

## **PREFÁCIO**

## **INTRODUÇÃO**

### **1 LIGANTES HIDRÁULICOS**

*Carla Costa*

- 1.1 Introdução
  - 1.2 História dos ligantes hidráulicos
  - 1.3 Contextualização da indústria dos ligantes hidráulicos
  - 1.4 Cimentos correntes
    - 1.4.1 Cimento Portland
    - 1.4.2 Cimentos compostos
  - 1.5 Outras famílias de ligantes hidráulicos
    - 1.5.1 Cais hidráulicas
    - 1.5.2 «Cimentos Portland especiais»
    - 1.5.3 Cimentos aluminosos
    - 1.5.4 Cimentos sulfoaluminosos
    - 1.5.5 Cimentos obtidos por activação alcalina
  - 1.6 Considerações finais
- Referências  
Anexo I

### **2 REBOCOS**

*Inês Flores-Colen, Jorge de Brito*

- 2.1 Introdução histórica
  - 2.2 Classificação de argamassas
    - 2.2.1 Classificação funcional
    - 2.2.2 Classificação segundo o tipo de ligante
    - 2.2.3 Classificação segundo as propriedades e/ou utilização
    - 2.2.4 Classificação segundo o local de produção
    - 2.2.5 Nomenclatura simplificada adoptada neste capítulo
  - 2.3 Exigências funcionais e parâmetros de desempenho
    - 2.3.1 Exigências funcionais
    - 2.3.2 Especificação prescritiva/formulação exigencial
    - 2.3.3 Parâmetros de desempenho e métodos de ensaio
  - 2.4 Concepção e execução
    - 2.4.1 Materiais constituintes
    - 2.4.2 Aspectos gerais de concepção e execução das argamassas de reboco
    - 2.4.3 Camadas constituintes dos rebocos
    - 2.4.4 Tecnologia de fabrico, preparação e aplicação
    - 2.4.5 Tipos de acabamentos
  - 2.5 Patologia e diagnóstico
    - 2.5.1 Caracterização geral da patologia
    - 2.5.2 Anomalias mais comuns em rebocos e causas mais prováveis
    - 2.5.3 Classificação das técnicas de diagnóstico
  - 2.6 Manutenção e reabilitação
    - 2.6.1 Estratégias de manutenção
    - 2.6.2 Classificação das técnicas de manutenção/reparação
    - 2.6.3 Intervenções em rebocos para edifícios antigos
  - 2.7 Normalização
- Referências

### **3 ESTUQUES**

*Jorge de Brito, Inês Flores-Colen*

- 3.1 Introdução histórica
- 3.2 Classificação dos estuques
- 3.3 Exigências funcionais e parâmetros de desempenho
  - 3.3.1 Revestimentos com base no gesso
  - 3.3.2 Revestimentos com base em ligantes sintéticos
- 3.4 Conceção e execução
  - 3.4.1 Materiais constituintes
  - 3.4.2 Estuques tradicionais
  - 3.4.3 Estuques não tradicionais
- 3.5 Patologia e diagnóstico
  - 3.5.1 Classificação das anomalias
  - 3.5.2 Classificação das causas associadas às anomalias
  - 3.5.3 Classificação das técnicas de diagnóstico
- 3.6 Manutenção e reabilitação
  - 3.6.1 Estratégias de manutenção
  - 3.6.2 Classificação das técnicas de manutenção/reparação
- 3.7 Normalização
- Referências

### **4 BETÃO**

*Manuel Vieira*

- 4.1 Betões de ligantes hidráulicos
  - 4.1.1 Introdução
  - 4.1.2 Resenha histórica
  - 4.1.3 Enquadramento normativo
  - 4.1.4 Constituintes
  - 4.1.5 O betão e a sua diversidade
- 4.2 Propriedades do betão
  - 4.2.1 Comportamento no estado fresco
  - 4.2.2 Propriedades no estado endurecido
  - 4.2.3 Durabilidade do betão
- 4.3 Produção, aplicação e controlo
  - 4.3.1 Especificar o betão
  - 4.3.2 Métodos de estudo da composição
  - 4.3.3 Operações da betonagem
  - 4.3.4 Controlo e verificação da conformidade
  - 4.3.5 Defeitos do betão associados à betonagem
- 4.4 O betão e a sustentabilidade
- 4.5 Considerações finais
- Referências

### **5 LIGANTES E MATERIAIS BETUMINOSOS**

*José Neves, António Correia Diogo*

- 5.1 Introdução
- 5.2 Ligantes betuminosos
  - 5.2.1 Estrutura e propriedades
  - 5.2.2 Betumes
  - 5.2.3 Emulsões betuminosas
- 5.3 Sistemas de impermeabilização
- 5.4 Materiais de pavimentação

- 5.4.1 Estrutura das misturas betuminosas
  - 5.4.2 Propriedades das misturas betuminosas
  - 5.4.3 Produtos e aplicações
  - 5.4.4 Produtos e aplicações especiais
  - 5.4.5 Conservação, reabilitação e reciclagem
- Referências  
Apêndice

## **6 AÇOS**

*Rogério Colaço*

- 6.1 Introdução
  - 6.2 A estrutura cristalina do ferro
  - 6.3 Propriedades mecânicas
    - 6.3.1 Deformação elástica
    - 6.3.2 Deformação plástica
    - 6.3.3 Tenacidade, fractura dúctil e fractura frágil
    - 6.3.4 Efeito da temperatura
    - 6.3.5 Variabilidade das propriedades mecânicas
  - 6.4 Efeito dos elementos de liga
    - 6.4.1 O carbono
    - 6.4.2 Outros elementos de liga
  - 6.5 Microestrutura
  - 6.6 Optimização das propriedades mecânicas
    - 6.6.1 Encruamento
    - 6.6.2 Tratamentos térmicos
  - 6.7. Construção soldada
  - 6.8 Principais tipos de aço utilizados em engenharia civil: campos de aplicação e propriedades
    - 6.8.1 Aços estruturais Fe-C
    - 6.8.2 Aços microligados de elevada resistência
    - 6.8.3 Aços de liga temperados e revenidos
    - 6.8.4 Aços inoxidáveis para construção soldada
    - 6.8.5 Resumo de propriedades
  - 6.9 Normas portuguesas
  - 6.10 Conclusão
- Referências

## **7 CERÂMICOS**

*Joaquim Valente de Almeida*

- 7.1. Introdução
- 7.2 Tijolos cerâmicos
  - 7.2.1 Processo de fabrico
  - 7.2.2 Normalização aplicável (especificação e ensaios)
  - 7.2.3 Marcação CE
  - 7.2.4 Patologias de tijolos cerâmicos
- 7.3 Telhas cerâmicas
  - 7.3.1 Processo de fabrico
  - 7.3.2 Normalização aplicável (especificação e ensaios)
  - 7.3.3 Marcação CE
  - 7.3.4 Patologias de telhas cerâmicas
- 7.4 Revestimentos e pavimentos cerâmicos
  - 7.4.1 Processo de fabrico

- 7.4.2 Normalização aplicável (especificação e ensaios)
- 7.4.3 Marcação CE
- 7.4.4 Patologias de ladrilhos cerâmicos
- 7.5 Valorização de resíduos cerâmicos
- Referências

## 8 VIDROS

*M. Clara Gonçalves*

- 8.1 O vidro na construção civil e na arquitectura. Breve história
- 8.2 Composição e estrutura do vidro
  - 8.2.1 O que é o vidro
  - 8.2.2 Matérias-primas
- 8.3 Tecnologia de fabrico do vidro
  - 8.3.1 Fusão, homogeneização e afinagem do vidro
  - 8.3.2 Técnicas de enformação do vidro plano
  - 8.3.3 Recozimento
  - 8.3.4 Fluxograma do processo de fabrico de vidro *float*
- 8.4 Propriedades do vidro
  - 8.4.1 Propriedades ópticas
  - 8.4.2 Propriedades mecânicas
  - 8.4.3 Propriedades térmicas
- 8.5 Corrosão
  - 8.5.1 Ataque químico (*etching*)
  - 8.5.2 Lixiviação
- 8.6 Reciclabilidade. Ciclo de vida
- 8.7 Conservação, durabilidade, limpeza
  - 8.7.1 Condensação
  - 8.7.2 Manuseamento e armazenagem
  - 8.7.3 Limpeza
- 8.8 Principais tipos de vidro usados em arquitectura e engenharia civil
  - 8.8.1 Vidro comum (*clear float glass*)
  - 8.8.2 Vidro decorado
  - 8.8.3 Vidro revestido
  - 8.8.4 Vidro de auto-limpeza
  - 8.8.5 Vidro de segurança
  - 8.8.6 Vidro duplo
- Referências

## 9 ROCHAS ORNAMENTAIS

*Pedro Amaral, Jorge C. Fernandes, Vera Pires, Luis Guerra Rosa*

- 9.1 Introdução
- 9.2 Estrutura dos materiais de pedra
  - 9.2.1 Granitos
  - 9.2.2 Mármore
  - 9.2.3 Ardósias e outras rochas xistentas
- 9.3 Propriedades físicas e mecânicas — especificações, normas e regulamentação
  - 9.3.1 Aplicação da Marcação CE em produtos de pedra natural
  - 9.3.2 Garantia dos produtos de pedra natural — a via da certificação
  - 9.3.3 Determinação de propriedades físicas
  - 9.3.4 Determinação de propriedades mecânicas
  - 9.3.5 Avaliação da durabilidade de rochas ornamentais

- 9.3.6 Propriedades típicas das rochas ornamentais
- 9.4 Produtos e aplicações de pedra
  - 9.4.1 Pavimentos exteriores (ladrilhos, lajes, cubos e guias para chão e escadas)
  - 9.4.2 Revestimentos (exteriores e interiores)
  - 9.4.3 Pavimentos interiores (chão e escadas)
  - 9.4.4 Revestimentos para telhados (coberturas de ardósia ou xisto)
  - 9.4.5 Produtos especiais
  - 9.4.6 Requisitos para os produtos, face a uma dada aplicação
- 9.5 Métodos de colocação e fixação dos produtos de pedra
  - 9.5.1 Fixação directa de produtos de pedra natural
  - 9.5.2 Fixação indirecta de produtos de pedra natural
- 9.6 Conservação, durabilidade, limpeza
- 9.7 Ciclo de vida
- Referências

## **10 MATERIAIS POLIMÉRICOS**

*António Correia Diogo*

- 10.1 Introdução
- 10.2 Estrutura dos polímeros
- 10.3 Classes de materiais poliméricos
- 10.4 Os polímeros e a construção
- 10.5 Propriedades de polímeros seleccionados
- 10.6 Ensaaios de caracterização
  - 10.6.1 Ensaaios físicos
  - 10.6.2 Ensaaios químicos e físico-químicos
- Referências
- Apêndice: A casa dos três litros

## **11 COMPÓSITOS DE MATRIZ POLIMÉRICA**

*João Ramôa Correia*

- 11.1 Introdução
- 11.2 A utilização de materiais compósitos ao longo da história
- 11.3 Propriedades gerais dos materiais FRP
  - 11.3.1 Materiais constituintes
  - 11.3.2 Filosofia no desenvolvimento de materiais FRP
  - 11.3.3 Processos de fabrico
  - 11.3.4 Campo de aplicação de materiais FRP na construção
  - 11.3.5 Durabilidade de materiais FRP
  - 11.3.6 Sustentabilidade de materiais FRP
  - 11.3.7 Comportamento de materiais FRP em situação de incêndio
- 11.4 Perfis pultrudidos de GFRP
  - 11.4.1 Formas estruturais dos perfis de GFRP
  - 11.4.2 Propriedades típicas dos perfis de GFRP
  - 11.4.3 Vantagens e dificuldades na utilização dos perfis de GFRP
  - 11.4.4 Campo de aplicação dos perfis de GFRP
  - 11.4.5 Ligações
  - 11.4.6 Regulamentação
- 11.5 Varões de FRP
  - 11.5.1 Geometrias dos varões de FRP
  - 11.5.2 Propriedades típicas dos varões de FRP
  - 11.5.3 Vantagens e desvantagens dos varões de FRP

- 11.5.4 Campo de aplicação dos varões de FRP
- 11.5.5 Regulamentação
- 11.6 Sistemas FRP para reparação e reforço estrutural
  - 11.6.1 Geometrias dos sistemas FRP para reparação e reforço estrutural
  - 11.6.2 Propriedades típicas dos sistemas FRP para reparação e reforço estrutural
  - 11.6.3 Vantagens e dificuldades na utilização dos SISTEMAS FRP para reparação e reforço estrutural
  - 11.6.4 Campo de aplicação dos sistemas FRP para reparação e reforço estrutural
  - 11.6.5 Processo de aplicação dos sistemas FRP para reparação e reforço estrutural
  - 11.6.6 Regulamentação
- Referências

## **12 MADEIRA**

*Helena Cruz, Lina Nunes*

- 12.1 Introdução
- 12.2 O que é a madeira
  - 12.2.1 Resinosas e Folhosas
  - 12.2.2 Lenho de Primavera e lenho de Outono
  - 12.2.3 Borne e cerne
  - 12.2.4 Anisotropia
  - 12.2.5 Variabilidade da madeira
  - 12.2.6. Defeitos da madeira
- 12.3 Higroscopicidade e teor de água
  - 12.3.1 Humidade da madeira e retracção
  - 12.3.2 Estabilidade dimensional e formação de empenos
  - 12.3.3 Teor de água de equilíbrio
  - 12.3.4 Cuidados a ter na aplicação da madeira
  - 12.3.5 Especificação e verificação do teor de água
- 12.4 Resistência mecânica da madeira
  - 12.4.1 Factores que influenciam a resistência da madeira
  - 12.4.2 Classificação mecânica e classificação visual
  - 12.4.3 Classes de qualidade e classes de resistência
  - 12.4.4 Valores característicos de resistência e valores de cálculo
- 12.5 Degradação da madeira por agentes físicos e químicos
  - 12.5.1 Agentes atmosféricos
  - 12.5.2 Fogo
- 12.6 Degradação da madeira por agentes biológicos
  - 12.6.1 Fungos
  - 12.6.2 Térmitas subterrâneas
  - 12.6.3 Insectos de madeira seca
- 12.7 Conservação e protecção de madeira
- 12.8 Produtos derivados de madeira e suas aplicações
- Referências

## **13 CORTIÇA**

*Luís Gil*

- 13.1 Introdução
  - 13.1.1 O que é a cortiça
  - 13.1.2 Matérias-primas de cortiça

- 13.1.3 Produção de produtos de cortiça para a construção civil
- 13.2 Estrutura e composição da cortiça
  - 13.2.1 Estrutura macroscópica da cortiça
  - 13.2.2 Estrutura microscópica da cortiça
  - 13.2.3 Composição química da cortiça
- 13.3 Produtos de cortiça e suas características físico-mecânicas
  - 13.3.1 Aglomerados de cortiça para revestimentos (pisos e paredes)
  - 13.3.2 Aglomerados de cortiça para isolamentos térmicos e acústicos
  - 13.3.3 Aglomerados de cortiça para isolamentos vibráticos
  - 13.3.4 Aglomerados de cortiça para juntas de dilatação
  - 13.3.5 Granulados e regranulados de cortiça
  - 13.3.6 Normalização de produtos de cortiça para construção civil
- 13.4 Aplicação e conservação de produtos de cortiça
  - 13.4.1 Exemplos de aplicações
  - 13.4.2 Métodos de aplicação e uniões
  - 13.4.3 Conservação e limpeza
- 13.5 Os produtos de cortiça no âmbito da directiva dos produtos de construção
- 13.6 Aspectos ecológicos relacionados com os produtos de cortiça
  - 13.6.1 Reutilização e reciclabilidade
  - 13.6.2 Aspectos ecológicos
- 13.7 Futuros produtos de cortiça para a construção civil
- Referências

## **14 NANOMATERIAIS**

*M. Clara Gonçalves*

- 14.1 O que é a nanotecnologia: breve introdução
- 14.2 Os nanomateriais na arte
- 14.3 Os nanomateriais na natureza
  - 14.3.1 Propriedades mecânicas
  - 14.3.2 Propriedades de adesão
  - 14.3.3 Superhidrofobia
  - 14.3.4 Propriedades ópticas
  - 14.3.5 Auto-reparação
- 14.4 O tamanho conta
  - 14.4.1 Estabilidade, instabilidade e metaestabilidade termodinâmicas
  - 14.4.2 A importância do tamanho
  - 14.4.3 A importância da forma
- 14.5 A motivação para crescer
  - 14.5.1 O parâmetro de rede em nanopartículas
- 14.6 Lei das escalas
- 14.7 Propriedades dependentes do tamanho
- 14.8 Abordagens *top-down* e *bottom-up*
- 14.9 Nanomateriais em engenharia civil: estudo de casos
  - 14.9.1 Materiais de construção tradicionais com aplicação/desempenho melhorado pela presença de nanopartículas
  - 14.9.2 Materiais de construção Eco-Activos (funções despoluente, antibacteriana e de auto-limpeza)
  - 14.9.3 Materiais de Construção com propriedades auto-reparadoras
  - 14.9.4 Materiais de construção com propriedades anti-fúngicas
  - 14.9.5 Materiais de construção com propriedades foto-voltaicas
- 14.10 Nanotecnologia e toxicidade
- 14.11 Conclusão

## Referências

### **15 CORROSÃO: PREVENÇÃO E PROTECÇÃO**

*João Salvador Fernandes, Fátima Montemor*

- 15.1 Introdução
  - 15.1.1 Definição de corrosão
  - 15.1.2 Importância e custos da corrosão
- 15.2 Fundamentos da corrosão
  - 15.2.1 Reacções electroquímicas
  - 15.2.2 Ânodos e cátodos em células de corrosão
  - 15.2.3 Passivação
  - 15.2.4 Diagramas de estabilidade termodinâmica
- 15.3 Tipos de corrosão
  - 15.3.1 Corrosão uniforme
  - 15.3.2 Corrosão galvânica
  - 15.3.3 Corrosão por picadas
  - 15.3.4 Corrosão intersticial
  - 15.3.5 Corrosão filiforme
  - 15.3.6 Corrosão selectiva
  - 15.3.7 Corrosão intergranular
  - 15.3.8 Corrosão sob solicitações mecânicas
  - 15.3.9 Corrosão biológica
  - 15.3.10 Corrosão de polímeros
  - 15.3.11 Corrosão de materiais pétreos
- 15.4 Métodos de protecção anticorrosiva
  - 15.4.1 Selecção de materiais
  - 15.4.2 Projecto
  - 15.4.3 Modificação do meio corrosivo (inibidores de corrosão)
  - 15.4.4 Modificação do potencial do sistema (protecção catódica)
  - 15.4.5 Revestimentos
- 15.5 Corrosão das armaduras do betão armado
  - 15.5.1 O ião cloreto
  - 15.5.2 O dióxido de carbono
  - 15.5.3 Prevenção / remediação

## Referências

### **16 COLAS ESTRUTURAIS**

*João Custódio*

- 16.1 Introdução
  - 16.1.1 Definições fundamentais
  - 16.1.2 Vantagens e desvantagens da utilização de colas estruturais
- 16.2 Colas
  - 16.2.1 Classificação
  - 16.2.2 Propriedades
- 16.3 Adesão
  - 16.3.1 Definição do fenómeno
  - 16.3.2 Teorias explicativas
- 16.4 Ligação colada
  - 16.4.1 Selecção do produto de colagem
  - 16.4.2 Realização do projecto da ligação colada
  - 16.4.3 Preparação das superfícies a colar
  - 16.4.4 Fabrico da junta colada



- 16.4.5 Controlo do processo
- 16.5 Desempenho e durabilidade
  - 16.5.1 Ambiente
  - 16.5.2 Materiais
  - 16.5.3 Acções mecânicas
- 16.6 Avaliação do desempenho e da durabilidade
  - 16.6.1 Ensaios de caracterização química e mecânica de colas
  - 16.6.2 Ensaios de caracterização química e mecânica de ligações coladas
  - 16.6.3 Ensaios de durabilidade
- 16.7 Aplicações
- 16.8 Desenvolvimentos futuros
- 16.9 Normas, regulamentos e outra bibliografia a consultar
  - 16.9.1 Especificação da cola
  - 16.9.2 Dimensionamento de ligações
  - 16.9.3 Preparação das superfícies a colar
  - 16.9.4 Controlo do processo
  - 16.9.5 Desempenho e durabilidade
  - 16.9.6 Aplicações
- Referências

## **17 TINTAS E VERNIZES**

*Alda Simões*

- 17.1 Introdução
- 17.2 As tintas através dos tempos
- 17.3 Composição
  - 17.3.1 Veículo fixo
  - 17.3.2 Componentes voláteis
  - 17.3.3 Pigmentos
  - 17.3.4 Aditivos
  - 17.3.5 Classificação das tintas
- 17.4 Degradação das tintas
  - 17.4.1 Agentes agressivos
  - 17.4.2 Sintomas e mecanismos da degradação
- 17.5 Selecção de Sistemas de Pintura
  - 17.5.1 Alvenaria
  - 17.5.2 Madeira
  - 17.5.3 Ferro e substratos ferrosos
  - 17.5.4 Zinco e galvanizados
  - 17.5.5 Alumínio e ligas leves
- 17.6 Tendências recentes
  - 17.6.1 Tintas de silicato
  - 17.6.2 Tintas baseadas em nanocompósitos
  - 17.6.3 Tintas autolimpantes e fotocatalíticas
- Referências

## **18 RESÍDUOS**

*Fernanda Margarido*

- 18.1 Introdução
- 18.2 A indústria da construção civil
  - 18.2.1 Impacto ambiental da indústria da construção civil
  - 18.2.2 Análise do ciclo de vida da indústria da construção civil
- 18.3 Gestão integrada de resíduos

- 18.3.1 Introdução à problemática dos resíduos
- 18.3.2 Legislação comunitária
- 18.3.3 Legislação nacional
- 18.4 Resíduos de construção e demolição (RCD)
  - 18.4.1 Introdução
  - 18.4.2 Classificação dos resíduos
  - 18.4.3 Caracterização dos RCD
  - 18.4.4 Efeitos ecotoxicológicos dos RCD
- 18.5 Valorização dos RCD
  - 18.5.1 Introdução
  - 18.5.2 Reciclagem dos materiais contidos nos RCD
  - 18.5.3 Centrais de reciclagem
  - 18.5.4 Valorização dos RCD em Portugal
- 18.6 Aplicações dos materiais reciclados
- 18.7 Conclusões
- Referências

## **19 A HOMOLOGAÇÃO DO LNEC E A CERTIFICAÇÃO DE PRODUTOS DE CONSTRUÇÃO**

*Pedro Pontífice*

- 19.1 Breves notas sobre a directiva dos produtos de construção e a marcação CE
  - 19.1.1 Enquadramento geral
  - 19.1.2 Marcação CE
  - 19.1.3 Sistemas de comprovação da conformidade
  - 19.1.4 Exemplo de etiqueta da marcação CE
- 19.2 O novo regulamento dos produtos de construção
- 19.3 A homologação do LNEC
  - 19.3.1 Uma história com cerca de 50 anos
  - 19.3.2 Desenvolvimento de um estudo de homologação
  - 19.3.3 Âmbito da homologação
- 19.4 Os documentos de aplicação do LNEC
- 19.5 A certificação de produtos de construção
- 19.6 Nota final
- Referências

## **GLOSSÁRIO DE TERMOS E CONCEITOS BIOGRAFIAS**