# Madeira Lamelada Cruzada

Jorge M. Branco



engebook

# MADEIRA LAMELADA CRUZADA

AUTOR

**JORGE M. BRANCO**

engebook

AUTOR
**Jorge M. Branco**

TÍTULO
**MADEIRA LAMELADA CRUZADA**

EDIÇÃO
Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
Praça da Corujeira n.º 38 · 4300-144 PORTO
Tel: 220 939 053 · E-mail: geral@quanticaeditora.pt · www.quanticaeditora.pt

CHANCELA
Engebook – Conteúdos de Engenharia

DISTRIBUIÇÃO
Booki – distribuidora e livraria técnica
Tel. 220 104 872 . E-mail: info@booki.pt . www.booki.pt

APOIO
Carpintaria Miguel Batista - www.carpintariambatista.pt
Moodlam - www.moodlam.pt
Carmoform - www.carmoform.com
Nogueira Fernandes - www.nogueirafernandes.pt
Portilame - www.portilame.com
KLH - www.klh.at
Tisem - www.tisem.pt
Woodesign - www.woodesign.pt

PARCEIRO DE COMUNICAÇÃO
Construção Magazine - www.construcaomagazine.pt

DESIGN
Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.

IMPRESSÃO
Novembro, 2026

DEPÓSITO LEGAL
569340/26




A **cópia ilegal** viola os direitos dos autores.
Os prejudicados somos todos nós.

Copyright © 2026 | Todos os direitos reservados à Quântica Editora. Conteúdos Especializados, Lda.
A reprodução desta obra, no todo ou em parte, por fotocópia ou qualquer outro meio, seja eletrónico, mecânico ou outros, sem prévia autorização escrita do Editor e do Autor, é ilícita e passível de procedimento judicial contra o infrator.

Este livro encontra-se em conformidade com o novo Acordo Ortográfico de 1990, respeitando as suas indicações genéricas e assumindo algumas opções especificas.

CDU
624.011.1 - Estruturas de madeira

ISBN
Papel: 9789899305441
E-book: 9789899305458

Catalogação da publicação
Família: Engenharia Civil
Subfamília: Estruturas de Madeira

# ÍNDICE

**PREÂMBULO ..... V**

**Motivação ..... 13**

**Objetivos e organização ..... 15**

**1. Introdução ..... 19**
1.1. Resenha histórica ..... 20

**2. Tecnologia e produção ..... 27**
2.1. Matéria-prima (lamelas) ..... 30
2.2. *Finger-joints* ..... 31
2.3. Produção individual de *layers* ..... 32
2.4. *Layup* do CLT ..... 33
2.5. Colagem ..... 34
2.5.1. Colagem por prensa hidráulica ..... 34
2.5.2. Colagem por vácuo ..... 35
2.5.3. Colagem por pressão de parafusos e pregos ..... 37
2.6. Acabamento, corte e união ..... 37

**3. Propriedades materiais do CLT ..... 41**

**4. Cálculo de elementos de CLT ..... 47**
4.1. Particularidades do CLT ..... 47
4.2. Métodos de análise ..... 49
4.2.1. Forças perpendiculares ao plano ..... 49
4.2.2. Forças no plano ..... 50
4.3. Valores para a rigidez ..... 52
4.3.1. Rigidez à flexão ..... 52
4.3.2. Rigidez axial ..... 52
4.3.3. Rigidez ao corte para painéis carregados no plano ..... 53
4.3.4. Rigidez ao corte para painéis carregados perpendicular ao plano ..... 54
4.3.5. Rigidez à torção ..... 55
4.4. Resistência ao fogo ..... 56
4.5. Verificação aos Estados Limite Últimos ..... 57
4.5.1. Flexão perpendicular ao plano ..... 57
4.5.2. Corte ..... 58
4.5.3. Compressão perpendicular às fibras ..... 60

4.5.4. Compressão no plano do CLT ..... 60
4.5.5. Tração no plano do CLT ..... 61
4.5.6. Corte no plano do CLT ..... 62
4.6. Verificação aos Estados Limite de Serviço ..... 62
4.6.1. Deformações (fora do plano) ..... 62
4.6.2. Vibrações (fora do plano) ..... 63

**5. Comportamento ao sismo ..... 71**
5.1. Avaliação experimental de estruturas de CLT ..... 74
5.1.1. Ensaios em ligações ..... 74
5.1.2. Ensaios em paredes ..... 76
5.1.3. Ensaios de edifícios ..... 77
5.2. Modelação de estruturas de CLT ..... 79
5.2.1. Elementos de CLT ..... 79
5.2.2. Ligações ..... 80

**6. Desafios ..... 85**
6.1. Durabilidade e gestão da humidade em edifícios de CLT ..... 85
6.1.1. A humidade como principal agente de degradação ..... 85
6.1.2. O desafio da água na fase de construção ..... 87
6.1.3. O desafio da água na fase de utilização ..... 90
6.1.4. Estratégias de proteção e boas práticas ..... 92
6.1.5. Vida útil e manutenção ..... 94
6.2. Inovações em CLT ..... 98
6.2.1. Otimização da matéria-prima e diversificação de espécies ..... 98
6.2.2. Inovações geométricas ..... 99
6.2.3. CLT livre de adesivos ..... 100
6.3. Estruturas híbridas ..... 101
6.3.1. Sistemas mistos madeira-betão ..... 102
6.3.2. Sistemas mistos madeira-aço ..... 102
6.3.3. Análise comparativa de desempenho ..... 103
6.3.4. Desafios e perspetivas ..... 104
6.4. Sustentabilidade e análise de ciclo de vida ..... 105
6.4.1. O potencial ambiental do CLT ..... 105
6.4.2. Desafios e controvérsias ..... 105
6.4.3. O papel da vida útil e da manutenção na sustentabilidade ..... 106
6.4.4. Perspetivas futuras ..... 107
6.5. *Design for disassembly* e economia circular ..... 107

6.6. Acústica em edifícios de CLT ..... 109
6.6.1. Soluções construtivas para o desempenho acústico ..... 110
6.6.2. Inovações e novas abordagens ..... 112

**7. Conclusões ..... 117**
7.1. Síntese das principais contribuições ..... 117
7.2. Contribuições para a prática e para o conhecimento ..... 118
7.3. Linhas de investigação futura ..... 119

**Referências ..... 123**

**LISTA DE FIGURAS ..... 133**

**LISTA DE TABELAS ..... 137**

# APOIOS

MOODLAM®

CONSTRUA UM FUTURO SUSTENTÁVEL



Os painéis CLT **MOODLAM®** são o material de construção do futuro. Estes painéis de madeira maciça lamelada colada cruzada, apresentam uma grande estabilidade estrutural.

Oferecem enormes benefícios, quer em durabilidade, conforto térmico, isolamento acústico, segurança sísmica, resistência ao fogo, flexibilidade no design, quer em redução dos tempos de construção, permitindo uma obra limpa e seca.

EOTA

**ETA 23/0367**

**de 02/08/2024**

## UM PRODUTO ECOLÓGICO, NATURAL, ADEQUADO PARA A CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL.


geral@carpintariambatista.pt
(+351) 232 982 099
(+351) 917 535 592
www.carpintariambatista.pt
www.moodlam.pt


MOODLAM®

PAINÉIS CLT (CROSS LAMINATED TIMBER)

# NOGUEIRA FERNANDES

HABITAÇÕES / TURISMO

ESTRUTURAS DE MADEIRA

PRODUÇÃO DE CLT E VIGAS LAMELADAS










WWW.NOGUEIRAFERNANDES.PT

GERAL@NOGUEIRAFERNANDES.PT

RUA SILVA AROSO, MATOSINHOS, PORTO

+351 22 944 6969

NOGUEIRAFERNANDES.PT




**O nosso parceiro em Portugal:**

TISEM®

Centro de Actividades | Rua Arnaldo Sobral, 49 – Sala 204
3080-048 Figueira da Foz – Portugal
geral@tisem.pt | +351 233 426 929

**www.klh.at**

- PIONEIRO NO FABRICO DE MADEIRA LAMELADA CRUZADA (CLT)
- MAIS DE 20 ANOS DE EXPERIÊNCIA
- O ORIGINAL, COM MAIS DE 50.000 PROJETOS EM TODO O MUNDO
- APOIO LOCAL E COMPETÊNCIA TÉCNICA EM PORTUGAL
- O SEU PARCEIRO DE PROJETO ORIENTADO PARA SOLUÇÕES
- DESDE O PRÉ-DIMENSIONAMENTO ESTRUTURAL ATÉ AOS DESENHOS DE PRODUÇÃO
- ACOMPANHAMENTO DO PROJETO DESDE O PLANEAMENTO ATÉ À EXECUÇÃO

**KLH MASSIVHOLZ GMBH |** office@klh.at

WOODESIGN

**ENGENHARIA DE ESTRUTURAS COM MADEIRA**

*Timber structure engineering*




# O FUTURO DA CONSTRUÇÃO COM MADEIRA

*The future of building in timber*

## SERVIÇOS *Services*

### ENGENHARIA

Cálculo e projeto de execução de estruturas com madeira.

*Timber engineering*

### CONSULTORIA

Apoio técnico desde o estudo prévio à solução construtiva.

*Technical consultancy*

### MONTAGEM

Montagem em obra de estruturas com madeira, rápida e limpa.

*On-site assembly*

## PROJECTADO AO MILÍMETRO. MONTADO PEÇA A PEÇA.

*Engineered to the millimetre, assembled piece by piece.*


woodesign.pt

geral@woodesign.pt

+351 919 183 292

**@woodesignpt**



Quântica Editora – Conteúdos Especializados, Lda.
PORTO, 2026

# Madeira Lamelada Cruzada

## Jorge M. Branco

**SOBRE O LIVRO**

**Madeira Lamelada Cruzada**, de Jorge M. Branco, apresenta uma visão abrangente sobre o CLT (*Cross-Laminated Timber*), um dos materiais mais inovadores e promissores da construção contemporânea. Partindo da evolução histórica da construção em madeira, a obra explora a tecnologia de produção, as propriedades mecânicas, os métodos de dimensionamento estrutural, o comportamento sísmico, as ligações e as mais recentes inovações associadas ao CLT.

Aliando o rigor científico à experiência de investigação da Universidade do Minho, este livro constitui uma referência para engenheiros, arquitetos, investigadores e estudantes, oferecendo uma abordagem completa aos princípios de conceção e cálculo de estruturas em madeira lamelada cruzada. Num contexto em que a construção sustentável assume um papel cada vez mais relevante, esta obra evidencia o potencial do CLT como solução estrutural de elevado desempenho, contribuindo para o desenvolvimento de uma construção mais eficiente, inovadora e ambientalmente responsável.

**SOBRE O AUTOR**

Jorge M. Branco, em 2000 formou-se em Engenharia Civil na Universidade do Minho tendo sido convidado em 2001 a liderar aí uma nova área dedicada às estruturas de madeira. Em 2003, apresentou a sua dissertação de mestrado no tema das soluções mistas madeira-betão e em 2005 foi para Trento, Itália, no âmbito do seu plano de trabalhos de doutoramento. Em 2008 defende a sua tese intitulada *Influence of the joints stiffness in the monotonic and cyclic behavior of traditional timber trusses. Assessment of the efficacy of different strengthening techniques* que resulta de um doutoramento em co-tutela com a Universidade de Trento.

Hoje lidera o grupo *Timber Innovation Lab* dedicado à investigação e desenvolvimento de soluções construtivas com madeira e é o coordenador do Mestrado Internacional *Integrated Design of Timber Constructions*. Neste percurso já publicou 10 livros, mais de 90 artigos científicos e proferiu mais de 150 comunicações em conferências. Orientou 13 teses de doutoramento e cerca de 80 dissertações de mestrado. A Escola de Engenharia da Universidade do Minho atribuiu-lhe o diploma de Mérito Pedagógico no ano letivo de 2021/22.

É fundador e Presidente da APCMD e Vice-presidente do Conselho para a Construção com Madeira da AIMMP. Participou em mais de 50 pareces técnicos e é membro de várias comissões técnicas Europeias e Nacionais.

**Apoios**

MIGUEL BATISTA CARPINTARIA

Carmo Form

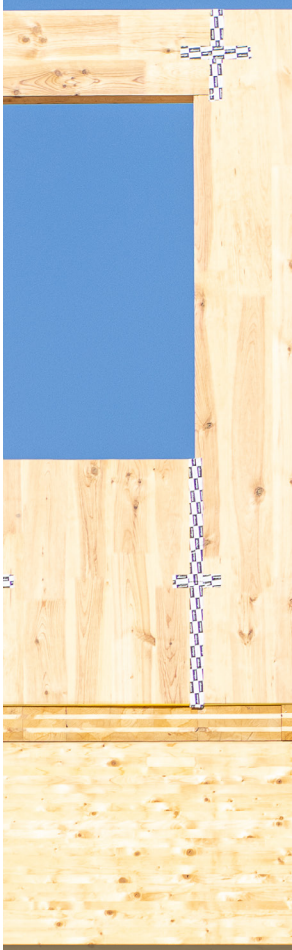
PORTILAME wood power

Também disponível em formato *e-book*

**ISBN:** 978-989-930-544-1

9 789899 305441

www.engebook.pt



engebook