAS	NORMA	IMPORTÂNCIA
GRANULOMETRIA	Tamanho e distribuição dos grãos do agregado.	NBR 7127	Comparação da distribuição granulométrica do agregado analisado com padrões de normas. Os agregados bem graduados possuem menor número de vazios e menor consumo de aglomerantes. Determinar diâmetro máximo e módulo de finura
MATERIAIS CARBONOSOS		ASTM	Avaliar se o agregado contém material que inviabilize seu uso, tais como: partículas que podem dar origem a reações químicas expansivas com o cimento, partículas com dimensões iguais ou inferiores às do cimento, que enfraquecem a estrutura do material hidratado, partículas com baixa resistência ou com expansões e contrações excessivas, material que interfira na pega e endurecimento do cimento, impurezas que prejudiquem as armaduras do concreto armado.
MATERIAL PULVERULENTO		NM 46	
TORRÕES DE ARGILA		NBR 7218	
MASSA UNITÁRIA OU MASSA ESPECÍFICA APARENTE	Relação entre a massa do material e seu volume aparente (volume dos grãos + volume de vazios entre os grãos)	NM 45	Avaliar de forma indireta os vazios entre os grãos do agregado, que influenciam o consumo de aglomerantes. Transformar quantidades de material de peso para volume.
MASSA ESPECÍFICA REAL OU ABSOLUTA	Relação entre a massa do material e seu volume real.	NBR 9937	Avaliar de forma indireta a compacidade do material e o peso por unidade de volume.
RESISTÊNCIA À ABRASÃO	Fragmentação do material devido à abrasão.	NM 51	Avaliar a resistência ao desgaste superficial do agregado.
RESISTÊNCIA AO ESMAGAMENTO	Fragmentação do material devido ao esmagamento	NBR 9938	Avaliar a resistência ao esmagamento por esforço de compressão do agregado
FORMATO DOS GRÃOS	Relação entre as diferentes dimensões	-	Avaliar o formato predominante do agregado (cuboide, lamelar, discoide ou plano), que influencia a aplicação.
COEFICIENTE DE VAZIOS	Indicador da quantidade de vazios entre os grãos de agregados	-	Avaliar os vazios entre os grãos do agregado, que influenciam o consumo de aglomerantes.

Site interessante

<http://www.votorantim-cimentos.com.br/htms-ptb/Produtos/Agregados.htm>

Referências

- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7211: Agregados para concreto**. Rio de Janeiro: 2009.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7217: Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: 1987.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7218: Determinação do teor de argila em torrões e materiais friáveis**. Rio de Janeiro: 2010.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9937: Agregados - Determinação da absorção e da massa específica de agregado graúdo - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: 1988.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 9938: Agregados - Determinação da resistência ao esmagamento de agregados graúdos - Método de ensaio**. Rio de Janeiro: 1987.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 45: Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios**. Rio de Janeiro: 2006.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 46: Agregados - Determinação do material fino que passa através da peneira 75 um, por lavagem**. Rio de Janeiro: 2003.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NM 51: Agregado graúdo - Ensaio de abrasão "Los Angeles"**. Rio de Janeiro: 2001.
- BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de Construção**. Rio de Janeiro: LTC, 2008.



ATIVIDADES

Exercícios de fixação

1. Um balde, com capacidade de 12 dm^3 , pesa aproximadamente 780 gramas. Quando cheio de brita, este mesmo balde pesa aproximadamente 17,9 kg. Qual a massa unitária da brita?

2. Uma padiola de madeira cujas medidas são $350 \times 350 \times 450 \text{ mm}$ pesa 78,3 kg quando está cheia de uma brita denominada “A” e 80,1 kg quando está cheia de uma brita denominada “B”. Sabendo que a padiola vazia pesa 3,8 kg, calcule a massa unitária das duas britas. Baseado no cálculo indique qual das duas britas apresenta maior índice de vazios.

3. Você é o responsável pela produção de concreto em uma obra onde devem ser utilizados 175 kg de brita cada vez que a betoneira for abastecida. Como na obra não há balança, a quantidade de pedra deve ser transformada em volume para ser colocada na betoneira com o uso de baldes de 11 l (dm^3). Sabendo que a massa unitária da brita é de $1,45 \text{ kg/dm}^3$, determine quantos baldes de brita devem ser adicionados à betoneira cada vez que a mesma for abastecida.

4. Uma amostra de agregado graúdo foi submetida ao ensaio de determinação da massa específica. Quando seca, a amostra pesava 20 kg. Depois de saturada, a amostra passou a pesar 20,92 kg e quando submersa seu peso foi de 12,25 kg. Baseado nestes dados, calcule a massa específica do agregado.

5. Sabendo que uma pedra brita possui massa unitária de $1,38 \text{ kg/dm}^3$ e massa específica de $2,34 \text{ kg/dm}^3$, calcule o coeficiente de vazios do material

6. De acordo com as medidas da tabela, classifique os agregados quanto à forma dos grãos:

Dimensões	Agregado "A"	Agregado "B"	Agregado "C"	Agregado "D"
Comprimento	39 mm	38 mm	25 mm	32 mm
Largura	15 mm	32 mm	19 mm	13 mm
Espessura	12 mm	23 mm	7 mm	6 mm

7. As tabelas a seguir mostram quantas gramas de material ficaram retidas em cada peneira durante um ensaio de granulometria de agregados. Baseado nos procedimentos do ensaio de granulometria analise se o material se enquadra nos requisitos da NBR 7211 e determine o módulo de finura e o diâmetro máximo de cada material.

Material: _____

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217							
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida		
3"	76	0		0			
2 1/2"	64	0		0			
2"	50	0		0			
1 1/2"	38	0		0			
1 1/4"	32	0		0			
1"	25	183		192			
3/4"	19	1879		1902			
1/2"	12,5	5507		5499			
3/8"	9,5	3610		3785			
1/4"	6,3	254		221			
4	4,8	0		0			
8	2,4	0		0			
16	1,2	0		0			
30	0,6	0		0			
50	0,3	0		0			
100	0,15	0		0			

Fundo	<0,15	212		221				
TOTAL								
Diâmetro Maximo:					Módulo de Finura:			

Material: _____

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3"	76	0		0				
2 1/2"	64	0		0				
2"	50	0		0				
1 1/2"	38	0		0				
1 1/4"	32	315,1		329,5				
1"	25	2157,2		2262,2				
3/4"	19	5630,4		5747,7				
1/2"	12,5	1825,6		1959,9				
3/8"	9,5	250,1		227,3				
1/4"	6,3	50,7		49,7				
4	4,8	0		0				
8	2,4	0		0				
16	1,2	0		0				
30	0,6	0		0				
50	0,3	0		0				
100	0,15	0		0				
Fundo	<0,15	66,7		94,9				
TOTAL								
Diâmetro Maximo:					Módulo de Finura:			


Material: _____

COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA - NBR 7217								
Peneiras		1ª Determinação		2ª Determinação		% Retida Média	% Retida Acumulada	
nº	mm	Peso Retido (g)	% Retida	Peso Retido (g)	% Retida			
3"	76	0		0				
2 1/2"	64	0		0				
2"	50	0		0				
1 1/2"	38	0		0				
1 1/4"	32	0		0				
1"	25	0		0				
3/4"	19	0		0				
1/2"	12,5	138		207				
3/8"	9,5	1180		1265				
1/4"	6,3	4956		4727				
4	4,8	2428		2531				
8	2,4	0		0				
16	1,2	0		0				
30	0,6	0		0				
50	0,3	0		0				
100	0,15	0		0				
Fundo	<0,15	1380		1300				
TOTAL								
Diâmetro Máximo:					Módulo de Finura:			

Como encerramento da unidade, voce tem agora a oportunidade de tirar suas dúvidas.



TICS



D

Materiais cerâmicos

Louças sanitárias

**Materiais cerâmicos
especiais**

Unidade D
Materiais de Construção Básicos

1. INTRODUÇÃO AOS MATERIAIS CERÂMICOS

Nesta unidade, estudaremos os materiais cerâmicos. Atente para a importância desses materiais em uma construção, quanto a sua resistência e utilização.

Argila como material de construção

A argila como material de construção começou a ser utilizada pela sua abundância, pelo custo reduzido e por ser um material que, na presença de água, pode ser moldado facilmente, secando e endurecendo na presença de calor. Além disso, o uso dos produtos cerâmicos produzidos a partir do cozimento das argilas surgiu da necessidade de um material similar às rochas, nos locais onde havia escassez das mesmas.

De acordo com Petrucci (1975) os povos assírios e caldeus utilizavam tijolos cerâmicos para obras monumentais como os Palácios de Khorsabad e Sargão. Já na Pérsia, o tijolo era utilizado para casas populares e no Egito, apesar de as pirâmides serem construídas com a utilização pedras, os operários que trabalharam nas suas construções moravam em casas de tijolos. Por outro lado, os romanos levaram seus conhecimentos sobre os produtos cerâmicos a várias partes do mundo e os árabes deixaram exemplos notáveis de aplicação dos tijolos como a Mesquita de Córdoba, a Giralda em Sevilha e a Alcazaba de Granada.

Há Estados no Brasil, como o Acre, onde os tijolos cerâmicos são utilizados em algumas cidades como material para a pavimentação de ruas, em função da pouca disponibilidade de rochas próprias para esse fim na região.

Com o surgimento do concreto, a função do tijolo como material estrutural foi parcialmente esquecida, sendo o material utilizado principalmente com a função de vedação. Apesar disso, os produtos cerâmicos continuam sendo muito utilizados na construção civil pela sua razoável resistência mecânica e durabilidade, além do custo acessível e das qualidades estéticas.

A argila é um material composto principalmente por compostos de silicatos e alumina hidratados. De acordo com Petrucci (1975) as diferentes espécies de argilas, consideradas como puras, são na verdade misturas de diferentes hidrossilicatos de alumínio, denominados de materiais argilosos. Os materiais argilosos se diferenciam entre si pelas diferentes proporções de sílica, alumina e água em sua composição, além da estrutura molecular diferenciada. Os principais materiais argilosos que têm importância como material de construção são a caulinita, a montmorilonita e a ilita.

Silva (1985) e Petrucci (1975) apresentam as principais formas de classificação das argilas, segundo os critérios de estrutura dos minerais e emprego do material. De acordo com a estrutura do material, as argilas podem ser classificadas em: estrutura laminar e estrutura foliácela. As argilas de estrutura laminar têm seus minerais arranjados em lâminas e são as argilas utilizadas na fabricação dos produtos cerâmicos. Entre as argilas de estrutura laminar podemos destacar :

- **Caolinita:** são as argilas consideradas mais puras. Utilizadas na fabricação de porcelanas, materiais refratários e em cerâmicas sanitárias.

- **Montmorilonita:** Por ser um material muito absorvente é pouco utilizada sozinha. É aplicada em misturas às caolinitas para corrigir a plasticidade.
- **Micáceas:** utilizadas na fabricação de tijolos.

Quando ao seu emprego, as argilas são classificadas em:

- **Fusíveis:** são aquelas que se deformam a temperaturas menores de 1200°C. Utilizadas na fabricação de tijolos e telhas, grés, cimento, materiais sanitários.
- **Infusíveis:** resistentes a temperaturas elevadas. Utilizadas para a fabricação de porcelanas.
- **Refratárias:** não deformam a temperaturas da ordem de 1500°C e possuem baixa condutibilidade térmica, sendo utilizadas para aplicações onde o material deva resistir ao calor, como na construção e revestimentos de fornos.

A argila apresenta algumas características que explicam o seu comportamento como material de construção. Entre as principais podemos destacar as citadas por Silva (1985) e Petrucci (1975):

- **Plasticidade:** um material possui plasticidade quando se deforma sob a ação de uma força e mantém essa deformação após cessada a força que a originou. A plasticidade das argilas é função da quantidade de água presente no material. De acordo com Silva (1985), quanto mais água, até certo ponto, maior a plasticidade da argila e a partir desse ponto, se for adicionada mais água, a argila se torna um líquido viscoso. Quanto mais pura a argila, mais plástica é a sua mistura com água e quanto maior a temperatura, menor a plasticidade, porque a quantidade de água é reduzida.
- **Ação do calor:** nas argilas, a ação do calor pode ocasionar variação na densidade, porosidade, dureza, resistência, plasticidade, textura, condutibilidade térmica, desidratação e formação de novos compostos. As argilas caulínicas perdem pouca água em temperaturas inferiores a 400°C, mas acima desta temperatura perdem água de constituição (água combinada quimicamente), modificando sua estrutura. As argilas em que predomina a montmorilonita perdem quase toda a água a 150°C e as micáceas a 100°C, sendo que ambas começam a perder água de constituição a partir de 400°C.
- **Retração e dilatação:** De acordo com Silva (1985) a caolinita se dilata de modo regular, perdendo água de amassamento de 0°C a 500°C e contrai-se em temperaturas de 500°C a 1.100°C. As argilas micáceas dilatam-se progressivamente até 870°C, contraíndo-se em seguida.
- **Porosidade:** é a relação entre o volume de poros e o volume total de material. Quanto maior a porosidade maior a absorção de água e menor a massa específica, a condutibilidade térmica, a resistência mecânica e a resistência à abrasão. Quanto maior a comunicação entre os poros, maior é a permeabilidade, ou seja, a facilidade de líquidos e gases de circularem pelo material. A porosidade das argilas depende dos seus constituintes, da forma, tamanho e posição das partículas (argilas de grãos grossos são mais permeáveis que as de grãos finos) e dos processos de fabricação.
- **Composição e Impurezas:** alguns constituintes presentes nas argilas podem melhorar suas propriedades, enquanto alguns podem ocasionar defeitos aos produtos. Compostos de sílica e de alumínio fazem parte da constituição principal das argilas. A sílica pode estar presente de maneira livre ou combinada. Quando livre, segundo Silva (1985) aumenta a brancura do produto cozido, diminui a plasticidade, reduz a retração, diminui a resistência à tração e à variação de temperatura e causa variações na refratariedade. Os compostos de alumínio diminuem o ponto de fusão e a plasticidade e aumentam a resistência, a densidade e a impenetrabilidade do produto cozido. Compostos alcalinos e de ferro diminuem a plasticidade e a refratariedade, sendo que o último dá cor vermelha ao material. Compostos cálcicos desprendem calor e aumentam de volume, podendo ocasionar rompimento da peça.

A fim de eliminar ou reduzir as impurezas, a argila pode passar por processos de purificação. Esses processos podem ser de natureza física como uma lavagem ou peneiramento e de natureza química, que envolvem modificação na temperatura, combinação entre alguns compostos e inibição da atividade de outros.

Processo de fabricação dos materiais cerâmicos

De acordo com a ABC - Associação Brasileira de Cerâmica, os processos de fabricação dos diversos produtos cerâmicos seguem uma sequência semelhante, que de um modo geral começa na preparação da matéria-prima e da massa, formação das peças, tratamento térmico e acabamento. Grande parte das matérias-primas utilizadas na indústria cerâmica tradicional é de origem natural. Os produtos são extraídos das jazidas, desagregados e separados de acordo com a granulometria. Quando houver impurezas que possam prejudicar o uso do material, o mesmo passa por um processo de purificação, já mencionado anteriormente.

Segundo a ABC, os materiais cerâmicos geralmente são fabricados a partir da composição de duas ou mais matérias-primas, além de aditivos e água ou outro meio. Essa etapa chama-se preparação da massa, quando se faz a mistura entre matérias-primas e aditivos nas proporções adequadas. O formato das peças de cerâmica pode ser obtido por diferentes processos, porém, os mais comuns são a prensagem e a extrusão. Na prensagem se utilizam preferencialmente massas granuladas e com baixo teor de umidade. A massa é colocada num molde, que é em seguida fechado e o formato da peça é conformado por meio de pressão sobre a massa. Já na extrusão a massa é colocada numa extrusora, onde é compactada e forçada por um pistão ou eixo helicoidal, através de bocal com determinado formato. Como resultado obtém-se uma coluna extrudada, com seção transversal, que tem o formato e dimensões desejados. Em seguida, essa coluna é cortada, obtendo-se, desse modo, peças como tijolos vazados, blocos, tubos e outros produtos de formato regular.

Depois de definido o formato, as peças são submetidas a processos de secagem para retirada da água que ainda está presente no material. Essa perda de água deve ser conduzida de forma gradual para evitar tensões e defeitos nas peças, e é feita em secadores apropriados em temperaturas que variam entre 50 °C e 150 °C. Seguindo a sequência exposta pela ABC, a próxima etapa é a queima, um tratamento térmico a temperaturas elevadas que para a maioria dos produtos situa-se entre 800 °C a 1700 °C. É na etapa de queima que o produto adquire suas propriedades finais, por isso, deve ser um processo controlado. Após a queima, alguns produtos passam por um processo de acabamento, polimento, corte, entre outros, para melhorar algumas de suas características. Produtos como louça sanitária, louça de mesa, isoladores elétricos e materiais de revestimento recebem uma camada fina e contínua de um material denominado de esmalte ou vidrado, que após a queima adquire o aspecto vítreo. Essa camada vítrea contribui para os aspectos estéticos, higiênicos e melhoria de algumas propriedades como a mecânica e a elétrica.

Síntese

Nessa etapa da unidade você aprendeu que:

- Os materiais cerâmicos utilizados como materiais de construção são obtidos através da moldagem e queima da argila.
- A argila é um material que possui características como a plasticidade, sofre alterações quando exposta a altas temperaturas e retrações e dilatações em função das variações de temperatura, podendo ter diversos elementos em sua composição.

Referências

Associação Brasileira de Cerâmica. **Processo de Produção**. Disponível em: < http://www.abceram.org.br/asp/abc_55.asp>. Acesso em: 10 jun. 2011.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Globo, 1975.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção**. São Paulo: PINI, 1985.

2. MATERIAIS CERÂMICOS

Blocos e tijolos cerâmicos

Os blocos ou tijolos cerâmicos podem ser divididos em basicamente dois tipos: maciços ou vazados.

Tijolo maciço

O tijolo maciço é mais utilizado na execução de muros, alvenarias portantes e nas primeiras fiadas de alvenarias comuns. Embora seja utilizado em alguns locais para a execução de fundações, esse uso não é recomendado pois a umidade presente no solo pode deteriorar o material. Normalmente é fabricado por processos de prensagem, secado e queimado a fim de adquirir as propriedades compatíveis com seu uso.

Normalmente são vendidos em milheiro e podem ser classificados em tijolos comuns ou especiais. Segundo a NBR 7170, os tijolos comuns são de uso corrente e podem ser classificados em A, B e C, conforme sua resistência à compressão:

CLASSE	RESISTÊNCIA MÍNIMA À COMPRESSÃO (MPa)
A	1,5
B	2,5
C	4,0

Tabela 1: Tijolos comuns e sua resistência à compressão

Já os tijolos especiais, observe, podem ser fabricados em formatos e especificações de acordo com o uso, porém obedecendo aos critérios da NBR 7170. Essa norma recomenda as seguintes dimensões nominais para o tijolo maciço:

- **Comprimento:** 190 mm
- **Largura:** 90 mm;
- **Altura:** 57 ou 90 mm;

Apesar das dimensões apresentadas pela norma, são encontrados no mercado tijolos de diversos tamanhos, pois muitos fabricantes desconhecem ou ignoram as normas referentes ao produto. Abaixo você verá como são apresentados alguns dos diferentes tamanhos de tijolo maciço encontrados no mercado:

COMPRIMENTO (cm)	LARGURA (cm)	ALTURA (cm)
19,0	9,0	5,3
24,0	11,5	6,0
24,0	19,0	9,0

29,0	14,0	6,5
29,0	19,0	9,0

Tabela 2: os diferentes tamanhos de tijolo maciço

Fonte: Revista Equipe de Obra (2008)

São toleradas diferenças de até 3 mm nas dimensões especificadas. Quanto ao rendimento, depende das dimensões do tijolo. Uma alvenaria feita com peças de 5 x 10 x 20 cm consome aproximadamente 150 unidades, quando a parede é feita com a espessura do tijolo, e 80 unidades quando a espessura da parede corresponde a meio tijolo.

Quanto à aparência, a NBR 7170 recomenda que os tijolos não apresentem defeitos sistemáticos, tais como trincas, quebras, superfícies irregulares, deformações e desuniformidade na cor. As arestas devem ser vivas e os cantos resistentes. Além disso, a norma apresenta os procedimentos a serem realizados para verificação e aceitação dos lotes de material.

Blocos cerâmicos vazados

Os blocos vazados também são fabricados com argila. Normalmente são moldados por extrusão e possuem furos ao longo do seu comprimento que podem ser prismáticos ou cilíndricos.

Os blocos vazados são classificados num primeiro momento como blocos de vedação ou estruturais. O bloco de vedação é utilizado para fechamento de vãos e a única carga que suporta é seu peso próprio. São utilizados em paredes internas e externas dos mais diferentes tipos de edificações.

Quanto ao número de furos podem possuir quatro, seis, oito ou nove furos. Quanto à resistência à compressão podem ser classificados em comuns e especiais. Os blocos comuns são aqueles utilizados nas aplicações mais triviais e se enquadram na classe 10 conforme a tabela abaixo:

CLASSE	RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO NA ÁREA BRUTA (MPa)
10	1,0
15	1,5
25	2,5
45	4,5
60	6,0
70	7,0
100	10,0

Tabela 3: Blocos vazados e sua resistência à compressão

Fonte: Yazigi (2009)

Entende-se por área bruta a área total correspondente a cada face do bloco, sem descontar os vazios onde houver furos. Caso a área dos furos seja descontada temos a área líquida. Para os blocos especiais a resistência mínima é de 2,5 MPa. Yazigi (2009) apresenta as dimensões mínimas de blocos cerâmicos vazados comuns e especiais, conforme a tabela abaixo:

TIPO COMUM L x H x C (cm)	DIMENSÕES NOMINAIS (mm)		
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)
10 x 20 x 20	90	190	190
10 x 20 x 25	90	190	240
10 x 20 x 30	90	190	290
10 x 20 x 40	90	190	390
12,5 x 20 x 20	115	190	190
12,5 x 20 x 25	115	190	240
12,5 x 20 x 30	115	190	290
12,5 x 20 x 40	115	190	390
15 x 20 x 20	140	190	190
15 x 20 x 25	140	190	240
15 x 20 x 30	140	190	290
15 x 20 x 40	140	190	390
20 x 20 x 20	190	190	190
20 x 20 x 25	190	190	240
20 x 20 x 30	190	190	290
20 x 20 x 40	190	190	390
MEDIDAS ESPECIAIS L x H x C (cm)	DIMENSÕES NOMINAIS (mm)		
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)
10 X 10 X 20	90	90	190
10 X 15 X 20	90	140	190
10 X 15 X 25	90	140	240
12,5 X 15 X 25	115	140	240

Tabela 4: Dimensões mínimas de blocos cerâmicos.

Fonte: Yazigi (2009)

Os blocos estruturais, como você pode observar, são projetados para suportar carga além do seu peso próprio. De acordo com a NBR 7171, os blocos estruturais podem ser divididos em comuns e especiais. Os comuns são de uso corrente e são classificados conforme a resistência da tabela de classes já apresentada. Os blocos estruturais especiais podem ter dimensões e formatos especiais, desde que sigam o disposto na norma.

A NBR 7171, que trata de blocos cerâmicos para alvenaria, especifica algumas condições gerais para esse material. O bloco cerâmico deve trazer gravados o nome do fabricante, o município onde está localiza-

da a fabrica e as dimensões do bloco em centímetros. Independente do tipo de bloco, os mesmos não devem apresentar defeitos como trincas, quebras, superfícies irregulares ou deformações que impeçam seu emprego. Os blocos com defeitos visuais devem ser rejeitos de imediato e caso se verifique que os blocos estão mal queimados (não apresentam som metálico ao se bater nos mesmos) o lote deverá ser rejeitado.

A norma recomenda a verificação das medidas reais dos blocos, que pode ser feita colocando-se 24 blocos lado a lado de acordo com cada dimensão e medindo a distância com uma trena, com graduação de 1mm. O resultado em cada direção é dividido por 24 para se obter as dimensões médias reais do bloco.

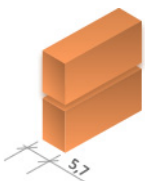
A espessura mínima das paredes externas do bloco deve ser de 7mm e admite-se uma variação de 3mm nas dimensões em relação às medidas nominais de cada tipo. A absorção de água pelo material não deve ser inferior a 8% nem superior a 25%.

Paredes de blocos cerâmicos

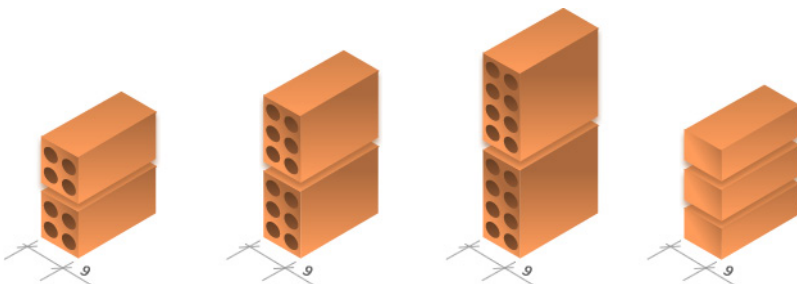
Atualmente, a aplicação na qual os blocos cerâmicos mais são empregados é a confecção de paredes ou alvenarias de vedação ou com função estrutural. Na maioria delas, os blocos e tijolos são assentados com argamassa à base de cimento, que pode conter outros aglomerantes, como a cal. Essa argamassa tem a função de unir os blocos entre si e absorver algumas deformações do conjunto.

Dependendo do tipo e quantidade de blocos e da posição em que os mesmos são situados na elevação da alvenaria, a parede pode ter diferentes espessuras. Chama-se espessura nominal a espessura aproximada que a parede terá depois de pronta, contando a espessura do bloco somado à espessura dos revestimentos em cada face, cujo valor adotado é de aproximadamente 2,5 cm para cada lado. Assim, observe que uma parede cujo tijolo tenha 9 cm de largura e tenha revestimento dos dois lados terá espessura total de $9+2,5+2,5 = 14$ cm que corresponde a uma largura nominal de 15 cm. Abaixo, são apresentados alguns exemplos de diferentes espessuras nominais de parede.

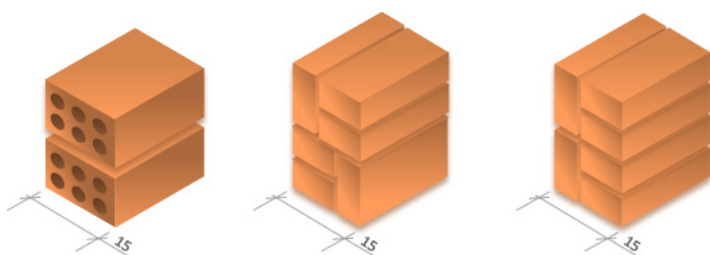
Paredes de 10 cm



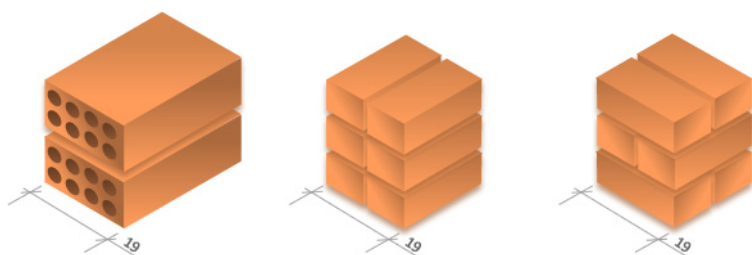
Paredes de 15 cm



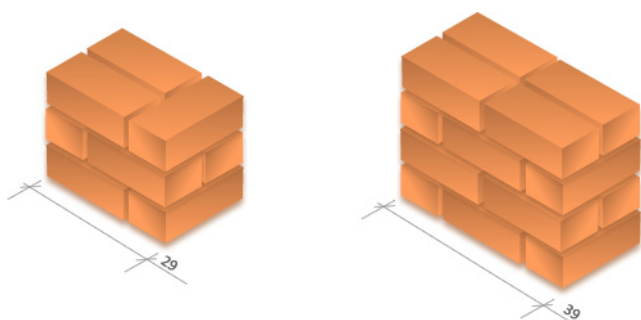
Paredes de 20 cm



Paredes de 25 cm



Paredes de outras espessuras



Síntese

Nessa etapa da unidade você aprendeu que:

- Os blocos cerâmicos produzidos com argila podem ser maciços ou vazados, fabricados por processos de extrusão ou prensagem. Os produtos são “queimados” em condições adequadas e podem ter diversos tamanhos. As tolerâncias dimensionais, os critérios de qualidade e características que cada tipo de bloco deve possuir estão descritos nas normas específicas.

Sites interessantes

<http://www.ceramicaabcd.com.br/blocos.htm>

http://www.selectblocos.com.br/av_intro.html

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7170: Tijolo maciço cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro: 1983.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7171: Bloco cerâmico para alvenaria**. Rio de Janeiro: 1992.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Globo, 1975.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção**. São Paulo: PINI, 1985.

TIJOLOS cerâmicos maciços. **Revista Equipe de Obra**. Rio de Janeiro: PINI, v.19, set. 2008.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10 Ed. São Paulo: Pini, 2009

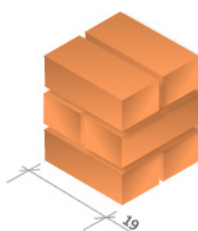
ATIVIDADE

Atividade de pesquisa

1. Pesquisar três diferentes larguras de paredes, utilizadas em edificações em construção ou já construídas, obtidas em função dos diferentes tamanhos de blocos cerâmicos e das diferentes maneiras de posicionamento dos mesmos. Demonstrar o resultado da pesquisa por meio de um desenho ou foto onde a largura possa ser demonstrada. A imagem ou desenho deve ser acompanhada de explicações sobre os seguintes aspectos:

- Tipo(s) de bloco(s) foi(ram) usado(s);
- Maneira que os blocos foram posicionados para resultar nas dimensões das paredes em questão;
- Tamanho de junta de argamassa utilizada, ou seja, espaço que ficou entre um bloco e outro.

O desenho pode seguir o modelo abaixo:



Atenção

A pesquisa deve ser enviada ao professor e constituirá objeto de avaliação

Quem preferir fazer os desenhos de forma manual pode escaneá-los para enviar ao professor.

Fórum de discussão

As imagens a seguir mostram um tijolo maciço e um bloco cerâmico vazado de vários ângulos e posições diferentes. Com base no que você estudou sobre este material, analise e discuta a respeito das qualidades e/ou defeitos que se pode identificar através das imagens. Se identificar algum(uns) defeito(s), poste sua opinião sobre a(s) causa(s) que podem ter dado origem ao(s) mesmo(s).



Figura D.1 - Tijolo maciço sob vários ângulos
Fonte: do autor



Figura D.2 - Bloco cerâmico vazado sob vários ângulos
Fonte: do autor

3. MATERIAIS CERÂMICOS

Telhas Cerâmicas

Além de serem empregados na elevação das paredes, os materiais cerâmicos também podem estar presentes nas coberturas das edificações. As telhas cerâmicas se apresentam sob diferentes formatos e tamanhos, mas segundo Petrucci (1975), independente do tipo, as telhas cerâmicas devem apresentar as seguintes características:

- Regularidade de forma e dimensões.
- Arestas finas e superfícies sem rugosidades (para facilitar o escoamento das águas).
- Homogeneidade de massa, com ausência de trincas, fendas, etc.
- Cozimento parelho.
- Fraca absorção de água e elevada impermeabilidade.
- Peso reduzido.
- Resistência mecânica à flexão adequada, mesmo em condições saturada de água.

O processo de fabricação das telhas cerâmicas é semelhante ao dos tijolos. Segundo Yazigi (2009), a moldagem das telhas varia, podendo ser feita por extrusão seguida de prensagem ou diretamente por prensagem. A argila deve ser mais fina e homogênea e a secagem tem de ser mais lenta que a dos tijolos, para diminuir a deformação e possíveis fissuras que possam comprometer a impermeabilidade de material, visto que as telhas têm a função de proteger a edificação onde serão empregadas, principalmente da ação da água.

Saiba mais:

Você sabe de onde surgiu a expressão fazer alguma coisa “nas coxas”?

No Brasil, na época da escravidão, os escravos doentes ou que estavam incapacitados de fazer trabalhos pesados, eram encarregados de realizar uma tarefa aparentemente fácil. Cabia-lhes modelar as telhas das casa com barro, usando suas coxas como molde.



Figura D.3 - Telhas “feitas nas coxas”
Fonte: site Telhas Lopes

Porém, como cada escravo tinha a coxa de tamanho e formato diferentes, as telhas, depois de prontas, ficavam desiguais e o telhado montado com elas ficava torto, desalinhado e com aparência de ter sido malfeito. Daí surgiu a expressão “feito nas coxas”. Por essa razão que, atualmente, quando alguém faz algo sem muito zelo ou

sem qualidade, costuma-se dizer que aquilo foi “feito nas coxas”.

Referência

Telhas Lopes <<http://www.telhaslopes.com.br/curiosidades.htm>>

Classificação das Telhas Cerâmicas

A NBR 15310 apresenta uma classificação para as telhas cerâmicas, de acordo com o número de peças que compõem a telha e da forma de encaixe:

- **Telhas planas de encaixe:** são telhas cerâmicas planas que se encaixam por meio de sulcos e saliências, apresentando pinos, ou pinos e furos de amarração, para fixação na estrutura de apoio. Um exemplo desse tipo é a telha francesa.
- **Telhas compostas de encaixe:** são telhas cerâmicas planas que possuem geometria formada por capa e canal no mesmo componente, para permitir o encaixe das mesmas entre si, possuem pinos, ou pinos e furos de amarração, para fixação na estrutura de apoio. A telha romana é um exemplo desse tipo de telha.
- **Telhas simples de sobreposição:** telhas cerâmicas formadas pelos componentes capa e canal independentes. O canal apresenta pinos, furos ou pinos e furos de amarração, para fixação na estrutura de apoio; a capa está achou dispensada de apresentar furos ou pinos. As telhas do tipo colonial e paulista são exemplos de telhas simples de sobreposição.
- **Telhas planas de sobreposição:** telhas cerâmicas planas que somente se sobrepõem, podem ter pinos para o encaixe na estrutura de apoio ou pinos e furos de amarração para fixação.

Comercialmente, as telhas cerâmicas podem ser classificadas em telhas planas ou curvas, sendo que cada uma possui diferentes formatos. A seguir, estudaremos alguns dos diferentes tipos de telhas planas e curvas, priorizando aquelas que são mais utilizadas.

Telha Francesa

A telha tipo francesa é classificada com uma telha plana. Também chamada de telha tipo Marselha, possui encaixes laterais, nas extremidades e agarradeiras para fixação às ripas da estrutura do telhado. A resistência mínima para este tipo de telha é de 70 kg, ou seja, este é o peso mínimo que a telha precisa suportar caso venha a se danificar (YAZIGI, 2009). Em geral, possui bom rendimento, sendo que o número de peças utilizadas por metro quadrado de telhado é reduzido em relação a outros tipos de telha. A norma a que se refere este tipo de telha é a NBR 7172.



Figura D.4 - Telha cerâmica tipo francesa
Fonte: site Casa Abril

Telha Colonial

Do tipo capa e canal ou curvas. Como o próprio nome diz, são compostas por duas peças: o canal, cujo papel é conduzir água e a capa que faz a cobertura entre dois canais (BORGES, 2009). De acordo com Yazigi (2009), esse tipo de telha pode ser com encaixe, sem encaixe ou de cumeeira. A particularidade da telha colonial é que as duas peças que a compõem possuem a mesma largura.



Figura D.5 - Telha cerâmica tipo colonial
Fonte: site Casa Abril

Telha Paulista

De acordo com a Revista Construção e Mercado (2003), a telha paulista é derivada da telha colonial e se caracteriza por apresentar a capa com largura ligeiramente inferior ao canal.



Figura D.6 - Telha cerâmica tipo paulista
Fonte: site Central de Telhas

Telha Tipo Plan

É uma variação entre a telha colonial e a paulista, com o diferencial de possuir arestas retas.



Figura D.7 - Telha cerâmica tipo plan
Fonte: site Casa Abril

Telha Portuguesa

A telha portuguesa deriva das telhas coloniais, possuindo os segmentos correspondentes à capa e canal em uma única peça.



Figura D.8 - Telha cerâmica tipo portuguesa
Fonte: site Grupo Galhardi

Telha Romana

A Telha Romana surgiu a partir da telha plan, que será apresentada adiante, sendo composta de uma peça única. Devido a seus encaixes no sentido longitudinal e transversal, possui boa vedação e estabilidade sobre o ripamento.



Figura D.9 - Telha cerâmica tipo romana
Fonte: site Casa Abril

Telha Americana

Foi criada a partir da telha portuguesa e a vantagem de ter um rendimento maior por m² de telhado quando comparada com a telha que lhe deu origem.



Figura D.10 - Telha cerâmica tipo americana
Fonte: site Casa Abril

Telha Plana

De acordo com a Revista Construção e Mercado (2003), as telhas planas são utilizadas em países onde o inverno é rigoroso. Os telhados são bastante inclinados para que a neve escorra. No Brasil, são usadas para compor coberturas de estilo enxaimel (casas coloniais alemãs, suíças).



Figura D.11 - Telha cerâmica plana
Fonte: site Lajoteiro - materiais para construção

A seguir são apresentadas as características técnicas de algumas telhas cerâmicas, como a quantidade de telhas e peso por metro quadrado e a inclinação mínima do telhado.

Telha	Rendimento Aproximado	Inclinação Mínima	Peso Aproximado
Francesa	17 peças/m ²	40%	44 kg/m ²
Colonial	19 a 26 peças/m ²	25%	51 kg/m ²
Paulista	26 peças/m ²	25%	52 kg/m ²
Portuguesa	15 a 17 peças/m ²	30%	44 kg/m ²
Romana	15,5 a 17 peças/m ²	30%	44 kg/m ²
Americana	12 peças/m ²	30%	38 kg/m ²
Plan	21 a 26 peças/m ²	25%	52 g/m ²

Tabela 5 : Características técnicas de telhas cerâmicas
Fonte: do autor

Características das Telhas Cerâmicas

A NBR 15310 estipula alguns critérios de qualidade para as telhas cerâmicas. A absorção de água não deve ser superior a 20% e a tolerância de dimensões admitida é de $\pm 2,0\%$ para as dimensões de fabricação. As cargas de ruptura à flexão não devem ser inferiores a 1000 N para telhas planas de encaixe e telhas simples de sobreposição e 1300 N para telhas compostas de encaixe.

A telha cerâmica deve trazer, obrigatoriamente, a identificação do fabricante e os outros dados gravados em relevo ou reentrância, com caracteres de no mínimo 5 mm de altura, sem que prejudique o seu uso. Para fins de comercialização, a unidade é o metro quadrado de telhado

A norma também define o valor da retilinearidade (flecha máxima medida em um ponto determinado das bordas, ou no eixo central, no sentido longitudinal ou no transversal) para telhas planas, que não deve ser superior a 1% do comprimento efetivo bem como da largura efetiva. O valor da planaridade (flecha máxima medida em um dos vértices de uma telha estando os outros três apoiados em um mesmo plano horizontal) não deve ser superior a 5mm, independente do tipo de telha

Além disso, as telhas cerâmicas não devem apresentar defeitos como fissuras, desvios de dimensões, arestas quebradas, entre outros. Devem ter a superfície pouco rugosa, tonalidade uniforme e um acabamento que facilite a montagem do telhado e a ligação entre as peças e devem ter impermeabilidade compatível com o uso. Yazigi (2009) descreve um método expedito para avaliação da impermeabilidade das telhas cerâmicas, que consiste em moldar sobre a telha um anel de argamassa, no interior do qual se deposita água até 5cm de altura. Conforme o autor, uma boa telha não deixa infiltrar umidade em menos de 24 horas do início do ensaio, sendo que a umidade só aparece após 48 horas e sem gotejamento.

Síntese

Nessa etapa da unidade, você aprendeu que

- o processo de produção das telhas é semelhante ao dos tijolos, com diferenças na argila empregada.
- existem diversos tipos de telhas cerâmicas, sendo as mais utilizadas a francesa, a colonial, a plan, a paulista, a portuguesa, a americana e a plana.
- a NBR 15310 define os principais critérios de qualidade e características que as telhas cerâmicas devem possuir.

Sites interessantes

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

http://www.toptelha.com.br/informacoes_tecnicas.php

Referências

Figura D.4 - <http://casa.abril.com.br/materias/telhas/mt_273715.shtml#14>

Figura D.5 - <http://casa.abril.com.br/materias/telhas/mt_273715.shtml#14>

Figura D.6 - <<http://www.centraldetelhas.com.br/conteudo.php?idcat=12&idsub=6>>

Figura D.7 - <http://casa.abril.com.br/materias/telhas/mt_273715.shtml#14>

Figura D.8 - <<http://www.grupogalhardi.com.br/index.php?id=10&cid=24&pg=2>>

Figura D.9 - <http://casa.abril.com.br/materias/telhas/mt_273715.shtml#14>

Figura D.10 - <http://casa.abril.com.br/materias/telhas/mt_273715.shtml#14>

Figura D.11 - <<http://www.lajoteiro.com.br/telha-vermelha/telha-vermelha-germanica.jpg>>

79 modelos de telhas. Disponível em: <http://casa.abril.com.br/materias/telhas/mt_273715.shtml#14>. Acesso em: 01 jul. 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15310: Componentes cerâmicos - Telhas - Terminologia, requisitos e métodos de ensaio.** Rio de Janeiro: 2009.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção.** Porto Alegre: Globo, 1975.

REVISTA Construção e Mercado. **Telhas Cerâmicas.** Ed 27. Rio de Janeiro: PINI, 2003. Disponível em: <<http://www.piniweb.com.br/construcao/noticias/telhas-ceramicas-80046-1.asp>>. Acesso em: 29 jun. 2011.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção.** São Paulo: PINI, 1985.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar.** 10 Ed. São Paulo: Pini, 2009

Telhas vermelhas. Disponível em:<<http://www.lajoteiro.com.br/telha-americana/>>. Acesso em: 02 jul. 2011.

ATIVIDADE

Exercício de observação

Monte um acervo de, no mínimo, 10 fotos de coberturas e telhados de edificações revestidos com telhas cerâmicas.

Em cada caso, deverá identificar qual o tipo de telha utilizada e as particularidades observadas no telhado que se relacionam com os conteúdos estudados.

As fotos podem ser dos telhados de suas próprias casas, das casas de familiares, de vizinhos. Pode haver repetição do tipo de telhado em diferentes casas, mas deve-se procurar pelo menos uma fotografia de cada tipo de telha. O acervo deverá ser entregue ao professor no formato de um relatório simplificado.

Esse relatório deve conter as informações do Aluno (nome, curso, data), as fotos e, juntamente com cada foto, a identificação do tipo da telha utilizada na edificação.

A atividade de observação deve ser enviada ao professor e servirá como instrumento de avaliação.

Bom trabalho!

4. MATERIAIS CERÂMICOS

Revestimentos Cerâmicos

Nas etapas anteriores desta unidade vimos que os produtos cerâmicos são utilizados na elevação de alvenarias e na cobertura das edificações, etapas consideradas básicas em uma construção. Além disso, os produtos cerâmicos também são utilizados na fase de acabamento de uma obra, como é o caso do revestimento de pisos e paredes com o uso de placas cerâmicas, que podem ser fabricadas com argilas comuns ou especiais, ou argilas puras e impuras, como estudamos duas lições atrás.

Existem vários tipos e formatos de revestimentos cerâmicos, porém. num primeiro momento vamos dividi-los em duas classes principais: os ladrilhos e pisos cerâmicos e os azulejos.

Ladrilhos e Pisos Cerâmicos

Assim como os materiais já estudados, os produtos cerâmicos destinados ao revestimento de pisos podem ser obtidos por processos de extrusão ou prensagem. Esses produtos podem apresentar uma face esmaltada, que é revestida com uma camada vítrea conferindo um aspecto brilhoso ao material e uma face porosa, também chamada de tardo ou face de assentamento. Algumas peças possuem as duas faces não-esmaltadas, sendo que uma fica exposta e outra é destinada ao assentamento.

A face de assentamento é aquela que entra em contato com a argamassa que fixará a peça cerâmica no local da aplicação e, por isso, deve possuir certa rugosidade para facilitar a aderência. Em alguns tipos de peças existem ranhuras para melhorar a aderência e a fixação. Quando o revestimento é esmaltado, recebe a sigla GL (do inglês *glazed* – que significa envidraçado) e quando não é esmaltado caracteriza-se pela sigla UGL (*unglazed*). O revestimento esmaltado pode ser polido ou não-polido.

Os revestimentos cerâmicos estão disponíveis em diversos formatos, predominando os quadrados e retangulares. Quanto aos tamanhos a variedade é ainda maior encontrando-se peças com dimensões da ordem de 6 cm a 60 cm.

A descrição completa da classificação e dos requisitos que os revestimentos cerâmicos devem obedecer encontra-se na NBR 13817 e na NBR 13818. Em geral, os revestimentos cerâmicos possuem algumas características principais que auxiliam na escolha do material mais adequado a cada caso, entre as quais podemos destacar: a absorção de água, o método de fabricação, a resistência à abrasão, a facilidade de limpeza e a resistência a agentes químicos.

Você está lembrado dos conceitos de permeabilidade e porosidade que estudamos na UNIDADE A e no início da UNIDADE D?

A absorção de água é uma característica que está relacionada à porosidade e à permeabilidade do material. Dessa forma, os materiais de maior qualidade são aqueles que possuem menor absorção de água. De acordo com o grau de absorção, a NBR 13817 classifica os materiais cerâmicos em grupos, conforme a tabela abaixo:

GRUPO	GRAU DE ABSORÇÃO	USOS RECOMENDADOS
Ia	0% a 0,5%	Pisos e paredes
Ib	0,5% a 3,0%	Pisos, paredes, piscinas e saunas.
IIa	3,0% a 6,0%	Pisos, paredes e piscinas.
IIb	6% a 10%	Pisos e paredes.
III	Maior que 10%	Paredes.

Tabela 6: Materiais cerâmicos de acordo com o grau de absorção
Fonte: adaptado de NBR 13817

Quanto menor a absorção de água maior é a resistência do revestimento cerâmico contra quebra, fissuração da camada esmaltada, descolamento, entre outras patologias. Essa característica é muito importante em locais onde exista o risco de choques e variações de temperatura e umidade. A execução de um revestimento com peças de elevada porosidade em um ambiente úmido possivelmente levará ao surgimento de patologias, entre as quais podemos destacar o descolamento das peças.

A absorção de água também está relacionada ao método de fabricação utilizado para confeccionar o revestimento cerâmico. De acordo com o método de fabricação, os revestimentos cerâmicos são classificados em 3 tipos:

- Placas cerâmicas extrudadas (A): produzidas por processos de extrusão;
- Placas cerâmicas prensadas (B): produzidas por processos de prensagem;
- Placas cerâmicas produzidas por outros processos (C).

Ao especificar o material deve-se utilizar uma codificação recomendada pela NBR 13817, composta pela letra correspondente ao processo de fabricação (A, B ou C) acompanhada da nomenclatura correspondente ao grupo de absorção, conforme a tabela abaixo:

ABSORÇÃO DE ÁGUA (%)	MÉTODOS DE FABRICAÇÃO		
	EXTRUDADO (A)	PRENSADO (B)	OUTROS (C)
Menor que 0,5%	AI	BIa	CI
0,5% a 3,0%		BIb	
3,0% a 6,0%	AIIa	BIIa	CIIa
6,0% a 10,0%	AIIb	BIIb	CIIb
Maior que 10,0%	AIII	BIII	CIII

Tabela 7: Nomenclatura de acordo com o grau de absorção
Fonte: adaptado de NBR 13817

Assim, uma peça especificada como AIIb corresponde a um revestimento produzido por processo de extrusão (A) e que possui absorção entre 6 e 10% (IIb). Alguns revestimentos cerâmicos também recebem nomes específicos em função do grau de absorção, conforme a tabela a seguir:

TIPOLOGIA DE PRODUTO	GRAU DE ABSORÇÃO
Porcelanato	0 a 0,5%
Grés	0,5% a 3%
Semi-Grés	3% a 6%
Semiporoso	6% a 10%
Poroso	Maior que 10%

Tabela 8: Nomenclatura específica de acordo com o grau de absorção
 Fonte: adaptado de NBR 13817

Segundo Yazigi (2009), os porcelanatos são definidos como pisos cerâmicos não-vidrados, compostos por pigmentos misturados à argila durante o processo de prensagem. Quando queimados, esses ladrilhos apresentam aspecto de pedra natural, em que camadas de pigmentação permeiam a base de argila. Possibilitam o acabamento polido (com brilho) e não-polido (sem-brilho). Por sua resistência mecânica elevada, grande resistência à abrasão e a produtos químicos, o porcelanato possui uma qualidade superior em relação aos demais pisos cerâmicos.

A resistência à abrasão é outra característica importante dos revestimentos cerâmicos, definida como a resistência ao desgaste superficial do revestimento, consequência do tráfego de pessoas e objetos sobre o material. O desgaste por abrasão pode ser causado por objetos de grande porte como pneus de veículos e por objeto de pequeno porte como grãos de areia. Nos revestimentos esmaltados essa característica é mensurada através de um ensaio de variação de aspecto com o desgaste, ou seja, a peça cerâmica é submetida à ação de um dispositivo denominado abrasímetro, que provoca o desgaste por meio de esferas de aço e material abrasivo.

A peça possui boa resistência à abrasão quando o dispositivo precisa de muitos ciclos de operação para provocar algum desgaste. Por outro lado, quando poucos ciclos do abrasímetro são suficientes para desgastar a peça, sua resistência à abrasão é baixa. De acordo com a NBR 13817, os revestimentos cerâmicos são divididos em 6 grupos conforme a resistência à abrasão, como é apresentado na tabela:

GRUPO	DESGASTE APÓS	RESISTÊNCIA	USOS RECOMENDADOS
Grupo 0	100 ciclos		Desaconselhável em pisos.
PEI 1	150 ciclos	Baixa	Banheiros e dormitórios.
PEI 2	600 ciclos	Média	Ambientes sem portas para o exterior.
PEI 3	750 e 1500 ciclos	Média alta	Cozinhas, corredores e halls residenciais, sacadas e quintais.
PEI 4	2100, 6000 e 12000 ciclos	Alta	Áreas comerciais, hotéis, salões de vendas, show rooms.
PEI 5	Mais que 12000 ciclos	Altíssima	Áreas públicas ou de grande circulação: shopping centers, aeroportos, etc.

Tabela 9: Grupos de revestimentos cerâmicos
 Fonte: adaptado de NBR 13817

Mas o que significa PEI? Essa sigla representa a classe de resistência à abrasão e tem origem na expressão *Porcelain Enamel Institute*. Um cuidado básico na hora de escolher o piso é especificar PEI mais alto para revestimentos em pisos públicos ou em locais de alto tráfego. Para usos residenciais podem ser utilizados revestimentos de PEI mais baixo.

Outra propriedade importante principalmente em pisos cerâmicos é a facilidade de limpeza. De acordo com essa característica, os revestimentos cerâmicos são classificados da seguinte maneira:

CLASSE DE LIMPABILIDADE	RESISTÊNCIA ÀS MANCHAS
CLASSE 5	Máxima facilidade de remoção de manchas
CLASSE 4	Mancha removível com produto de limpeza fraco
CLASSE 3	Mancha removível com produto de limpeza forte
CLASSE 2	Mancha removível com ácido clorídrico/acetona
CLASSE 1	Impossibilidade de remoção da mancha

Tabela 10: Materiais cerâmicos de acordo com facilidade de limpeza
Fonte: adaptado de NBR 13817

A resistência a manchas está relacionada com a ausência de porosidade interna abaixo da superfície. Dessa forma, os produtos esmaltados normalmente são mais fáceis de limpar. A facilidade de limpeza é uma característica muito importante em locais onde a assepsia e a higiene são fundamentais, como hospitais e cozinhas. De certa forma, a resistência ao manchamento também é influenciada pela resistência à abrasão, pois pisos que se desgastam com mais facilidade estão mais suscetíveis ao manchamento.

De acordo com a resistência a agentes químicos os produtos cerâmicos são classificados em três classes:

- CLASSE A: elevada resistência a produtos químicos
- CLASSE B: média resistência a produtos químicos
- CLASSE C: baixa resistência a produtos químicos

A especificação do revestimento em função da resistência a agentes químicos também é feita por meio de um código composto pela seguinte sequência:

AGENTES QUÍMICOS		NÍVEIS DE RESISTÊNCIA QUÍMICA		
		ALTA (A)	MÉDIA (B)	BAIXA (C)
Ácidos e Álcalis	Baixa concentração (L)	LA	LB	LC
	Alta concentração (H)	HA	HB	HC
Produtos domésticos e de piscinas		A	B	C

Tabela 11: Materiais cerâmicos de acordo com sua resistência a agentes químicos
Fonte: adaptado de NBR 13817

As letras G ou U acompanham a especificação conforme se trate de pisos esmaltados e não-esmaltados respectivamente. Em seguida se coloca a letra H ou L, para alta e baixa concentração dos produtos químicos e a letra A, B ou C, para alta, média ou baixa resistência do revestimento a produtos químicos. Dessa forma, um piso que tenha a especificação GLB trata-se de um revestimento G – esmaltado, L – baixa con-

centração, B – média resistência a agentes químicos.

Alguns revestimentos cerâmicos sofrem pequenas variações de volume da ordem de milímetros para cada metro de revestimento. Essa característica é conhecida como expansão por umidade e em muitos casos é prejudicial à durabilidade do revestimento. Portanto, para locais onde a presença de umidade é constante, recomenda-se o uso de revestimentos com baixa expansão por umidade.

Segundo a NBR 13817, os revestimentos cerâmicos são classificados como produto de primeira qualidade quando 95% das peças examinadas, ou mais, não apresentarem defeitos visíveis. Essa avaliação é feita a uma distância padrão de observação, que corresponde a aproximadamente 1 metro (com tolerância de 5 cm para mais ou menos) de um painel de 1m² preparado por outra pessoa.

A avaliação dos aspectos relacionados à qualidade do revestimento cerâmico é de extrema importância no momento da compra e do recebimento do material. De acordo com Yazigi (2009), no recebimento do material no canteiro de obras é necessário verificar se a embalagem contém informações como: marca do fabricante, tipo de revestimento cerâmico, tamanho nominal, tamanho de fabricação, natureza da superfície, classe de abrasão, tonalidade do produto, espessura de junta recomendada, entre outras. Os critérios mais específicos para aceitação e rejeição de lotes de material, bem como a descrição de ensaios para determinação de suas propriedades são descritos em detalhes na NBR 13818.

No armazenamento, as embalagens devem ser separadas de acordo com o tipo, em pilhas que não ultrapassem 1,5 m de altura em local coberto e fechado. A colocação do material é feita com o uso de uma argamassa colante estendida na área de aplicação com desempenadeira dentada. Entre uma peça cerâmica e outra, deixa-se um espaço denominado de junta de assentamento, para compensar as diferenças de dimensões e compensar as movimentações do revestimento que podem ocorrer em função de variações térmicas. Essa junta posteriormente é preenchida com material flexível e impermeável, denominado rejuntamento.

Azulejos

São materiais cerâmicos empregados normalmente no revestimento de áreas molhadas e fabricados a partir de uma argila quase isenta de óxido de ferro, o que confere ao material a coloração branca. Assim como alguns dos revestimentos cerâmicos já estudados, possui uma face vidrada e outra não vidrada, que corresponde à face de assentamento ou tardo.

Normalmente possuem formato quadrado de 15x15 cm ou 20x20 cm, sendo que alguns possuem formato retangular como 20x30 cm. A espessura média das peças gira em torno de 5,4 mm. Estão disponíveis nas mais diversas cores e acabamentos, com opções de peças lisas ou decoradas.

Você sabe qual a origem do nome “azulejos”?

Segundo Borges (2009), estas peças originalmente vinham de Portugal e eram decoradas nas cores azul e branco, de onde surgiu o nome. Segundo o mesmo autor ainda é possível encontrar essas peças decorando fachadas de construções muito antigas, fontes e chafarizes.

Ao efetuar a compra ou receber o material na obra, o responsável deve observar as informações que constam na embalagem, presença de riscos na superfície, cantos quebrados, diferença de dimensões entre as peças, tonalidade e cor uniforme. O material deve ser estocado em local seco e abrigado das intempéries, em pilhas que não ultrapassem 2 m de altura, dentro de suas embalagens de origem e separados de acordo com o tipo, tamanho e/ou tonalidade. Os azulejos normalmente são assentados no local de aplicação com argamassas industrializadas próprias para esse fim e de maneira semelhante à

descrita para o assentamento de pisos e ladrilhos cerâmicos.

Outros revestimentos cerâmicos

De maneira breve, vamos falar de revestimentos cerâmicos menos utilizados, mas que se encontram disponíveis no mercado. As pastilhas cerâmicas são revestimentos de pequena dimensão, utilizados principalmente no revestimento de fachadas. Por seu tamanho reduzido (de 1,5 cm até 10 cm), as pastilhas são comercializadas coladas em uma folha de papel com maior dimensão, o que facilita seu assentamento. O papel é facilmente retirado por lavagem após o término do assentamento.

Muitos revestimentos também necessitam de peças e acessórios especiais para conferir acabamento ao serviço. Entre as peças mais utilizadas estão as faixas decorativas e rodapés que, além de proporcionarem o acabamento adequado ao revestimento, são utilizadas pelo aspecto estético agradável que proporcionam.

Patologias em revestimentos cerâmicos

Patologias na área da construção civil é o nome dado aos defeitos e problemas construtivos que ocorrem nas diversas etapas de uma obra. Na maioria dos casos, as patologias em revestimentos cerâmicos não são consequência do material cerâmico em si. Um revestimento cerâmico pode ser composto por várias camadas: temos uma base que pode ser uma alvenaria de tijolos cerâmicos e acima desta é feito o chapisco, que é uma camada de argamassa fluida para aumentar a aderência entre a base e o restante do revestimento. Após o chapisco vem o emboço, uma argamassa que tem a função de regularizar e nivelar a base e após o emboço é estendida a argamassa colante que vai receber a placa cerâmica. Cada uma dessas camadas (base, chapisco, emboço, argamassa colante e placa cerâmica) possui características que influenciam no desempenho final do revestimento. Problemas nas camadas mais internas do revestimento podem refletir na camada final, ou seja, na camada que contém as placas cerâmicas.

Placas cerâmicas em fachadas estão suscetíveis a ciclos de expansão e contração por estarem expostas a variações de temperatura e de umidade. Dessa forma, a escolha de uma placa que apresente alta absorção e alta expansão por umidade pode levar ao descolamento da cerâmica, principalmente quando a argamassa de assentamento não tem capacidade de resistir às tensões que surgem em função da movimentação do revestimento. Costuma-se dizer que a argamassa para esse tipo de aplicação deve ter certa “elasticidade” para acompanhar as deformações da fachada que, embora milimétricas, podem causar prejuízos ao revestimento.

As juntas de assentamento (espaço entre uma placa e outra) têm a função de acomodar parte dessas movimentações, porém quando estas não são feitas de maneira adequada também podem contribuir para a fadiga do revestimento. A espessura da junta depende do tamanho da placa cerâmica. Outro fator que prejudica a aderência é a falta de contato da placa com a argamassa em toda a sua área (ou seja, ficam espaços vazios entre a argamassa e a placa) e a falta de limpeza da superfície de aplicação, que pode conter material pulverulento prejudicial à aderência, fatores esses relacionados à mão-de-obra.

Além de prejudicar o aspecto estético, o descolamento de partes do revestimento cerâmico aumenta a sua vulnerabilidade aos agentes de deterioração, como a água, e oferece perigo quando ocorre a queda de parte do revestimento, principalmente quando o descolamento ocorre a grandes alturas.

Outra patologia que pode ocorrer em revestimentos cerâmicos é o aparecimento de eflorescências, que

são depósitos salinos na forma de um pó branco. Em revestimentos cerâmicos as eflorescências ocorrem principalmente nas juntas de assentamento e são causados principalmente pela presença de sais solúveis e água durante períodos de tempo elevados. Esses sais são elementos químicos de argamassas e outros componentes da alvenaria que não foram utilizados nas reações químicas e são carregados pela ação da água e fenômenos de capilaridade. Como a placa cerâmica tem menor permeabilidade que o rejuntamento, os sais se depositam nesta parte do revestimento.

O principal inconveniente das eflorescências é o aspecto estético. Outra patologia que prejudica a estética da fachada é o aparecimento de fungos e outros microrganismos em função da presença de umidade e elevada porosidade do material utilizado no rejuntamento.

Critérios para escolha dos revestimentos cerâmicos

Como vimos no item anterior, algumas patologias em revestimentos cerâmicos são decorrentes da escolha inadequada do material. Como consequência, o revestimento tem de ser refeito, o que acarreta perda de material e de tempo e elevação do custo final do revestimento.

O primeiro critério a ser observado na escolha de um revestimento cerâmico é a superfície onde o mesmo vai ser aplicado: piso ou parede. Em paredes, pode-se usar peças com menor resistência à abrasão, pois o risco de desgaste é reduzido, enquanto que para revestimento de pisos ocorre o contrário.

Em segundo lugar, deve-se observar a que tipo de uso se destina o ambiente que será revestido: residencial, público ou industrial. A tabela a seguir apresenta os critérios mínimos recomendados para os revestimentos cerâmicos em função do uso:

USO RESIDENCIAL	Ambientes Internos	<ul style="list-style-type: none"> • Banheiros residencias e quartos de dormir: PEI 1, absorção entre 0 e 10%; • Ambientes residenciais sem portas para fora: PEI 2; • Ambientes residenciais com portas para fora PEI 3.
	Ambientes Externos	<ul style="list-style-type: none"> • PEI 4; • Facilidade de limpeza; • Baixa expansão por umidade.
USO PÚBLICO	Ambientes Internos	<ul style="list-style-type: none"> • PEI 4; • Facilidade de limpeza
	Ambientes Externos	<ul style="list-style-type: none"> • PEI 5; • Baixa absorção de água e alta resistência mecânica.
USO INDUSTRIAL		<ul style="list-style-type: none"> • Baixa absorção de água; • Espessura Grande; • PEI 5; • Elevada resistência a produtos químicos

Tabela 12: Materiais cerâmicos de acordo com o ambiente em que serão utilizados
 Fonte: adaptado de NBR 13817

Além das aplicações apresentadas na tabela existem algumas situações específicas que necessitam de maior atenção na hora de escolher o revestimento. Em cozinhas, o piso deve resistir ao impacto de objetos, como facas e panelas, devendo ter um PEI mínimo de 3, além dos critérios que contribuem com a higiene do local como o índice de resistência a manchas superior a 5 e absorção entre 0 e 10%.

Em garagens e quintais o piso deve suportar o peso dos carros e o desgaste causado pelos pneus, sendo necessário o uso de pisos com alta resistência mecânica e PEI 5. Em muitos casos, os veículos desprendem óleo e graxa, o que demanda um piso com elevada resistência ao manchamento (classe 5). Recomenda-se também que a absorção de água não ultrapasse 6%. Em áreas onde a presença da umidade é mais significativa, como saunas e piscinas, a absorção de água do revestimento deve situar-se entre 0 e 6% e a expansão por umidade deve ser baixa.

Em aplicações industriais como frigoríficos a absorção deve ser inferior a 0,5%, em função do risco de congelamento e o piso deve ser fácil de limpar. Em indústrias de laticínios e alimentos a absorção deve ser o mais próximo de 0% e o revestimento deve ter elevada resistência a produtos químicos.

Outro fator que influencia a escolha dos pisos cerâmicos é o clima. Em regiões onde o inverno é rigoroso e existe o risco de congelamento, recomenda-se o uso de cerâmicas com absorção de água inferior a 3% e baixa expansão por umidade. Além disso, a escolha do revestimento também é influenciada pelo custo do material. Por exemplo, a colocação de um piso de PEI 5 em um dormitório onde um PEI 2 seria suficiente não apresenta nenhum inconveniente do ponto de vista técnico, mas do ponto de vista econômico a escolha pode não ser a mais adequada.

Síntese

Nessa etapa da unidade, você aprendeu que

- Os revestimentos cerâmicos são classificados principalmente quanto ao método de fabricação, a absorção de água, a resistência à abrasão, a facilidade de limpeza e a resistência a produtos químicos;
- A escolha do revestimento é função dessas características e depende da área onde será aplicado (piso ou paredes, áreas internas ou externas), do tipo de ocupação (residencial, pública ou industrial), do clima, do custo, entre outros fatores.
- A escolha adequada do material para cada situação em função das características mencionadas evita patologias e a necessidade de refazer o revestimento.

Sites interessantes

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

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

<http://www.portobello.com.br/contentId/3135>

Referências

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13817: Placas cerâmicas para revestimento - Classificação**. Rio de Janeiro: 1997.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 13818: Placas cerâmicas para revestimento - Especificação e métodos de ensaios**. Rio de Janeiro: 1997.

BORGES, A.C. **Práticas das Pequenas Construções**. 9 ed. Vol 1. São Paulo: Edgard Blucher, 2009.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Globo, 1975.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção**. São Paulo: PINI, 1985.

YAZIGI, W. **A técnica de edificar**. 10 Ed. São Paulo: Pini, 2009.

UNIDADE **D**

ATIVIDADES

1. Com base no que você estudou e no exemplo apresentado abaixo, especifique nas tabelas as características e requisitos mínimos que deve ter um revestimento cerâmico para ser utilizado nas aplicações descritas a seguir:

EXEMPLO:

PAREDE DE BANHEIRO RESIDENCIAL – Características: absorção entre 0 e 10%, limpeza com produtos de limpeza fortes, necessidade de resistência média a produtos químicos.

PEI mínimo	1
Grupo de Absorção	Classes Ia, Ib, IIa e IIb
Classe de Limpabilidade	3
Resistência a agentes químicos	CLASSE B

a. PISO DE COZINHA – Características: absorção entre 0 e 10%, facilidade de limpeza, resistência à abrasão média, necessidade de resistência média a produtos químicos.

PEI mínimo	
Grupo de Absorção	
Classe de Limpabilidade	
Resistência a agentes químicos	

b. PISO DE GARAGEM – Características: absorção menor que 6 %, facilidade de limpeza, resistência à abrasão elevada, necessidade de resistência média a produtos químicos.

PEI mínimo	
Grupo de Absorção	
Classe de Limpabilidade	
Resistência a agentes químicos	

c. PISO DE DORMITÓRIO – Características: absorção entre 0 e 10%, resistência à abrasão compatível com o uso, necessidade de resistência média a produtos químicos.

PEI mínimo	
Grupo de Absorção	

Classe de Limpabilidade	
Resistência a agentes químicos	

d. PISO DE SUPERMERCADO – Características: absorção menor que 3%, facilidade de limpeza, resistência à abrasão elevada, necessidade de resistência elevada a produtos químicos.

PEI mínimo	
Grupo de Absorção	
Classe de Limpabilidade	
Resistência a agentes químicos	

e. FRIGORÍFICO – Características: absorção menor que 0,5%, máxima facilidade de limpeza, resistência à abrasão elevada, necessidade de resistência alta a produtos químicos.

PEI mínimo	
Grupo de Absorção	
Classe de Limpabilidade	
Resistência a agentes químicos	

f. SALA RESIDENCIAL COM ACESSO À ÁREA EXTERNA – Características: absorção entre 0 e 10%, facilidade de limpeza, resistência à abrasão compatível com o uso, necessidade de resistência média a produtos químicos.

PEI mínimo	
Grupo de Absorção	
Classe de Limpabilidade	
Resistência a agentes químicos	

g. INDÚSTRIA DE LATICÍNEOS – Características: absorção menor que 0,5%, máxima facilidade de limpeza, resistência à abrasão elevada, necessidade de resistência alta a produtos químicos.

PEI mínimo	
Grupo de Absorção	
Classe de Limpabilidade	
Resistência a agentes químicos	

h. PISO DE BANHEIRO RESIDENCIAL – Características: Características: absorção entre 0 e 10%, limpeza com produtos químicos fracos, necessidade de resistência média a produtos químicos.

PEI mínimo	
Grupo de Absorção	
Classe de Limpabilidade	
Resistência a agentes químicos	

5. LOUÇAS SANITÁRIAS

Produção de lavatórios e vasos sanitários passa por rígido controle de qualidade

Formação da massa cerâmica

A barbotina, massa cerâmica que será moldada e transformada nas louças, é composta por caulim, argila, feldspato e quartzo. Primeiro, a argila e o caulim são dispersos em água e peneirados. Depois, adicionam-se o feldspato e o quartzo, que passaram por um processo de moagem a seco.



Figura D.12 - Formação da massa cerâmica
Fonte: site da revista Equipe de obra

Moldagem da peça

São dois os tipos de molde: gesso e resina acrílica. No gesso, a água da massa é puxada por capilaridade. Com molde de resina, a massa é aplicada com bastante pressão (até 7 kgf/cm^2), o que força a passagem da água. As peças ficam na área de produção por dois dias, em média, até seguirem para os secadores.



Figura D.13 - Moldagem da peça
Fonte: site da revista Equipe de obra

Secagem

A peça ainda contém cerca de 12% de umidade e vai para uma estufa que a seca totalmente. Elas ficam por oito horas nesse tipo de secador, à temperatura de 100°C.



Figura D.14 - Secagem
Fonte: site da revista Equipe de obra

Inspeção

Se alguma peça apresenta defeito, é retirada do processo de produção e reaproveitada. O material é re-dispersado em água e vira barbotina de novo.



Figura D.15 - Inspeção
Fonte: site da revista Equipe de obra

Esmaltação

A aplicação do esmalte cerâmico é feita manualmente ou por máquinas. O esmalte é à base de água, com calcário, quartzo, feldspato, caulim, opacificante e corante na cor das peças. A esmaltagem é feita individualmente em quase todos os produtos. Só a esmaltagem das caixas acopladas de bacias sanitárias é feita de duas em duas peças.



Figura D.16 - Esmaltação
Fonte: site da revista Equipe de obra

Forno

O forno, de 100 m de comprimento, é contínuo, ou seja, as peças passam por ele sem parar, no tempo total de 15 horas. No início e no final do forno a temperatura é ambiente, e, no meio, chega a 1.220 oC.



Figura D.17 - Forno
Fonte: site da revista Equipe de obra

Inspeção e expedição

Todas as bacias fazem teste de sifonagem: as esferas de plástico simulam resíduos e devem ser eliminadas. Também é feita inspeção visual. Se aprovadas, as peças vão para a expedição.



Figura D.18 - Inspeção e expedição
Fonte: site da revista Equipe de obra

Reutilização

A água efluente do processo, que contém massa e esmalte, é tratada e volta para a lavagem de piso e equipamentos. Da massa retirada, 40% são reaproveitados na fábrica e o restante é vendido para fábricas de pisos. Os moldes de gesso, terminada sua vida útil, são usados como matéria-prima na indústria de cimento.

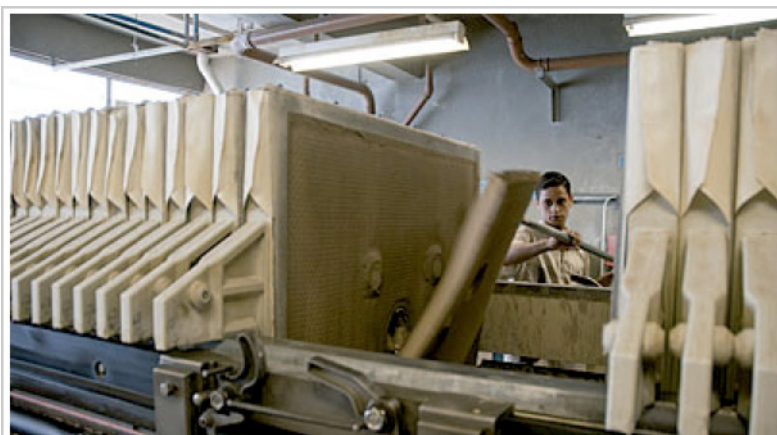


Figura D.19 - Reutilização
Fonte: site da revista Equipe de obra

Reportagem: Luciana Tamaki

Apoio técnico: Deca

Referências

Revista Equipe de Obra. Disponível em: <<http://www.equipedebra.com.br/construcao-reforma/34/artigo211873-1.asp>>

6. MATERIAIS CERÂMICOS ESPECIAIS

Materiais cerâmicos especiais

Nas etapas anteriores desta unidade estudamos os blocos, os tijolos, as telhas e os revestimentos cerâmicos que são os produtos desta natureza com maior visibilidade no mercado da construção civil. Além desses, existem outros materiais cerâmicos de construção, cujo emprego é menos frequente ou são utilizados em situações mais específicas e merecem ser abordados, mesmo de maneira resumida. Como exemplo destes materiais podemos citar as manilhas ou tubos cerâmicos, as louças sanitárias e os produtos de cerâmica refratária.

Manilhas

Manilha é o nome dado aos tubos cerâmicos cilíndricos utilizados principalmente na condução de águas residuárias, esgotos sanitários e águas pluviais. Alguns tipos de manilhas também podem ser utilizadas para revestimentos de chaminés e para condução de tubulação subterrânea de rede elétrica e telefônica. A maioria dos tubos cerâmicos encontrados no mercado é do tipo ponta e bolsa, ou seja, uma das extremidades do tubo possui um segmento de diâmetro maior (bolsa) onde outro tubo é encaixado (ponta). Essa encaixe pode ter junta rígida, semirrígida ou elástica. A junta rígida normalmente é obtida com o uso de adesivos para unir a ponta de um tubo com a bolsa de outro. Na junta elástica, a ponta de um tubo é encaixada na bolsa de outro tubo ou conexão e a estanqueidade da ligação é garantida por um anel de vedação, posicionado em sulco apropriado situado na bolsa. Assim como as demais tubulações, existem peças e acessórios específicos para realizar a ligação entre os tubos.

Segundo Petrucci (1975), a fabricação desse produto é feita de modo que o cozimento da matéria prima é levado até a temperatura de fusão incipiente. Após, os produtos são vidrados em banho especial de silicatos metálicos com recozimento, a fim de proteger o material da ação de águas agressivas. Os tubos podem ser vidrados apenas internamente ou interna e externamente. Os tubos de grés são moldados por extrusão e depois da secagem é lançado cloreto de sódio no interior do forno, o qual produz sobre a superfície das peças uma camada mais avançada de material vitrificado.

A norma que trata de tubos cerâmicos para canalizações é a NBR 5645. Os diâmetros de 75, 100, 150, 200, 250, 300, 375, 400, 450, 500 e 600 mm são os normatizados para esse tipo de tubo e o comprimento das peças varia de 600 a 2000 mm. A espessura das paredes dos tubos varia entre 9 e 26 mm de acordo com o diâmetro.

A NBR 5645 estabelece vários critérios de qualidade a que os tubos cerâmicos devem obedecer, entre os quais a resistência mínima que devem apresentar quando submetidos ao ensaio de compressão diametral, ou seja, um ensaio que comprime o tubo no sentido do seu diâmetro, descrito na NBR 6582, conforme tabela abaixo:

Diâmetro Nominal do Tubo (mm)	Resistência mínima (N/m)
75	15000
100	15000
150	15000
200	15000
250	16000
300	17000
350	19000
375	20000
400	22000
450	25000
500	28000
600	35000

Tabela 13: diâmetro e resistência do tubo cerâmico

Fonte: NBR 6582

Nenhum tubo deve romper com valor de resistência menor que 90% do especificado. Caso isso ocorra, o lote de onde saiu o tubo ensaiado deve ser rejeitado. A NBR 5645 limita também a absorção de água máxima para tubos cerâmicos, que não pode ultrapassar 10%, sendo o ensaio para determinação da absorção descrito na NBR 7529. A permeabilidade dos tubos também é limitada pela NBR 5645, segundo a qual um tubo submetido a uma pressão hidrostática interna de 70 Kpa (quilo pascais) durante um intervalo de tempo que varia de 7 a 15 minutos (de acordo com a espessura do tubo), não deve apresentar vazamentos em sua parte externa.

Os tubos cerâmicos também devem resistir à ação química de águas agressivas, sendo que a perda de massa sob a ação de ácidos não deve ser maior que 1% da massa inicial da amostra submetida ao ensaio descrito na NBR 7689.

De acordo com Silva (1985) os tubos cerâmicos devem satisfazer alguns requisitos de qualidade, entre os quais destacam-se:

- Interior do tubo perfeitamente circular, com eixo retílineo, sem fendas, rebarbas, falhas ou bolhas de ar.
- Quando o tubo for vidrado, a camada vítrea deve ser homogênea e contínua em todo o tubo, exceto nas bolsas de junção.

Além disso, o tubo deve trazer gravadas as informações de diâmetro nominal, tipo de tubo, nome do fabricante e data de fabricação. A figura abaixo apresenta alguns exemplos de tubo cerâmico.



Aparelhos sanitários

Também chamados de louças sanitárias, são constituídos de lavatórios, bacias sanitárias, mictórios. De acordo com o material utilizado na fabricação, Petrucci (1975) apresenta a seguinte classificação para as louças sanitárias:

- Aparelhos de pó de pedra: também chamados de faiança podem ter corpo branco ou colorido artificialmente. O material é vitrificado, com textura fina e porosa, podendo a absorção chegar entre 15 e 20%.
- Aparelhos de grés branco: também chamados de porcelana sanitária ou grés cerâmico, podem ter corpo branco ou colorido artificialmente. O material possui vitrificação mais avançada que o anterior, resultando num produto com textura fina e não porosa, cuja absorção varia entre 1 e 2%.

Ambos os materiais apresentam a coloração branca em função do baixo teor de óxido de ferro presente na argila utilizada na fabricação. O processo de fabricação normalmente empregado é a prensagem, feita com o auxílio de moldes de gesso ou resina que dão origem a peças únicas, sem emendas.

Em função da diversidade de materiais disponíveis e das inovações no setor, principalmente no que se refere a equipamentos com menor consumo de água, as normas relacionadas às louças sanitárias têm sido constantemente revistas, sendo que atualmente estão em vigor:

- NBR 15097: Aparelhos sanitários de material cerâmico. Parte 1: Requisitos e métodos de ensaios (2011)
- NBR 15097: Aparelhos sanitários de material cerâmico. Parte 2: Procedimento para instalação (2011)

As normas citadas estabelecem uma série de requisitos que esses materiais devem satisfazer, entre os quais podemos citar: as dimensões das peças, as dimensões de entrada e saída de água, de fixação de misturadores, resistência do material ao gretamento (fissuras no esmalte), resistência ao manchamento, consumo de água por descarga, entre outros.

A NBR 15097 fixa o limite de absorção para qualquer louça sanitária em 0,5% e a espessura mínima das paredes de qualquer aparelho em 6 mm. As bacias sanitárias apresentam em seu interior um dispositivo chamado sifão, onde fica uma quantidade de água que evita o retorno de gases, conforme a figura abaixo.



De acordo com a NBR 15097 a bacia sanitária deve ter formato que possibilite uma altura de água dentro do sifão, também chamada de fecho hidráulico, de no mínimo 50 mm e o sifão deve ter dimensões de forma a deixar passar uma esfera rígida de diâmetro $40 \text{ mm} \pm 0,25 \text{ mm}$.

Quanto à resistência mecânica, os valores mínimos são apresentados na tabela abaixo, de acordo com o tipo de peça:

Peça	Resistência Mecânica (kN)
Bacia sanitária	2,2
Bidê	2,2
Lavatório	1,3
Tanque	2,5

Tabela 14: resistência mecânica do tubo cerâmico

Fonte: do autor.

A resistência mecânica é determinada por meio de um ensaio específico em que o material é submetido à aplicação de uma carga por meio de prensa, durante 2 minutos. Cada peça deve resistir às cargas apresentadas na tabela sem apresentar fissuras, rachaduras ou outras deformações. A descrição completa do ensaio de verificação da resistência mecânica encontra-se na NBR 15097.

A norma também orienta que os defeitos superficiais dos aparelhos sanitários devem ser avaliados considerando-se os seguintes aspectos:

- Não apresentar riscos à segurança sanitária ou física do instalador ou usuário.
- Não afetar a utilidade do aparelho.
- Quantidade dos defeitos por região crítica e por janela de inspeção de acordo com os limites que constam na norma.

A região crítica de um aparelho sanitário normalmente é sua parte superior ou a parte mais visível, onde os defeitos podem ser mais facilmente identificados. Os aparelhos devem ser examinados na posição de instalação por um observador em pé com altura de observação de $1,60 \text{ m} \pm 0,1 \text{ m}$, no perímetro definido

por um semicírculo de raio 1,5 m. Defeitos não observados desta posição são considerados imperceptíveis.

Entre os produtos mais encontrados no mercado estão bidês, mictórios lavatórios com e sem coluna de sustentação, bacias sanitárias com e sem caixa acoplada, estas últimas funcionando com válvula de descarga ou caixa de descarga não-acoplada. No aparelho sanitário deve ser marcado em região legível e permanente o nome do fabricante, a data de fabricação e o modelo e consumo de água no caso de bacias sanitárias.

Materiais refratários

Os materiais cerâmicos refratários são aqueles que possuem a capacidade de resistir a altas temperaturas. São fabricados com um tipo específico de argila que é pobre em cal e óxido de ferro.

Segundo Verçosa (1987) as peças refratárias devem ser feitas com grande cuidado, principalmente no que se refere à prensagem, que deve ir a altos índices, para diminuir ao máximo a porosidade do material.

A cerâmica refratária na construção civil é utilizada sobretudo na confecção de tijolos usados na construção de fornos, lareiras e outros ambientes expostos a altas temperaturas.

Síntese

Nesta etapa da unidade você aprendeu que:

1. Manilhas são tubos cerâmicos geralmente vidrados destinados à condução de águas residuárias e pluviais.
2. As louças sanitárias são aparelhos fabricados a partir de uma argila especial que lhes confere coloração branca e baixa absorção. As principais louças sanitárias são os lavatórios, bacias sanitárias, mictórios e tanques.
3. A cerâmica refratária é um material capaz de suportar altas temperaturas e a principal aplicação como material de construção é a fabricação de tijolos.

Sites interessantes

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

http://www.banheirosincepa.com.br/produtos_linhas.aspx?Idioma=p&TabIndex=1&IDLinha=10&ItemIndex=10

<http://www.refratil.com.br/main.php?exec=swpage.php&id=8>

http://www.ibar.com.br/index_por.html

Referências

Figura D.20. Disponível em: <<http://ceramicakretz.sites.uol.com.br/products.htm>>

Figura D.21. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=31026>>

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5645: Tubos cerâmicos para canalizações.** Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 6582: Tubo cerâmico para canalizações - Verificação da resistência à compressão diametral.** Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7529: Tubo e conexão cerâmicos para canalizações - Determinação da absorção de água.** Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7689: Tubo e conexão cerâmicos para canalizações - Determinação da resistência química.** Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15097: Aparelhos sanitários de material cerâmico. Parte 1: Requisitos e métodos de ensaios.** Rio de Janeiro: 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15097: Aparelhos sanitários de material cerâmico. Parte 2: Procedimento para instalação.** Rio de Janeiro: 2011.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção.** Porto Alegre: Globo, 1975.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção.** São Paulo: PINI, 1985.

VERÇOSA, E.J. **Materiais de Construção I.** 3 Ed. Porto Alegre: Sagra, 1987.



TICS



Aglomerantes

A origem do cimento Portland

Aglomerantes

Unidade E
Materiais de Construção Básicos

1. AGLOMERANTES

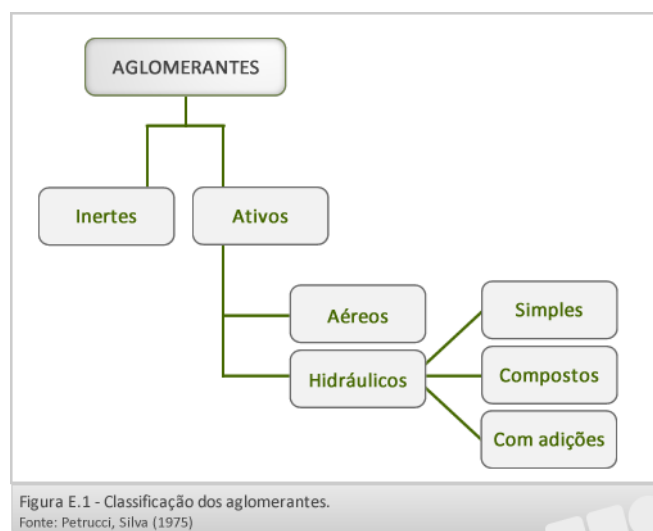
Aglomerantes Minerais

Os aglomerantes são definidos como produtos empregados na construção civil para fixar ou aglomerar outros materiais entre si. Geralmente são materiais em forma de pó, também chamados de pulverulentos que, misturados com a água, formam uma pasta capaz de endurecer por simples secagem ou devido à ocorrência de reações químicas.

Existem alguns termos para definir a mistura de um aglomerante com materiais específicos. Entre os mais conhecidos podemos citar:

- **PASTA** = MISTURA DE AGLOMERANTE + ÁGUA
- **ARGAMASSA** = MISTURA DE AGLOMERANTE + AGREGADO MÍUDO + ÁGUA
- **CONCRETO** = AGLOMERANTE + AGREGADO MÍUDO + AGREGADO GRAÚDO + ÁGUA

De acordo com alguns dos principais autores na área de materiais de construção (Petrucci, Silva) os aglomerantes podem ser divididos em diferentes classes de acordo com sua composição e mecanismo de endurecimento. O esquema abaixo apresenta de forma resumida a classificação dos aglomerantes, seguida de uma descrição mais detalhada do significado de cada termo com base nos autores citados.



De acordo com o mecanismo de endurecimento, os aglomerantes podem ser classificados em:

- **AGLOMERANTES QUIMICAMENTE INERTES:** seu endurecimento ocorre devido à secagem do material. A argila é um exemplo de aglomerante inerte.
- **AGLOMERANTES QUIMICAMENTE ATIVOS:** seu endurecimento se dá por meio de reações químicas. É o caso da cal e do cimento.
- Os aglomerantes quimicamente ativos são subdivididos em dois grupos:
- **AGLOMERANTES AÉREOS:** são aqueles que conservam suas propriedades e processam seu endurecimento somente na presença de ar. Como exemplo deste tipo de aglomerante, temos o gesso e a cal.
- **AGLOMERANTES HIDRÁULICOS:** caracterizados por conservarem suas propriedades em presença de ar e água,

mas seu endurecimento ocorre sob influência exclusiva da água. O cimento é o principal aglomerante hidráulico utilizado na construção civil.

Quanto à composição, os aglomerantes são classificados em:

- **AGLOMERANTES SIMPLES:** são formados por apenas um produto com pequenas adições de outros componentes com o objetivo de melhorar algumas características do produto final. Normalmente as adições não ultrapassam 5% em peso do material. O cimento Portland comum é um exemplo deste tipo de material.
- **AGLOMERANTES COM ADIÇÃO:** são compostos por um aglomerante simples com adições em quantidades superiores, com o objetivo de conferir propriedades especiais ao aglomerante, como menor permeabilidade, menor calor de hidratação, menor retração, entre outras.
- **AGLOMERANTES COMPOSTOS:** formados pela mistura de subprodutos industriais ou produtos de baixo custo com aglomerante simples. O resultado é um aglomerante com custo de produção relativamente mais baixo e com propriedades específicas. Como exemplo, temos o cimento pozolânico, que é uma mistura do cimento Portland com uma adição chamada pozolana.

Os aglomerantes também podem ser caracterizados segundo o tempo que levam para começar a processar o endurecimento da pasta onde são empregados. O período inicial de solidificação da pasta é chamado de pega. Denominamos de início de pega o momento em que a pasta começa a endurecer, perdendo parte de sua plasticidade e fim de pega o momento em que a pasta se solidifica completamente, perdendo toda sua plasticidade.

Atenção

NÃO SE DEVE CONFUNDIR PEGA COM ENDURECIMENTO.

O fim da pega significa que a pasta não pode mais ser manuseada e, terminada essa fase, inicia o endurecimento. Apesar de no fim da pega a pasta já ter alguma resistência, é durante o endurecimento que os ganhos de resistência são significativos.

De acordo com o tempo que o aglomerante desenvolve a pega na pasta, podemos classificá-lo em:

- **AGLOMERANTE DE PEGA RÁPIDA:** quando a pasta inicia sua solidificação num intervalo de tempo inferior a 30 minutos.
- **AGLOMERANTE DE PEGA SEMIRRÁPIDA:** quando a pasta inicia sua solidificação num intervalo de tempo entre 30 a 60 minutos.
- **AGLOMERANTE DE PEGA NORMAL:** quando a solidificação da pasta ocorre num intervalo de tempo entre 60 minutos e 6 horas.

Gesso

O gesso é um aglomerante obtido a partir da eliminação parcial ou total da água de cristalização contida em uma rocha natural chamada gipsita, que ocorre na natureza em camadas estratificadas.

A obtenção ocorre por meio de 3 etapas: a extração da rocha, a diminuição de tamanho da mesma por processos de trituração e a queima do material. A última etapa também é conhecida como calcinação e consiste em expor a rocha a temperaturas que podem variar de 100 a 300°C, obtendo como resultado o gesso com desprendimento de vapor d'água. De acordo com a temperatura de queima podem resultar diferentes tipos de produtos. O processo de queima da gipsita normalmente é feito em fornos rotativos e pode ser resumido na equação química a seguir:



De acordo com Oliveira (2008) o gesso, ao ser misturado com água, torna-se plástico e enrijece rapidamente, retornando a sua composição original. Essa combinação faz-se com a produção de uma fina malha de cristais de sulfato hidratado, interpenetrada, responsável pela coesão do conjunto. Esse fenômeno conhecido como pega é acompanhado de elevação de temperatura, tratando-se de uma reação exotérmica.

Normalmente, o gesso possui tempo de pega entre 15 e 20 minutos. A temperatura da água funciona como acelerador de pega e a quantidade como retardador, ou seja, quanto maior a temperatura da água, mais rápido o material reage e quanto maior a quantidade de água, mais lentamente ocorrem as reações. Quanto maior a quantidade de água adicionada, maior a porosidade e menor a resistência.

Oliveira (2008) afirma que quando o processo de calcinação do gesso é feito em temperaturas mais elevadas tem como resultado um material de pega mais lenta, porém de maior resistência. Segundo o mesmo autor, as pastas de gesso, depois de endurecidas, atingem resistência à compressão entre 5 e 15 Mpa.

De acordo com Petrucci (1975) a quantidade de água necessária para o amassamento do gesso é de 50 a 70%. O amassamento é feito com excesso de água para evitar uma pega muito rápida, tornando a pasta manuseável por tempo suficiente à aplicação. A perda de água excedente conduz ao endurecimento e aumento da resistência.

O gesso, como material de construção, é um pó branco, de elevada finura, comercializado principalmente em sacos de 50 kg, com o nome de gesso, estuque ou gesso-molde. Algumas empresas fornecem embalagens de 1kg, 20 kg e 40 kg. No Brasil, o gesso é um material relativamente escasso, sendo pouco empregado como aglomerante e mais utilizado em fins ornamentais.

Possui, ainda, boa aderência a tijolos, pedra e ferro, mas é desaconselhável seu uso em superfícies metálicas pelo risco de corrosão. Por outro lado, não possui boa aderência a superfícies de madeira. Apresenta excelentes propriedades de isolamento térmico, acústico e impermeabilidade do ar.

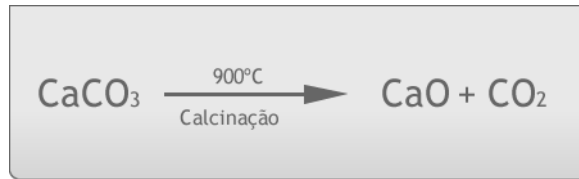
É utilizado principalmente como material de acabamento em interiores, para obtenção de superfícies lisas, podendo substituir a massa corrida e a massa fina. Nesse caso, pode ser utilizado puro (apenas misturado com água) ou em misturas com areias, sob forma de argamassas. Atualmente, o gesso é empregado em larga escala no formato de placas, as chamadas paredes leves ou drywall. Essas placas são utilizadas em forros, divisórias, para dar acabamento em uma parede de alvenaria bruta ou em mal estado, ou para melhorar os índices de vedações térmicos ou acústicos do ambiente em que for empregado.

Por ser um aglomerante aéreo, não se presta para a aplicação em ambientes externos devido à baixa resistência em presença da água.

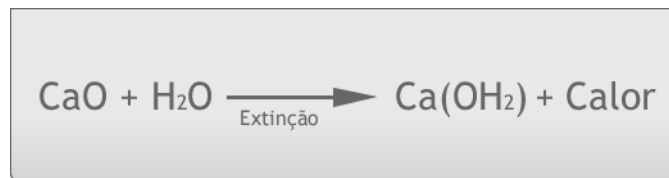
Cal aérea

A cal é obtida a partir da calcinação da rocha calcária, composta principalmente por óxidos de cálcio e pequenas quantidades de impurezas como óxidos de magnésio, sílica, óxidos de ferro e óxidos de alumínio. O processo de fabricação consiste resumidamente na extração da rocha e queima (calcinação). O

produto da queima é chamado de cal viva ou virgem. A obtenção da cal virgem pode ser expressa pela seguinte equação química:



O produto resultante da calcinação é formado predominantemente por óxido de cálcio (CaO), mas para ser utilizada como aglomerante a cal precisa ser transformada em hidróxido, o que se consegue com a adição de água. A adição de água em obra é chamada de extinção e o produto resultante é a cal extinta. Quando esse processo é realizado ainda em fábrica tem-se a cal hidratada, como estudaremos mais adiante. A equação química que ilustra o processo de extinção é apresentada abaixo;



A cal viva ou virgem normalmente apresenta-se em forma de grãos de grande tamanho e estrutura porosa ou em pó. Já a cal hidratada é encontrada em forma de flocos ou em pó. Ambas apresentam a coloração branca.

As características da rocha de origem influenciam diretamente a composição química da cal. Segundo Oliveira (2008), quanto à composição, a cal pode ser classificada em:

- **Cal cálcica:** composta por no mínimo 75% de óxidos de cálcio (CaO). Esse tipo de cal possui como característica a maior capacidade de sustentação da areia.
- **Cal magnésiana:** possui no mínimo 20% de óxidos de magnésio (MgO) em sua composição. Quando utilizada em argamassas, esse tipo de cal dá origem a misturas mais trabalháveis.

Como vimos anteriormente, a adição de água à cal feita em obra é chamada de extinção. Esse processo é feito em tanques próprios e quando a água é adicionada inicia-se uma reação onde há liberação de calor. Na variedade cálcica, a reação é violenta, com grande liberação de calor, podendo atingir temperaturas da ordem de 400° em tanques fechados. Na variedade magnésiana, a reação é mais lenta, com menor geração de calor.

Nesse sentido, é interessante conhecer o comportamento da cal durante o processo de extinção para avaliar a maneira mais segura de manusear o material. Oliveira (2008) recomenda um teste simples que pode ser feito em obra e consiste em colocar num balde 2 a 3 pedaços de cal (aproximadamente 1/2 kg cada) e encobri-los com água. Se a extinção ocorrer em menos de 5 minutos, a cal é classificada como extinção rápida. Se a extinção ocorrer num intervalo de tempo de 5 a 30 minutos, o material é classificado como de extinção média e caso demore mais de 30 minutos é classificado como extinção lenta.

Conhecido o tipo de material, pode-se definir a maneira mais adequada de realizar a extinção. A cal de extinção rápida deve ser adicionada à água de maneira lenta para controlar a violência da reação. Para a cal de extinção média deve-se adicionar água até submergir parcialmente o material, enquanto na cal de extinção lenta a adição de água deve ser suficiente para apenas umedecer o material.

Além do desprendimento de calor, a extinção da cal tem como consequência o aumento de volume da

pasta, também chamado de rendimento. Petrucci (1975) apresenta a classificação da cal em dois tipos, de acordo com o rendimento:

- **Cal gorda:** possui rendimento superior a 1,82, ou seja, uma unidade de volume de cal dá origem a mais de 1,82 unidades de volume de pasta. A variedade cálcica é um exemplo de cal gorda.
- **Cal magra:** possui rendimento inferior a 1,82; ou seja, uma unidade de volume de cal dá origem a menos de 1,82 unidades de volume de pasta. A cal magnesiana é um exemplo de cal magra.

Após a adição de água, a mistura é deixada em repouso num processo conhecido como envelhecimento da pasta. O período de envelhecimento varia de acordo com o formato do material:

- **Cal em pedra:** o período de envelhecimento varia de 7 a 10 dias, quando a variedade é cálcica e 2 semanas para a cal magnesiana.
- **Cal em pó:** o período de envelhecimento mínimo é de 24 horas.

Após o processo de extinção, a cal é utilizada na composição de argamassas sendo misturada em proporções adequadas com cimento e areia. Segundo Oliveira (2008), as argamassas de cal têm consistência mais ou menos plástica e endurecem por recombinação do hidróxido com o gás carbônico (CO₂) do ar, reconstituindo o carbonato original, cujos cristais formados ligam de maneira permanente os grãos do agregado utilizado. Dessa forma, o endurecimento das argamassas de cal se processa de fora para dentro, exigindo certa porosidade que permita a evaporação da água e a penetração do gás carbônico.

A cal hidratada difere da virgem por seu processo de hidratação ser feito em usina. A cal viva é moída e pulverizada e o material moído é misturado com uma quantidade exata de água. Após, a cal hidratada é separada da não hidratada e de impurezas, por processos diversos.

A cal hidratada possui como vantagens a maior facilidade de manuseio, transporte e armazenamento, além de maior segurança, principalmente quanto a queimaduras, pois o produto encontra-se pronto para ser usado, eliminando as operações de extinção e envelhecimento. Oliveira (2008) aponta como desvantagens da cal hidratada o menor rendimento, a menor capacidade de sustentação da areia e o fato de as misturas, onde é empregada, resultarem em argamassas menos trabalháveis.

A cal hidratada pode ser encontrada em diversas embalagens: 8kg, 20kg, 25kg ou 40kg. Normalmente estão disponíveis no mercado três tipos de material:

- CH – I : Cal hidratada especial (tipo I);
- CH – II : Cal hidratada comum (tipo II);
- CH – III : Cal hidratada com carbonatos (tipo III)

A nomenclatura diferenciada é consequência das diferentes propriedades químicas e físicas de cada produto. As cales do tipo CHI e CHII são as mais empregadas na construção civil por possuírem maior capacidade de retenção de água e de areia, tornando-as mais econômicas.

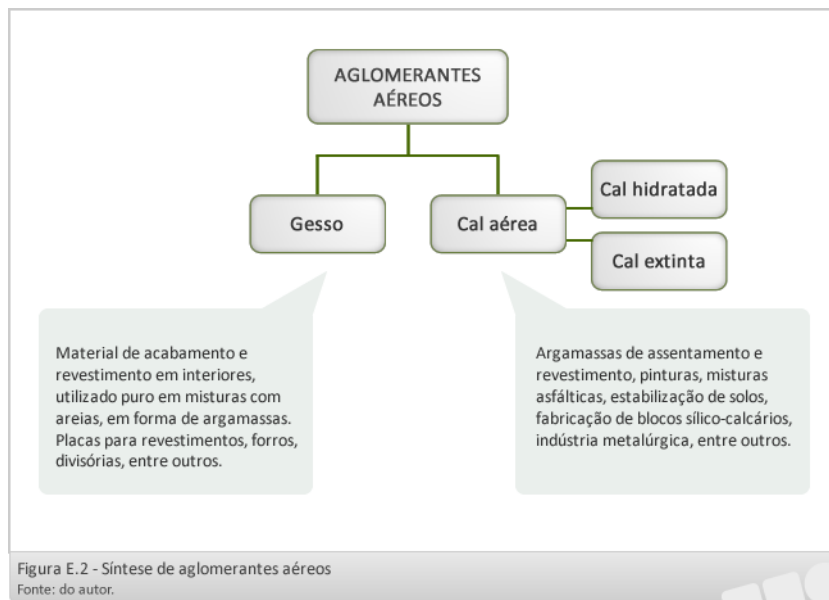
Na construção civil, a cal é utilizada principalmente em argamassas de assentamento e revestimento, pinturas, misturas asfálticas, estabilização de solos, fabricação de blocos sílico-calcários, indústria metalúrgica, etc. A adição de cal às argamassas proporciona melhorias em muitas características da mistura. O uso da cal propicia o aumento de trabalhabilidade da mistura, o que também contribui para tornar as argamassas mais econômicas pela possibilidade de aumento na quantidade de agregados. O custo reduzido da cal também contribui para tornar seu uso atrativo.

O uso de cal nas argamassas também aumenta a retenção de água, o que melhora a aderência entre os elementos da construção, pois a argamassa cede água gradativamente para os elementos onde é empregada. Outra contribuição da cal nas argamassas é a redução do fenômeno de retração, que é a diminuição de volume capaz de gerar o aparecimento de fissuras. Os revestimentos feitos de argamassa de cal e areia devem ser executados em camadas finas, com intervalo de aproximadamente 10 dias entre uma camada e outra para possibilitar o endurecimento completo do material.

As pinturas à base de cal possuem propriedades fungicidas e bactericidas. Além disso, a cal pode ser utilizada para a separação da escória, que é um resíduo da fabricação de aço para a construção civil.

Em obra deve-se evitar o recebimento da cal quando a embalagem estiver danificada e quando o material não deve ficar estocado por longos períodos. O produto deve ser armazenado em pilhas de, no máximo, 20 sacos, em local fechado e sobre estrados ou chapas de madeira.

Síntese



Sites interessantes

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

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

<http://www.abpc.org.br/>

Referências

OLIVEIRA, H.M. Aglomerantes. In: BAUER, L.F.A (Org). **Materiais de Construção I**. 5 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2008. p. 11 – 34.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção**. Porto Alegre: Globo, 1975.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção**. São Paulo: PINI, 1985.



A ORIGEM DO CIMENTO PORTLAND

Você conhece a origem do cimento Portland?

A origem da palavra CIMENTO vem do latim *CAEMENTU*, que designava na velha Roma espécie de pedra natural de rochedos e não esquadrejada.

O uso de produtos com as mesmas características do cimento teve início há aproximadamente 4.500 anos. Como exemplo, podemos citar a construção de monumentos do Egito antigo, que utilizavam uma liga constituída por uma mistura de gesso calcinado. As grandes obras gregas e romanas, como o Panteão e o Coliseu, foram construídas com o uso de solos de origem vulcânica que possuíam propriedades de endurecimento sob a ação da água.

No ano de 1756, o inglês John Smeaton obteve um produto de alta resistência por meio de calcinação de calcários moles e argilosos. Em 1818, o francês Vicat obteve resultados semelhantes ao misturar componentes argilosos e calcários. Mas a origem do cimento Portland é atribuída ao construtor inglês Joseph Aspdin que, no ano de 1824, queimou conjuntamente pedras calcárias e argila, transformando-as num pó fino. Ele percebeu que, ao adicionar água, obtinha uma mistura e, ao secar, tornava-se tão dura quanto as pedras empregadas nas construções e não se dissolvia em água. Esse produto foi patenteado pelo construtor com o nome de **cimento Portland**, por apresentar cor e propriedades semelhantes às rochas da ilha britânica de Portland.

No Brasil, o início de estudos para viabilizar a fabricação do cimento Portland ocorreu aparentemente em 1888, quando o comendador Antônio Proost Rodovalho instalou uma fábrica na fazenda Santo Antônio, de sua propriedade, situada em Sorocaba-SP. Várias iniciativas esporádicas de fabricação de cimento foram desenvolvidas nessa época. Em 1892, teve início a produção de cimento em uma pequena instalação na ilha de Tiriri, na Paraíba, por iniciativa do engenheiro Louis Felipe Alves da Nóbrega, que estudara na França e chegara ao Brasil com novas ideias, tendo inclusive o projeto da fábrica pronto. Porém, a fábrica funcionou por apenas 3 meses, sendo que o fracasso do empreendimento foi consequência da distância do local de produção dos centros consumidores e da pequena escala de produção, que não conseguia competitividade com os cimentos importados da época.

No ano de 1897, a usina de Rodovalho lançou sua primeira produção – o cimento Santo Antonio – e operou até 1904, quando interrompeu suas atividades. Voltou em 1907, mas experimentou problemas de qualidade e extinguiu-se definitivamente em 1918. Em Cachoeiro do Itapemirim, o governo do Espírito Santo fundou, em 1912, uma fábrica que funcionou até 1924, com precariedade e produção de apenas 8.000 toneladas por ano, sendo então paralisada, voltando a funcionar em 1935, após modernização.

Todas essas etapas culminaram, em 1924, com a implantação pela Companhia Brasileira de Cimento Portland de uma fábrica em Perus, Estado de São Paulo, cuja construção pode ser considerada como o marco da implantação da indústria brasileira de cimento. As primeiras toneladas foram produzidas e colocadas no mercado em 1926. Até então, o consumo de cimento no país dependia exclusivamente do

produto importado. A produção nacional foi gradativamente elevada com a implantação de novas fábricas e a participação de produtos importados oscilou durante as décadas seguintes, até praticamente desaparecer nos dias de hoje.

Referências

Associação Brasileira de Cimento Portland. Disponível em: <<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/historia/uma-breve-historia-do-cimento-portland>>.

2. AGLOMERANTES

Para dar prosseguimento aos nossos estudos sobre aglomerantes, vamos tratar dos aglomerantes hidráulicos. Você lembra o que são os aglomerantes hidráulicos?

Conforme estudamos na lição anterior, os aglomerantes hidráulicos são produtos que possuem a característica de conservarem suas propriedades aglomerantes em presença de ar e água, mas seu endurecimento ocorre sob influência exclusiva da água. Como principais aglomerantes hidráulicos podemos citar o cimento e a cal hidráulica.

Cimento

O cimento é um aglomerante hidráulico produzido a partir de uma mistura de rocha calcária e argila. A calcinação dessa mistura dá origem ao *clinker*, um produto de natureza granulosa, cuja composição química é constituída essencialmente de silicatos hidráulicos de cálcio, com certa proporção de outras substâncias que modificam suas propriedades ou facilitam seu emprego.

De acordo com Oliveira (2008), entre os constituintes fundamentais do cimento (95 a 96%) podemos citar:

- Cal (CaO);
- Sílica (SiO₂);
- Alumina (Al₂O₃)
- Óxido de Ferro (Fe₂O₃)
- Magnésia (MgO) – em proporção máxima de 5%
- Impurezas

A mistura dessas matérias-primas e a exposição à temperatura de fusão dão origem ao *clinker*. Como consequência desse processo, ocorrem combinações químicas que resultam na formação dos seguintes compostos, cujas proporções influenciam diretamente nas propriedades do cimento:

- **Silicato Tricálcico (C3S)**: esse componente contribui para a resistência da pasta em todas as idades. O cimento, ao ser misturado com a água, começa a sofrer reações químicas, fenômeno que chamamos de hidratação. Durante a hidratação do cimento há liberação de certa quantidade de calor, chamado calor de hidratação, o qual será abordado mais adiante. O silicato tricálcico é um dos componentes que mais libera calor durante as reações de hidratação do cimento.
- **Silicato Bicálcio (C2S)**: contribui para o endurecimento da pasta em idades avançadas e contribui pouco para a liberação de calor na hidratação do cimento.
- **Aluminato Tricálcico (C3A)**: contribui para a resistência no primeiro dia, para a rapidez de pega e é o componente que mais libera calor na reação de hidratação;
- **Ferroaluminato de Cálcio (C4AF)**: apresenta pouca influência nas características da pasta.

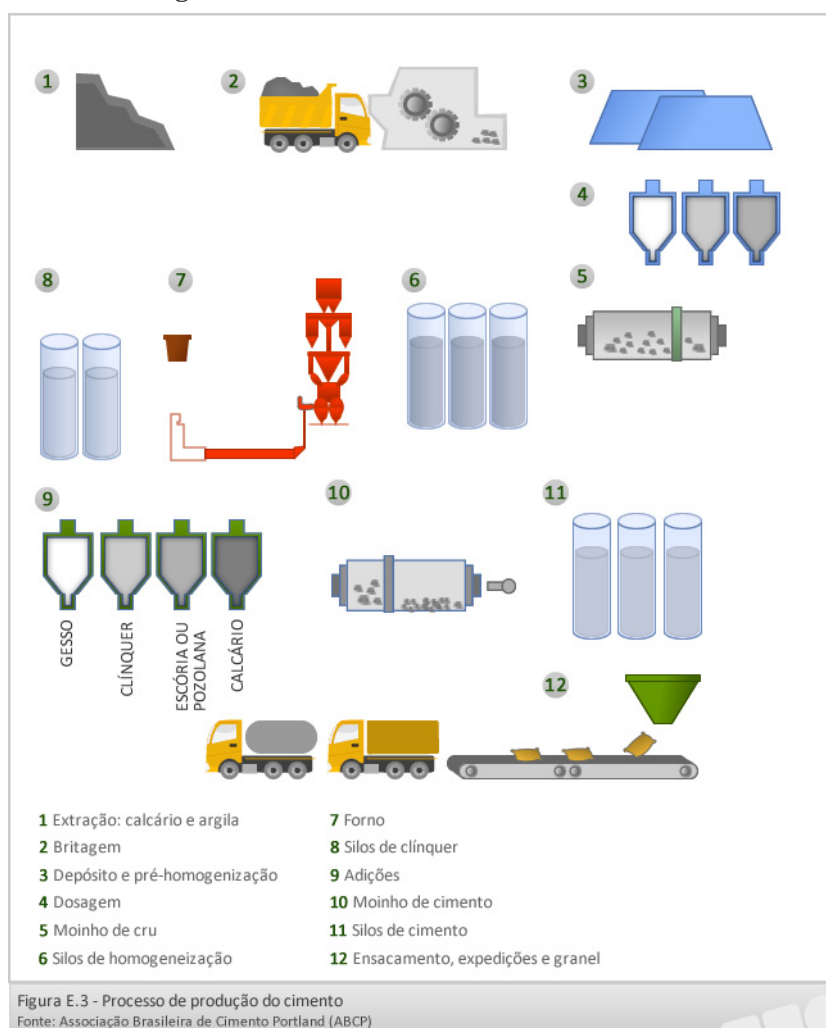
De acordo com a ABCP (2011) o processo de fabricação do cimento passa pelas seguintes etapas: extração, britagem e depósito das rochas, mistura das matérias-primas, homogeneização, queima, res-

friamento, adições e moagem. Como mencionado no início deste texto, o cimento tem como principais matérias-primas a rocha calcária e a argila. Ambos os materiais são extraídos de depósitos naturais chamados jazidas e, no caso da rocha calcária, é necessário realizar um processo de britagem após a extração para reduzir as dimensões do material ao tamanho adequado.

Em seguida, as matérias-primas são armazenadas em local específico de onde são encaminhadas para a dosagem, que consiste em realizar a mistura da rocha calcária e da argila em proporções adequadas. Essa primeira mistura é chamada de farinha crua e é encaminhada a moinhos específicos para a redução do tamanho dos grãos e homogeneização do material. Para aperfeiçoar a mistura de seus componentes, a farinha pode ainda passar por estruturas verticais, chamadas silos de homogeneização que realizam a mistura dos materiais por processos pneumáticos e de gravidade.

A seguir a mistura é encaminhada a fornos rotativos, onde ocorre a queima do material, processo conhecido como clínquerização e realizado a temperaturas da ordem de 1400°C. O resultado desta queima é o *clinker*, que ao sair do forno é encaminhado ao processo de resfriamento.

Como estudaremos mais adiante, o cimento pode ser composto por outros materiais além do *clinker*. Esses materiais, chamados de adições, são produtos geralmente de baixo custo que melhoram algumas propriedades do cimento, além de baratear o custo de produção. Após o resfriamento são feitas as adições necessárias ao *clinker* e essa nova mistura de materiais é encaminhada ao processo de moagem, onde o material é transformado em pó. O cimento resultante da moagem é avaliado segundo alguns critérios de qualidade e após essa avaliação está pronto para a comercialização. Uma ilustração resumida do processo é apresentada na figura E.3.



O processo de produção descrito tem influência sobre algumas propriedades físicas e químicas do cimento que explicam o comportamento do produto quando de sua aplicação. Entre as principais características físicas do cimento está a finura, que corresponde ao tamanho dos grãos ou superfície específica do cimento. Em resumo, a finura é uma propriedade que influencia diretamente a velocidade da reação de hidratação do cimento, pois a hidratação ocorre em função do contato do cimento com a água. Quanto maior a finura, menor será o tamanho do grão do cimento, maior será a superfície exposta e, portanto, maior a velocidade de reação.

Difícil de entender? Vamos imaginar o seguinte: você tem duas caixas do mesmo tamanho e vamos chamá-las de caixa “A” e caixa “B”. A caixa “A” está cheia de bolas com 20 cm de diâmetro e a caixa “B” está cheia de bolas com 10 cm de diâmetro. Se você tivesse que encapar com um plástico cada uma das bolas das duas caixas, em qual caixa você gastaria mais plástico?

Provavelmente você gastaria mais plástico para encapar as bolas da caixa B, pois como o diâmetro delas é menor, há mais bolas na caixa. Dessa forma, apesar do diâmetro ser menor, a área de exposição das bolas que seria recoberta com plástico é maior na caixa “B” do que na caixa “A”. Além disso, na caixa B há menos espaços vazios entre uma bola e outra, o que contribui para aumentar a quantidade de bolas que irão caber na caixa. Da mesma forma acontece com o cimento: quanto menor o tamanho do grão, maior a superfície exposta, pois há mais grãos e menos espaços vazios e quanto maior a superfície exposta, mais rápido a água consegue entrar em contato com cada grão, o que acelera o processo de hidratação do cimento. Ficou mais fácil entender?

Dessa forma, o aumento da finura do cimento também contribui para o aumento da resistência, da trabalhabilidade e da coesão de concretos e, em função da menor quantidade de espaços vazios, aumenta a impermeabilidade de argamassa e concreto e diminui o fenômeno de exsudação.

Mas o que é exsudação?

Você já reparou que depois de algum tempo dentro da fôrma o concreto fica com a superfície brilhante? Isso ocorre porque o concreto é uma mistura de cimento, agregados e água. Esses componentes têm densidades diferentes e por mais que estejam bem misturados existe uma tendência dos materiais mais pesados descenderem e os mais leves subirem. Por essa razão, há no concreto uma movimentação dos grãos de cimento para baixo e afloramento do excesso de água expulso dos espaços ocupados pelo cimento.

Esse fenômeno é chamado de exsudação ou segregação e é extremamente prejudicial ao concreto, pois ao se deslocar à superfície da mistura a água percorre caminhos dentro da pasta que aumentam a permeabilidade da mesma, o que contribui para reduzir a resistência do concreto. Além disso, uma maior concentração de água na superfície deixa a pasta mais diluída, o que também prejudica a resistência. O fenômeno da exsudação pode ser diminuído com o aumento da finura do cimento, pois quanto mais fino é o cimento, menor é o número de espaços vazios, o que dificulta o caminho da água para a superfície do concreto.

Entre as características químicas do cimento a que merece destaque é o calor de hidratação, já mencionado anteriormente. Quando o cimento entra em contato com a água começam as reações de hidratação que liberam calor. Quando as reações diminuem de intensidade, o calor da massa de concreto também diminui e há uma tendência de ocorrer uma contração do volume de concreto, o que pode levar ao aparecimento de trincas quando a variação de temperatura for muito grande.

Determinados componentes do cimento, como o C₃A possuem calor de hidratação mais elevado que

outros e cimentos com grandes proporções desse componente tendem a desprender mais calor em seus processos de hidratação.

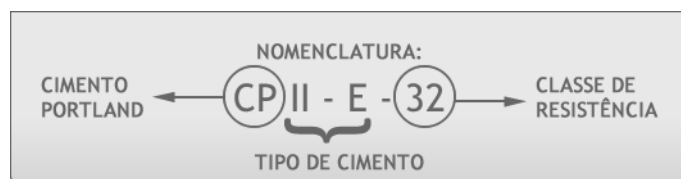
Outra característica importante do cimento é sua resistência aos agentes agressivos. Águas puras, ácidas, salgadas e provenientes de resíduos industriais podem atacar o cimento hidratado por dissolução da cal existente e após, os silicatos e aluminatos. Segundo Oliveira (2008) a resistência do cimento a agentes agressivos pode ser estimada pelo índice de Vicat, calculado pela relação entre a soma das proporções de sílica e alumina dividida pela proporção de cal presente na composição do cimento. Quando o resultado é inferior a 1, o cimento é rico em cal e mais suscetível ao ataque de agentes agressivos. Quando o índice é superior a 1, o material é pobre em cal e mais resistente aos meios agressivos.

Portanto, quanto maior a proporção de produtos calcários na composição do cimento mais suscetível ao ataque de agentes agressivos será o produto. Dessa forma, cimentos contendo adições têm maior probabilidade de resistir à ação de águas agressivas.

Entre as adições mais utilizadas na fabricação do cimento estão:

- **Escória de alto forno:** é um produto resultante da fabricação de ferro gusa que se forma pela fusão das impurezas contidas no minério de ferro dentro dos altos-fornos, juntamente com a adição de fundentes (calcário e dolomita) e as cinzas do coque (combustível usado na fusão). O resultado é um produto de natureza granular que finamente moído adquire propriedades cimentantes e quando adicionado ao cimento contribui na redução do calor de hidratação, da exsudação e da segregação em concretos.
- **Pozolanas:** são materiais que sozinhos não possuem a propriedade de aglomerar outros materiais entre si, mas quando misturados a outro aglomerante e na presença de umidade reagem, formando compostos com propriedades cimentantes. Como exemplos de pozolanas, podemos citar as cinzas vulcânicas, algumas rochas ígneas, argilas calcinadas, cinzas volantes, entre outras. O emprego das pozolanas como adição do cimento melhora a trabalhabilidade e resistência do concreto, além de aumentar a durabilidade e diminuir a vulnerabilidade aos meios agressivos, como ambientes marítimos e expostos a sulfatos.

Na maioria dos casos o cimento é comercializado em sacos de papel contendo 50 kg de material ou a granel. De acordo com as adições e com a resistência à compressão mínima que atinge em 28 dias, o cimento recebe uma nomenclatura composta das seguintes partes:



O tipo de cimento é representado por números romanos seguidos ou não de letras, de acordo com a composição. Um mesmo tipo de cimento pode ter diferentes classes de resistência, representada por um número correspondente à resistência em megapascais (Mpa), obtida em ensaio específico. Segundo Oliveira (2008) o ensaio para determinar a classe de resistência do cimento é descrito em detalhes na NBR 7215 e de forma resumida consiste em moldar amostras (também chamadas de corpos-de-prova) de uma argamassa composta por 1 medida do cimento a ser analisado e 3 medidas de areia.

As amostras são mantidas em condições adequadas e ensaiadas em idades de 1, 3, 7 e 28 dias. Os resultados mínimos de resistência devem ser de 8 Mpa na idade de 3 dias, 15 Mpa na idade de 7 dias e 25 Mpa na idade de 28 dias. A resistência mínima aos 28 dias é a classe de resistência do cimento.

Quanto à composição e classe de resistência, o cimento pode ser dividido em diferentes tipos, conforme

é apresentado a seguir:

Cimento Tipo I (CP I):

Também chamado de Cimento Portland comum. É composto em sua maior parte por clinker, contendo uma pequena adição de gesso (aproximadamente 5%) que age como retardador da pega. A NBR 5732 é a norma que trata deste tipo de cimento e estabelece 3 classes de resistência para o mesmo: 25 Mpa, 32 Mpa e 40 Mpa. Este tipo de cimento também pode receber adição de pequena quantidade de material pozolânico (1 – 5%), recebendo a denominação de CP I-S. É indicado para construções que não necessitem de condições especiais e não apresentem exposição a agentes agressivos, como águas subterrâneas, esgotos, água do mar e presença de sulfatos. Por utilizar muito clinker seu custo de produção é elevado e por isso é pouco fabricado.

Cimento Tipo II (CP II):

Recebe a adição de materiais de baixo custo o que confere propriedades especiais ao cimento. A norma que trata deste tipo de cimento é NBR 11578 e as classes de resistência em que o mesmo pode ser fabricado são 25 Mpa, 32 Mpa e 40 Mpa. As adições e aplicações recomendadas para cada tipo desse cimento são apresentadas na tabela abaixo:

TIPO DE CIMENTO	ADIÇÃO	USOS RECOMENDADOS
CP II – E	Adição de escória granulada de alto-forno em proporções que variam de 6 a 34% e que confere baixo calor de hidratação ao cimento.	Estruturas que exijam um desprendimento de calor moderadamente lento e que possam ser atacadas por sulfatos.
CP II – Z	Adição de material pozolânico em proporções que variam de 6 a 14% o que confere menor permeabilidade à pasta onde são aplicados.	Obras subterrâneas, marítimas e com presença de água, pré-moldados, concreto protendido.
CP II – F	Adição de material carbonático (também chamado de fíler) em proporções que variam de 6 a 10%	Obras de concreto armado, argamassa de assentamento e revestimento, pisos e pavimentos, todos em meio não-agressivo.

Tabela 1: Adições e aplicações do cimento

Fonte: NBR 11578

Cimento Tipo III (CP III):

Também chamado de Cimento Portland de alto-forno, caracteriza-se por conter adição de escória em teores que variam de 35% a 70%. Este tipo de cimento confere baixo calor de hidratação, maior impermeabilidade e durabilidade e maior resistência a sulfatos às misturas onde é empregado. Recomendado para obras de grande porte e sujeitas a condições de alta agressividade (barragens, fundações, tubos para condução de líquidos agressivos, esgotos e efluentes industriais, concretos com agregados reativos, obras submersas, pavimentação de estradas, pistas de aeroportos). Por ser recomendado para obras de grande porte e onde haverá grande consumo é frequentemente comercializado à granel (não em sacos) e sob encomenda. A norma que trata deste cimento é a NBR 5735, a qual estabelece 3 classes de resistência para este tipo de cimento: 25 Mpa, 32 Mpa e 40 Mpa.

Cimento Tipo IV (CP IV):

Também chamado de Cimento Portland pozolânico, possui adição de pozolana em teores que variam de 15% a 50%, que conferem alta impermeabilidade e durabilidade às misturas em que são empregados. É recomendado para obras expostas à ação de águas correntes e ambientes agressivos. Em longo prazo, eleva a resistência mecânica de concretos, quando os mesmos são comparados a concretos similares feitos com cimento comum. É fabricado nas classes de resistência de 25 Mpa e 32 Mpa, de acordo com a NBR 5736.

Cimento Tipo V (CP V - ARI):

Este tipo de cimento confere alta resistência inicial nas primeiras idades dos concretos onde é aplicado. O cimento tipo ARI ou alta resistência inicial, não possui nenhuma adição especial. A capacidade de desenvolver a resistência mais rápido que os demais cimentos é resultado do processo de fabricação diferenciado, principalmente quanto à composição do clinker, que possui um percentual diferenciado de argila, e à moagem do material, que é mais fina quando comparada aos demais cimentos. Como consequência, a hidratação ocorre de maneira mais rápida. É indicado para obras em que seja necessária a desforma rápida do concreto, na confecção de elementos pré-moldados, blocos, postes, tubos, entre outros. A norma que trata deste tipo de cimento é a NBR 5733, que estabelece a resistência mínima para ensaios específicos com este tipo de cimento, conforme tabela abaixo:

Idade	Resistência Mínima
1 dia	14 MPa
3 dias	24 MPa
7 dias	34 MPa

Tabela 2: Resistência mínima para ensaios específicos

Fonte: NBR 5733

Cimento Resistente a Sulfatos (RS):

De acordo com a ABCP, qualquer dos cimentos já estudados pode ser resistente a sulfatos, desde que se enquadre em alguns requisitos como teor do componente químico C3A do clinker inferior a 8% e teor de adições carbonáticas de no máximo 5%. Os cimentos do tipo alto-forno também podem ser resistentes a sulfatos quando contiverem entre 60% e 70% de escória granulada de alto-forno, em massa. Os cimentos do tipo pozolânico que contiverem entre 25% e 40% de material pozolânico em massa também apresentam comportamento satisfatório quando expostos à ação de águas sulfatadas. O cimento resistente a sulfatos é recomendado para uso em redes de esgotos de águas servidas ou industriais, água do mar e em alguns tipos de solos, ambientes onde este agente agressivo pode estar presente.

Cimento Aluminoso:

Resulta do cozimento de uma mistura de bauxita e calcário. De acordo com Oliveira (2008) este tipo de cimento possui pega lenta, porém, alcança altas resistências em pouco tempo (31,5 Mpa em 2 dias; 40 Mpa em 28 dias). A reação de hidratação é intensa e desenvolve grandes quantidades de calor. Sua principal utilização é como cimento refratário, resistindo a temperaturas superiores a 1.200°C, podendo chegar a 1.400°C em misturas com agregados convenientemente escolhidos. Não é fabricado no Brasil.

Cimento Branco (CPB):

Possui coloração branca em função das matérias-primas utilizadas na sua fabricação (caulim no lugar da argila), que possuem baixos teores de óxido de ferro e manganês. Além disso, são observadas condições especiais durante o processo de fabricação. O cimento branco pode ser do tipo estrutural ou não-estrutural. O CPB estrutural é utilizado em concretos brancos para fins arquitetônicos e é fabricado nas classes de resistência 25 MPa, 32 MPa e 40 MPa. O CPB não estrutural é utilizado para rejuntamento de azulejos e aplicações não estruturais. Em ambos os casos, o cimento pode ser associado a pigmentos, o que resulta nos concretos coloridos.

Atenção

Independente do tipo, na compra e no armazenamento do cimento devem ser observados alguns cuidados especiais. O cimento é um aglomerante hidráulico que reage quando exposto à umidade, independente da quantidade de água que estiver disponível no ambiente. Dessa forma, para evitar o contato do cimento com a água antes do uso, o material deve ser estocado em local seco, coberto e fechado, protegido da chuva, afastado do chão, do piso e das paredes externas ou úmidas, longe de qualquer contato com a água ou umidade. Os sacos devem ser estocados em pilhas apoiadas sobre tablados de madeira, montados a pelo menos 30 cm do chão ou do piso. As pilhas não devem conter mais do que 10 sacos. Além disso, recomenda-se que o cimento não fique estocado por mais de 3 meses, a contar de sua data de fabricação.

Na hora da compra deve-se ter o cuidado de escolher o material mais adequado a cada uso, conforme o tipo do cimento. Além disso, deve-se observar a data de fabricação, as condições da embalagem (se a mesma não está rasgada ou violada) e se o material não apresenta sinais de empedramento.

Cal hidráulica

A cal hidráulica é um aglomerante cujo processo de fabricação é muito semelhante ao da cal aérea, ou seja, o material é obtido a partir da calcinação de uma rocha calcária. A diferença é o material de origem: uma rocha calcária que, natural ou artificialmente, contenha uma maior proporção de materiais argilosos.

Assim como a cal aérea, a cal hidráulica, depois de calcinada, deve passar pelo processo de extinção. Esse processo deve ser conduzido de maneira adequada, pois assim como estudaremos nos cimentos, a cal hidráulica possui silicatos em sua composição. Dessa forma, a água adicionada deve ser suficiente para promover a extinção do material sem, no entanto, provocar a hidratação precoce dos silicatos.

De acordo com Petrucci (1975), ao ser utilizada como aglomerante e misturada com água, a cal hidráulica processa seu endurecimento através de dois tipos de reação. O hidróxido de cálcio livre combina-se com o CO₂ do ar e os compostos de cal e argila hidratam-se formando produtos resistentes à água, os quais justificam o fato do material ser classificado como aglomerante hidráulico.

Apesar disso, Oliveira (2008) afirma que a cal hidráulica não é um produto adequado para construções sob a água, pois sua pega é muito lenta. Dessa forma, o produto é mais adequado a usos de menor agressividade, como na construção de alvenarias.

Outros aglomerantes

Alguns autores classificam os asfaltos como aglomerantes. Vamos falar desses materiais de maneira resumida, pois a grande maioria das aplicações que necessitam de aglomerantes faz uso dos tipos minerais, como o gesso, a cal e o cimento.

Oliveira (2008) define os asfaltos como produtos resultantes de matéria hidrocarbonada, de cor preta, presente em petróleos crus, nos quais se encontra dissolvido por óleos solventes. Quando esses óleos são removidos do petróleo cru obtém-se o asfalto. Segundo o mesmo autor, os asfaltos caracterizam-se por serem aglomerantes de forte ligação, rapidamente adesivos, altamente impermeáveis e de longa durabilidade. São utilizados principalmente em obras de pavimentação e de impermeabilização, entre outras aplicações.

Segundo Oliveira (2008), os asfaltos podem ser classificados em 3 tipos, sendo cada tipo caracterizado da seguinte maneira:

- **Cimentos Asfálticos:** são obtidos a partir dos materiais residuais da destilação do petróleo, compostos por asfalto e óleo. Sua consistência varia de firme a dura em temperaturas normais, devendo ser aquecidos para se tornarem aplicáveis na forma de fluido. São classificados segundo a resistência que oferecem à penetração, determinada em ensaio específico.
- **Asfaltos líquidos:** são obtidos pela mistura de cimentos asfálticos com óleos (asfaltos de cura lenta - SC) e solventes (cura média - MC ou rápida - RC) e são aquecidos em temperaturas inferiores às do cimento asfáltico para o uso. São produzidos em diversas variedades e recebem a nomenclatura em função da cura (SC, MC ou RC) e da consistência (0- mais mole a 5- mais firmes).
- **Emulsões asfálticas:** são misturas líquidas e homogêneas de cimento asfáltico, emulsionantes e água, com a proporção de água variando de 30 a 45%, apresentando-se em colorações que variam do marrom-claro ao marrom escuro. De acordo com Silva (1985) as emulsões são classificadas de acordo com a rapidez em que ocorre a perda de água, também chamada de quebra ou ruptura.

Síntese

TIPO DE CIMENTO PORTLAND	SIGLA	COMPOSIÇÃO (% EM MASSA)				NORMA BRASILEIRA
		Clinker + gesso	Escória de alto-forno	Material Pozolânico	Material	
COMUM	CP I CP I - S	100 99 - 95	- 1 - 5			NBR 5732
COMPOSTO	CP II - E CP II - Z CP II - F	94 - 56 94 - 76 94 - 90	6 - 34 - -	- 6 - 14 -	0 - 10 0 - 10 6 - 10	NBR 11578
ALTO - FORNO	CP III	65 - 25	35 - 70	-	0 - 5	NBR 5735
POZOLÂNICO	CP IV	85 - 45	-	15 - 50	0 - 5	NBR 5736
ALTA RESISTÊNCIA INICIAL	CP V - ARI	100 - 95	-	-	0 - 5	NBR 5733

BRANCO ESTRUTU- RAL	CPB - 25 CBP - 32 CBP - 40	100 - 75	-	-	0 - 25	NBR 12989
BRANCO NÃO-ES- TRUTURAL	CPB	74 - 50	-	-	26 - 50	

Tabela 3: Tipos de cimento Portland e suas características

Fonte: do autor

Sites interessantes

<http://www.abcp.org.br/>

<http://www.cimento.org/>

<http://www.cimentoitambe.com.br/cimentos/>

<http://www.votorantim-cimentos.com.br/hotsites/cimento/base.htm>

Referências

FIGURA E.3. Adaptado de Associação Brasileira de Cimento Portland . Disponível em: <<http://abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/fabricacao/fabricacao>>

Associação Brasileira de Cimento Portland. **Fabricação do cimento.** Disponível em <<http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/fabricacao/fabricacao>>. Acesso em: 26 jul. 2011.

Associação Brasileira de Cimento Portland. **Tipos de cimento.** Disponível em < <http://www.abcp.org.br/conteudo/basico-sobre-cimento/tipos/a-versatilidade-do-cimento-brasileiro>>. Acesso em: 28 jul. 2011.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5732: Cimento Portland comum.** Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5733: Cimento Portland de alta resistência inicial.** Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5735: Cimento Portland de alto-forno.** Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 5736: Cimento Portland pozolânico.** Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 7215: Cimento Portland – determinação da resistência à compressão.** Rio de Janeiro: 1996.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 11578: Cimento Portland composto – especificação.** Rio de Janeiro: 1991.

Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12989: Cimento Portland branco - especificação.** Rio de Janeiro: 1993.

OLIVEIRA. H.M. Aglomerantes. In: BAUER, L.F.A (Org). **Materiais de Construção I. 5 ed.** Rio de Janeiro: LTC, 2008. p. 11 – 34.

OLIVEIRA. H.M. Cimento Portland. In: BAUER, L.F.A (Org). **Materiais de Construção I. 5 ed.** Rio de Janeiro: LTC, 2008. p. 35 – 62.

PETRUCCI, E. G. R. **Materiais de Construção.** Porto Alegre: Globo, 1975.

SILVA, Moema Ribas. **Materiais de Construção.** São Paulo: PINI, 1985.

ATIVIDADE

Exercícios sobre cimentos

Baseado nas características e classificação dos cimentos que você estudou, indique qual o tipo de cimento mais adequado para ser utilizado em cada uma das situações descritas a seguir:

1. Imagine que a obra na qual você está trabalhando está atrasada e você precisa acelerar a execução das estruturas de concreto. O uso de qual tipo de cimento seria o mais adequado nessa situação?

- a. CP II – E
- b. CP III
- c. CP IV
- d. CP V – ARI

2. Uma indústria precisa construir um canal para levar seus despejos até uma estação de tratamento de esgoto. Depois de um estudo, concluiu-se que a solução mais viável é utilizar concreto para construir esse canal. O comércio local dispõe dos seguintes tipos de cimento:

(I) CP II – F

(II) CP III – RS

(III) CP IV

(IV) CP V – ARI – RS

O(s) cimento(s) mais adequado(s) para a situação descrita corresponde(m) ao (s) item(ns)

- a. IV.
- b. I e II.
- c. I e III.
- d. II e IV.

3. Você precisa construir uma estrutura onde será usado um grande volume de concreto e no qual não podem ocorrer trincas e fissuras que prejudiquem sua durabilidade. Sabe-se que uma característica que pode ocasionar fissuras no concreto é o calor de hidratação liberado durante as reações de hidratação do cimento. Para evitar que o concreto fissure devido ao calor de hidratação, o tipo de cimento mais adequado a ser utilizado nessa estrutura é o

- a. CP III.
- b. CP IV.
- c. CP V – ARI.
- d. CP V – ARI – RS.

4. A argamassa armada é uma técnica de revestimento normalmente executado em mais de uma camada. Para garantir a estabilidade do revestimento, a argamassa é reforçada por telas metálicas. O ideal é que este tipo de revestimento seja executado com um cimento que desenvolva uma resistência maior nas primeiras

idades, fator que garantirá a aderência necessária. O tipo mais adequado de cimento a ser utilizado nessa situação é o

- a. CP I.
- b. CP IV.
- c. CP V.
- d. CPB.

5. Você está trabalhando em uma obra onde a argamassa de assentamento e revestimento de alvenaria é feita em obra. A construção é pequena e não possui nenhum fator de risco que possa comprometer sua estabilidade. Dos cimentos abaixo, qual você não recomendaria para esta obra?

- a. CP II – Z
- b. CP II – E
- c. CP V - ARI
- d. CP IV

6. Os concretos coloridos são obtidos pela adição de pigmentos na mistura e possibilitam efeitos estéticos diferenciados na confecção das estruturas de concreto. Entre os cimentos disponíveis no mercado, o mais adequado à produção de concretos coloridos é o

- a. Cimento aluminoso.
- b. CPB.
- c. CPI.
- d. CP IV.

7. Por muito tempo, o concreto foi utilizado principalmente em aplicações de função estrutural nas edificações. Com o passar do tempo, em função da versatilidade do material, o concreto ganhou espaço em diversas outras aplicações. O concreto leve, por exemplo, é uma mistura que utiliza agregados leves na sua composição, o que diminui muito o peso do material por metro cúbico e garante boas características de isolamento térmico e acústico. Por serem utilizados como material de enchimento e em divisórias leves, esses concretos necessitam de cimentos com desempenho mais econômico, pois não terão função estrutural. Entre os cimentos abaixo, o MENOS adequado à aplicação descrita é o

- a. CP V.
- b. CP IV.
- c. CP II – E.
- d. CP II – F.

8. Em uma fábrica de tubos de concreto para esgoto, a escolha do cimento a ser utilizado deve proporcionar a rapidez de produção e resultar num material que atenda aos requisitos de qualidade no momento de sua aplicação. Com base nos dois critérios citados, o cimento mais adequado é o

- a. CP III – RS.
- b. CP IV.
- c. CP V – ARI.
- d. CP V – ARI – RS.

9. Para a confecção de argamassa de rejuntamento de azulejos e ladrilhos, o cimento mais adequado é o

- e. CPB não-estrutural.
- a. Cimento Aluminoso.
- b. CPB estrutural.
- c. Cimento resistente a sulfatos.

10. Quando uma estrutura de concreto está submetida à ação de águas correntes, a impermeabilidade do material é um fator muito importante para garantir seu bom desempenho. Cimentos que contêm adição

de pozolanas ajudam na obtenção de concretos com menor permeabilidade. Entre os cimentos com esta característica estão os seguintes:

- a. CP II – F e CP – V.
- b. CP II – Z e CP IV.
- c. CP III – RS e CP IV.
- d. CP I – S e CP III.