

## Viabilidade do tratamento com creosote de vigas lameladas coladas.

### **António H. Silva**

Engº Civil, Técnico Superior, Dep. Estruturas,  
LNEC (Lisboa, Portugal)  
[afsilva@lnec.pt](mailto:afsilva@lnec.pt)



### **Armando C. Martins**

Engº Civil, Equiparado a Professor Adjunto,  
ISEL (Lisboa, Portugal)  
[amartins@dec.isel.ipl.pt](mailto:amartins@dec.isel.ipl.pt)



### **José S. Machado**

PhD, Investigador Auxiliar, Dep. Estruturas,  
LNEC (Lisboa, Portugal)  
[saporiti@lnec.pt](mailto:saporiti@lnec.pt)



**Palavras-chave** - Ensaios de delaminação, envelhecimento acelerado, ensaios de corte, avaliação do tratamento, madeira lamelada colada

**Keywords** - Delamination tests, accelerated aging test, shear test, treatment evaluation, glued laminated timber

### **RESUMO**

A utilização e comercialização de lamelados colados têm tido um aumento significativo na última década em Portugal. No entanto a produção de lamelados, devido a condicionalismos de fabrico, é sustentada na utilização de madeiras de Resinosas que apresentam em geral uma baixa durabilidade natural.

De forma a potenciar a utilização de lamelados colados em situações de classe de risco 3 ou 4, foi levado a cabo um estudo com o objectivo de avaliar a possibilidade de tratamento de lamelados colados com creosote.

Esta possibilidade foi estudada através da impregnação com creosote de três tipos de lamelados (diferenciados quanto à espécie de madeira e cola utilizada), sendo avaliado o efeito do tratamento na qualidade da colagem (delaminação e resistência da junta colada). Foi igualmente efectuada uma avaliação preliminar da eficácia do tratamento atendendo à constituição do lamelado colado.

Os resultados obtidos permitem concluir da possibilidade de realização do tratamento, sendo, no entanto, crucial um controlo apertado da qualidade de fabrico de forma a garantir a qualidade pretendida das juntas coladas e a durabilidade biológica dos lamelados.

### **ABSTRACT**

The use of glued laminated timber, have shown a significant increase in the last decade in Portugal. However glulam production due to manufacture constraints is sustained in the use of softwoods that generally show a low natural durability.

In order to evaluate the behavior of glued laminated wood intended for use in exterior conditions (hazard classes 3 or 4), a study was carried out to evaluate the possibility of treatment with creosote, at an industrial scale.

The study included several solutions of glued laminated timber intended for exterior conditions. The solutions differ in relation to the wood species and type of glue used in their manufacture.

The results obtained allow concluding that the use of glued laminated timber is technically feasible, even though a close control of the manufacturing quality is necessary to ensure the desired quality and durability of the laminated timber.

## 1. Introdução

Os elementos de madeira lamelada colada constituem a melhor alternativa à utilização de elementos de madeira maciça de grande secção transversal e comprimento. Para além da dificuldade na obtenção de elementos de grande dimensão de boa qualidade em madeira maciça, os lamelados colados apresentam ainda a vantagem de apresentarem uma maior estabilidade dimensional (traduzida numa reduzida fendilhação e/ou empenos).

Em Portugal e até à construção do Pavilhão Atlântico durante a Expo 98, as estruturas realizadas em lamelados colados eram praticamente inexistentes. A comercialização de madeira lamelada colada em Portugal tem sido feita fundamentalmente recorrendo a madeira importada. No entanto, estudos já efectuados no Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) por Pontífice (1990) mostram a viabilidade da utilização de madeira nacional de Pinheiro bravo (*Pinus pinaster* Ait.) na fabricação de lamelados colados.

A grande maioria dos lamelados colados é fabricada a partir de madeira de pinho (Género *Pinus*) ou de espruce (Género *Picea*). A durabilidade face a fungos e térmitas restringe a utilização destes lamelados em situações de classe de serviço 3 (exterior não abrigado) e 4 (em contacto com o solo).

No caso da utilização num ambiente exterior não coberto, as características de durabilidade destas espécies de madeira implicam o tratamento das lamelas que compõem o lamelado colado (opção geralmente adoptada) ou do próprio lamelado colado. Nesses tratamentos são utilizados produtos preservadores possuindo matérias activas que confirmam à madeira durabilidade contra fungos e térmitas.

O fraco desempenho demonstrado pelos produtos alternativos aos preservadores clássicos, nomeadamente ao CCA (Cobre, Crómio e Arsénio), leva a que seja estudada a utilização de alguns produtos clássicos que ainda mantêm algum campo de aplicação (consequência da inexistência ou de dúvidas acerca da eficácia dos produtos ditos alternativos).

Um destes produtos é o creosote. O creosote é o tratamento preservador normalmente utilizado para travessas de caminho de ferro e em outras situações de madeiras em contacto directo ou indirecto com o solo. Os bons resultados práticos obtidos tornaram-no no principal produto utilizado na protecção de madeiras para uso exterior não abrigado, sendo apenas apontados os produtos à base de Cobre como uma possível alternativa.

A utilização de creosote no tratamento de madeiras tem, nos últimos anos, sido objecto de restrições devido aos riscos que este tipo de produto, inserido dentro do grupo de produtos designados por biocidas, comportam para a saúde, tanto dos utilizadores como da população em geral. A colocação no mercado europeu de produtos biocidas é realizada pela sua inclusão no anexo 1 da directiva 98/8/CE do Parlamento Europeu (listagem de substâncias activas aprovadas). Relativamente ao creosote, a comissão europeia propôs em Novembro de 2010, a inclusão provisória do creosote no anexo 1, limitado ao uso na classe de serviço 3, ou seja madeira no exterior sem contacto directo com o solo, situação que engloba as travessas, devido à presença intermédia do balastro.

O facto do creosote conferir à madeira uma durabilidade adequada, sem afectar o seu desempenho mecânico (Manbeck et al 1995), tem vindo a justificar a sua aplicação a elementos de madeira lamelados colados para aplicação exterior. Nomeadamente em países nórdicos (Suécia, Finlândia e Noruega) onde se podem encontrar pontes com aplicação de lamelados colados tratados com creosote.

Nos casos de lamelados colados referidos, o tratamento é anterior à produção do lamelado (tratamento da lamela). Vários autores como Manbeck et al (1995), Kilmer et al (1998) e Evans (2007) efectuaram estudos com interesse para o trabalho desenvolvido, relativamente ao tratamento de impregnação sob vácuo e/ou pressão com creosote, incluindo métodos de tratamento, durabilidade natural de madeiras e influência das características físicas da madeira na qualidade de colagem. No que se refere ao tratamento de lamelados colados (tratamento após a produção do lamelado), os estudos efectuados por Tascioglu et al (2003) e Herzog et al (2004) configuram igualmente a viabilidade do tratamento de lamelados colados com creosote.

O presente estudo pretende analisar o efeito na qualidade da colagem de vigas lameladas coladas de um tratamento com creosote, efectuado sobre as vigas ao invés do tratamento

tradicional das lamelas e sua posterior colagem. O presente estudo tinha ainda como objectivo que essa avaliação ocorresse sobre condições de tratamento a uma escala industrial. A base para o referido estudo consistia na possibilidade de utilização de travessas de caminho de ferro em lamelado colado ao invés de madeira maciça de grande secção (levando a perdas importantes de material devido a defeitos de processamento – nomeadamente secagem).

## 2. Trabalho experimental

### 2.1. Material

Em relação à espécie de madeira foram escolhidas duas soluções. Uma recorrendo a madeira de Pinho bravo (*Pinus pinaster* Ait.), dada ser esta a espécie de madeira usada em exterior não abrigado em Portugal e o facto de a viabilidade da sua utilização no fabrico de lamelados estar estabelecida. A outra solução passou pela utilização de Casquinha (*Pinus silvestris* L.) devido às semelhanças desta madeira com o Pinho bravo, nomeadamente no que diz respeito à impregnabilidade do borne, e à existência no mercado português de aplicações em exterior bem sucedidas recorrendo a esta solução.

A imposição de uso no exterior não abrigado tornou fundamental a escolha de um lamelado colado adequado ao exterior, implicando a utilização no fabrico de uma cola que permita atingir o desempenho exigido pela normalização europeia. As colas indicadas para este tipo de exposição são as compostas por Fenol-Resorsinol-Formaldeído (PRF) ou Melamina-Ureia-Formaldeído (MUF). Refira-se que esta última só recentemente tem vindo a ser aceite como tratando-se de uma cola ajustada a utilizações no exterior.

Nos ensaios foram utilizados dez lamelados de cada tipo de material apresentado na Tab. 1. O lamelado de Pinho bravo foi adquirido a uma empresa nacional fabricante de produtos para fins não estruturais. O lamelado de Casquinha foi adquirido a um fabricante alemão, sendo o produto

Lamela – Espécie de madeira	Resina	Referência	Dimensões (mm <sup>3</sup> )
Pinho bravo	PRF	P/PRF	140x260x350
	MUF	P/MUF	140x260x350
Casquinha	MUF	C/C/MUF	140x260x1000
		L/C/MUF	140x260x2800

Tabela 1 – Materiais utilizados nos ensaios

fabricado para fins estruturais atendendo a uma classe de qualidade GL 24, de acordo com a EN 1194. No caso da Casquinha, e considerando o

objectivo que esteve na base do estudo (aplicação de lamelados colados a travessas de caminho de ferro), foram seleccionados dois tipos diferentes de provetes, diferenciados quanto ao seu comprimento (C/C/MUF – comprimento de 1 m; L/C/MUF – comprimento de 2.80 m - igual à das travessas tradicionais).

O esquema de corte adoptado teve em atenção a necessidade de obter provetes que permitissem avaliar do efeito do creosote na qualidade da colagem. Assim, foram cortados de cada viga lamelada provetes que permitissem analisar a qualidade da linha de cola nas seguintes etapas:

1. Antes da submissão a tratamento com creosote e a ensaio de envelhecimento – avaliação da qualidade original do material ensaiado.
2. Submissão a ensaio de envelhecimento acelerado de forma a aferir da qualidade do material não tratado a longo prazo.
3. Após o tratamento com creosote, permitindo avaliar o impacto do tratamento a curto prazo.
4. Após submissão dos provetes tratados a ensaio de envelhecimento acelerado – avaliação do efeito do tratamento a longo prazo.

Estas quatro etapas possibilitaram uma análise do efeito do tratamento na durabilidade da colagem dos lamelados, quer no curto quer no longo prazo.

No caso do Pinho bravo (P/PRF e P/MUF) foram ensaiados em cada etapa dez provetes retirados junto de um dos topos. No caso da Casquinha (C/C/MUF e L/C/MUF) foram ensaiados vinte provetes (dez de cada topo).

O creosote utilizado nos tratamentos efectuados no âmbito do presente estudo é o usado nas travessas tradicionais aplicadas nos caminhos de ferro em Portugal. A formulação utilizada de creosote cumpre os requisitos da EU (Directiva 76/769/CEE, o anexo 1 alterado pela directiva 2001/90/CE) relativamente às concentrações máximas de componentes nocivos (creosote da qualidade WEI tipo C).

## 2.2. Métodos

### 2.2.1. Tratamento com creosote (creosotagem)

Os tratamentos efectuados foram realizados em autoclave industrial, nas condições em que são efectuados normalmente os tratamentos de travessas de madeira usadas em obras de substituição em Portugal, Fig 1. Esta instalação de impregnação de travessas permite um controlo automatizado das condições de tratamento e a obtenção da retenção final pretendida de produto na madeira.

O tratamento efectuado baseia-se no método de Rüping ou da célula vazia. Este processo reduz a quantidade de creosote utilizado necessária para garantir uma penetração profunda do produto na madeira.

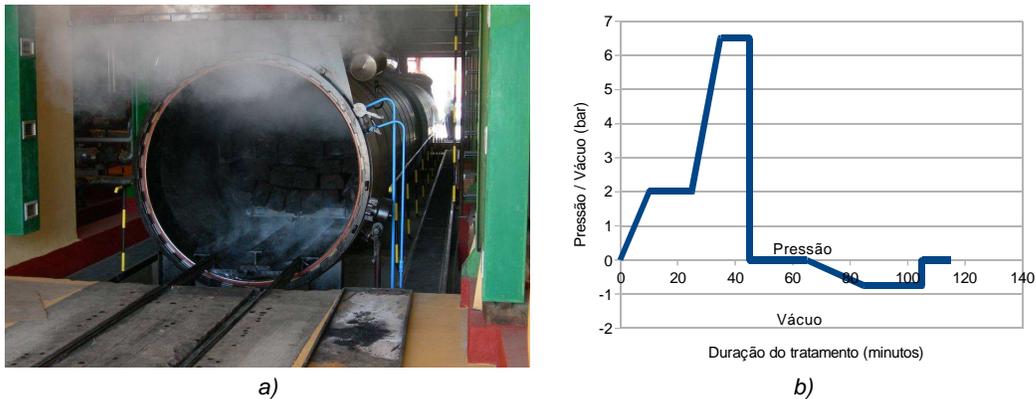


Figura 1 – Instalações de tratamento e esquema do tratamento aplicado. a) Madeira à saída do tanque de tratamento; b) Esquema de tratamento

### 2.2.2. Avaliação da qualidade da colagem

A avaliação da qualidade da colagem foi efectuada por recurso à determinação da delaminação e da resistência ao corte da junta colada.

O ensaio de delaminação consiste na avaliação da abertura de linhas de cola em resultado da submissão dos provetes a um ensaio de envelhecimento de acordo com as normas EN 386 e EN 391. É avaliada a delaminação máxima por linha de cola e a delaminação total por provete (considerando conjuntamente todas as linhas de cola).

O ensaio consiste na realização de ciclos de vácuo/pressão/secagem em estufa, Fig. 2, de modo a introduzir na madeira um gradiente extremo de teor. Este gradiente provoca níveis de retracção/inchamento diferenciados entre a camada superficial e o interior dos provetes, provocando um nível elevado de tensões na linha de cola e potenciando a ocorrência de delaminação significativa em provetes com uma qualidade de colagem inadequada.



Figura 2 – Instalações para execução de ensaios de envelhecimento. a) Autoclave para realização dos ciclos de vácuo/pressão; b) Estufa com ventilação forçada para realização de ciclos de secagem

O ensaio de determinação da resistência ao corte da junta colada, Fig. 3, foi efectuado segundo as normas NP EN 392 e EN 386. Para o efeito procedeu-se à realização de ensaios de corte englobando todas as linhas de cola de cada provete. A avaliação teve em consideração não somente a resistência à rotura, mas igualmente a percentagem de rotura coesiva pela madeira.



Figura 3 – Ensaio de resistência ao corte da junta colada.

### 2.2.3. Avaliação da qualidade do tratamento

No caso dos lamelados colados, relativamente à madeira maciça, dois obstáculos a uma penetração total do borne podem ser colocados. O primeiro relativo à possibilidade de obstrução das linhas de cola à circulação de creosote entre lamelas adjacentes, abrangendo a situação de linhas de cola entre faces e entre topos das lamelas. O segundo obstáculo é relativo à possibilidade de existência de zonas de borne no interior do lamelado colado que, devido a estarem envolvidas por zonas de cerne (pouco impregnável) e por linhas de cola, podem comprometer a eficácia do tratamento preservador.

Desta forma, a avaliação da qualidade do tratamento foi efectuada pela análise visual de diferentes secções transversais ao longo do comprimento dos provetes lamelados colados. Nas várias secções foi avaliada a percentagem de borne/cerne e a penetração de produto no borne dessas secções.

Na avaliação da qualidade do tratamento, foram efectuadas medições das áreas de borne/cerne e da profundidade de tratamento recorrendo a software para medição de áreas em fotografia, coadjuvado pela observação directa das peças em situações duvidosas.

### 2.2.4. Tratamento dos resultados

No tratamento estatístico dos dados foi utilizada o software STATISTICA v.9.1 (StatSoft 2010). A avaliação global do efeito do tratamento (delaminação e resistência da junta colada) foi analisada por recurso a uma ANOVA de classificação simples, para um nível de significância de 0.05. De forma a analisar quais as diferenças significativas entre as médias dos valores obtidos, e que contribuem para um resultado positivo da ANOVA, foi aplicado um teste de diferença mínima significativa (LSD) de Fisher para um nível de significância de 0.05.

Na avaliação global dos resultados foi adoptado o critério de aceitação preconizado no anexo A da EN 14080, considerando-se aceite uma amostra que cumpra a condição expressa na Eq. 1.

$$m\{x\} \geq k_2 \cdot x_k \quad (1)$$

Onde:

$$k_2 = \exp\{2.645 + 1/\sqrt{n} \cdot v\{x\} - 0.1875\}$$

$$x_k \geq k_1 \cdot m\{x\}$$

$$k_1 = \exp\{-(2.645 - 1/\sqrt{n}) \cdot v\{x\} + 0.15\}$$

n = Número de provetes

$v\{x\}$  = Coeficiente de variação

### 3. Análise e discussão dos resultados

#### 3.1. Efeito do tratamento com creosote na delaminação

A avaliação do tratamento do lamelado colado na durabilidade da junta colada foi efectuada numa perspectiva de impacto imediato do tratamento na qualidade de colagem (ensaio de corte) e de durabilidade da colagem no longo prazo (através a submissão dos provetes a um ensaio de envelhecimento acelerado) e posterior ensaio de corte. De forma a definir a qualidade inicial dos provetes foi avaliada a delaminação inicial de cada provete e caracterizada a resistência das suas juntas coladas.

Na Fig. 4 apresentam-se os resultados individuais de delaminação da junta colada após o tratamento com creosote, em comparação com a situação inicial. As duas soluções de Pinho bravo testadas apresentaram um número elevado de provetes com delaminações acima do limite máximo admissível no final do terceiro ciclo (10 %). Este resultado deveu-se sobretudo ao mau comportamento da linha de cola correspondente à última lamela. Desta forma, no caso dos provetes de Pinho bravo não foi tido em conta o comportamento da referida linha de cola nos resultados da avaliação do efeito da creosotagem na durabilidade da colagem.

A razão para esta elevada percentagem de provetes rejeitados pode estar relacionada com o facto destes lamelados serem produzidos com vista a uma utilização não estrutural, não obedecendo ao nível de controlo interno da produção exigido pela EN 386.

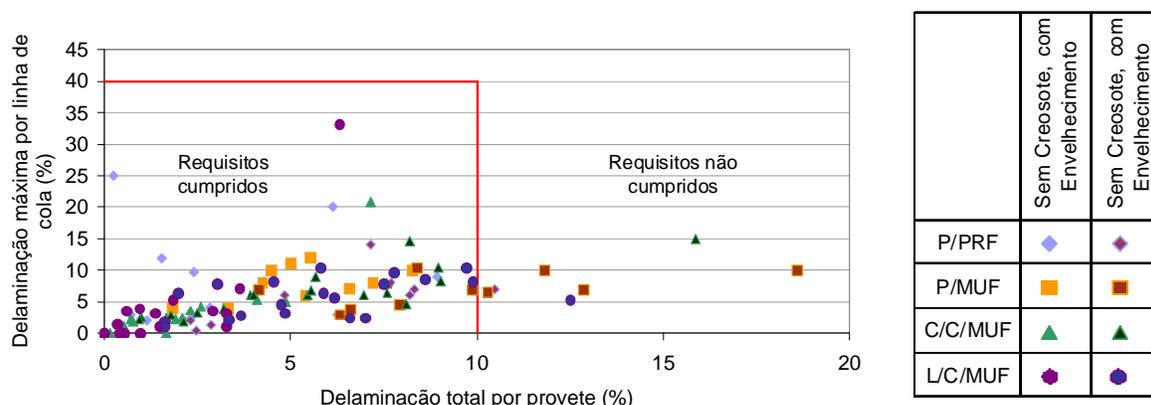


Figura 4 – Resultados de delaminação para os diversos provetes (linha encarnada - limites impostos pela EN 386)

No caso da Casquinha o número de provetes que apresentam delaminações acima do limite máximo admissível é escasso.

A solução em Casquinha, nas suas duas vertentes, C/C/MUF e L/C/MUF apresenta bons resultados, obedecendo ao disposto na norma EN 386. O efeito do tratamento com creosote provoca uma tendência para um aumento da delaminação, sendo que, no entanto, para ambos os lamelados somente um provete é rejeitado (delaminação superior a 10%) de acordo com o disposto na norma EN 386.

Analisando a variabilidade dos resultados obtidos, Fig. 5, verifica-se que os provetes de Pinho bravo apresentam valores relativamente elevados, relativamente à Casquinha. Esta variabilidade poderá estar relacionada com o menor controlo interno de produção, dado no caso do lamelado de Pinho bravo se tratar de um material destinado a fins não estruturais.

No caso do Pinho, a variabilidade encontrada nos resultados após o ensaio de envelhecimento (Fig. 5b e 5d), relativamente aos provetes de Casquinha, são devido a uma maior incidência de delaminação nas lamelas exteriores. Este facto pode indiciar, mais uma vez, um problema de colagem nessas lamelas derivado de lacunas ao nível do controlo interno de produção.

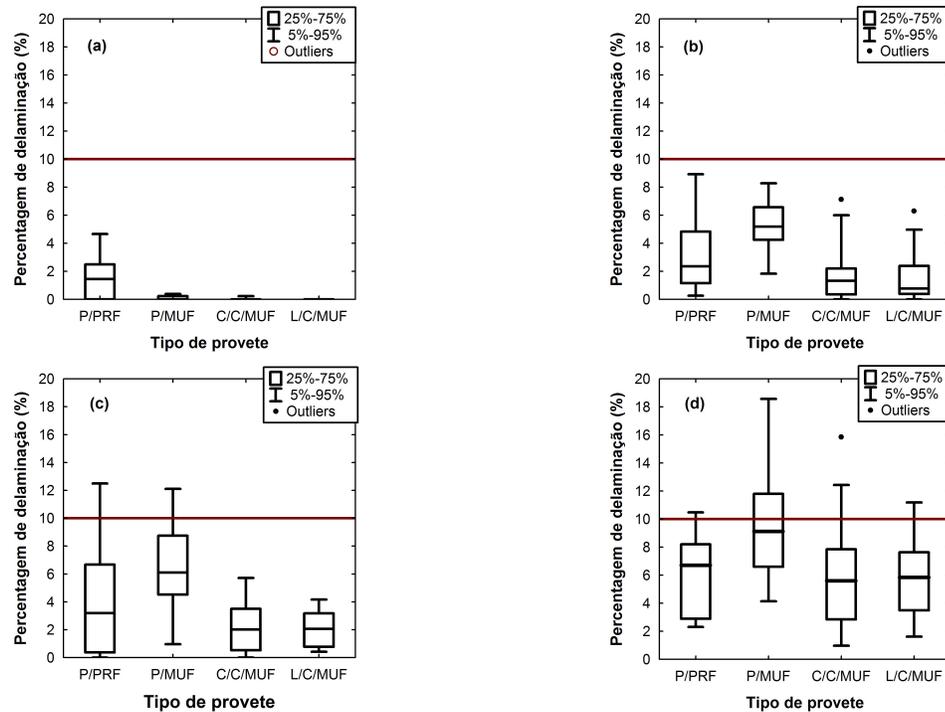


Figura 5 – Delaminação (para cada tipo de provete) observada para as diversas situações. a) Sem qualquer tipo de tratamento ou envelhecimento; b) Provetes sem tratamento com envelhecimento; c) Provetes com tratamento sem envelhecimento; d) Provetes com tratamento e envelhecimento. O ponto central do diagrama de dispersão representa a mediana

Os resultados obtidos, Tab. 3, indiciam a existência, com excepção dos provetes P/PRF, de uma

Tipo de provete	P/MUF			C/C/MUF			L/C/MUF		
	NT/CE	T/SE	T/CE	NT/CE	T/SE	T/CE	NT/CE	T/SE	T/CE
NT/CE			S			S			S
T/SE					S				S
T/CE	S			S	S		S	S	

S – Resultado significativo ( $p < 0.05$ )

NT – Não tratado; T – Tratado;

SE – Sem envelhecimento; CE – Com envelhecimento

Tabela 3 – Resultados da ANOVA aplicados aos ensaios envelhecimento

diferença significativa entre os resultados obtidos pelos provetes tratados e não tratados no que se refere ao efeito do ensaio de envelhecimento na percentagem de delaminação.

No caso dos provetes de Pinho bravo colados com PRF, os resultados da ANOVA indicam que não existem diferenças significativas para as diferentes condições. Este resultado parece indicar que a escolha de uma cola mais resistente (e tradicionalmente utilizada em lamelados para exterior) permite ultrapassar alguma degradação da linha de cola devida à creosotagem dos lamelados.

Os resultados globais de delaminação (aplicação da Eq. 1) permitem concluir que o efeito da creosotagem não afecta significativamente a qualidade de colagem dos lamelados. No entanto, a implementação de um controlo interno de produção apertado é crucial para evitar uma dispersão elevada da qualidade da colagem e, assim, comprometer a conformidade do lamelado.

Este aspecto é salientado pela comparação entre os provetes de Pinho bravo (fins não estruturais → menor controlo de qualidade) e os de Casquinha (fins estruturais → maior controlo de qualidade).

### 3.2. Efeito do tratamento com creosote na resistência da junta colada

Os resultados individuais obtidos da resistência da junta colada para os diversos provetes ensaiados (sem/com envelhecimento e sem/com tratamento) são apresentados na Fig. 6. Os resultados obtidos sobre provetes sem tratamento e sem envelhecimento acelerado permitem concluir que todos os provetes cumpriram o limite imposto pela norma.

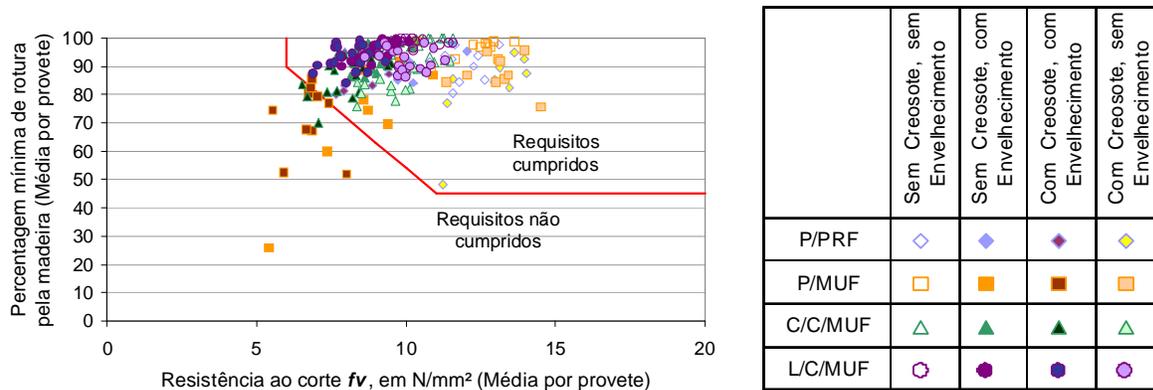


Figura 6 – Resistência ao corte da junta colada (linha encarnada – limites impostos pela EN386)

O efeito da creosotagem (provetes sem envelhecimento) reflectiu-se no aparecimento de alguns (escassos) provetes em que os requisitos da norma não são cumpridos.

Relativamente ao comportamento dos restantes provetes após envelhecimento (com e sem tratamentos), verificou-se que somente no caso da amostra P/MUF dois provetes não cumpriram os requisitos.

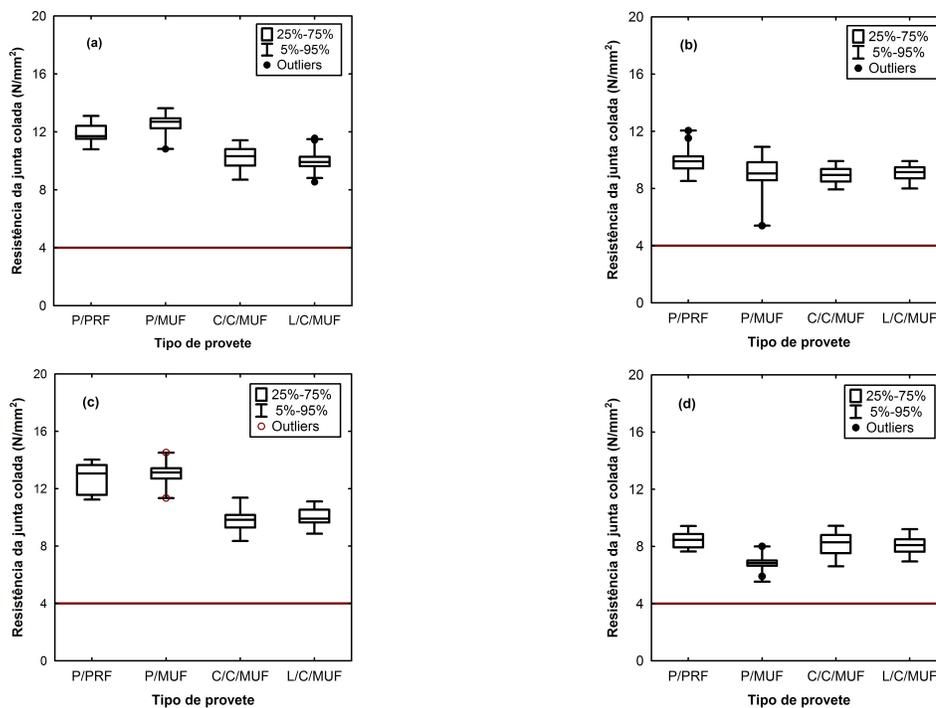


Figura 7 – Resistência da junta colada ao corte (para cada tipo de provete) observada para as diversas situações. a) Inicial sem qualquer tipo de tratamento ou envelhecimento; b) Provetes sem tratamento com envelhecimento; c) Provetes com tratamento sem envelhecimento; d) Provetes com tratamento e envelhecimento. O ponto central do diagrama de dispersão representa a mediana

A análise de variância levada a cabo, Tab. 4, permite concluir que o efeito do tratamento não afecta a resistência da junta colada de forma significativa no curto prazo. No entanto, após ensaio cíclico, a resistência da junta é afectada de forma significativa, quer no caso dos provetes sem tratamento quer nos creosotados. A análise dos dados da Tab. 4 e Fig. 7 permite verificar para os quatro tipos de amostras ensaiadas a existência de um decréscimo acentuado da resistência ao corte devido ao tratamento da madeira. No entanto, este decréscimo não implica o não cumprimento dos requisitos impostos pela norma EN 386.

Tipo de provete	P/PRF				P/MUF				C/C/MUF				L/C/MUF			
Condição	NT/SE	NT/CE	T/SE	T/CE	NT/SE	NT/CE	T/SE	T/CE	NT/SE	NT/CE	T/SE	T/CE	NT/SE	NT/CE	T/SE	T/CE
NT/SE		S	S	S		S		S		S		S		S		S
NT/CE	S		S	S	S		S	S	S		S	S	S		S	S
T/SE	S	S		S	S	S		S	S	S		S	S	S		S
T/CE	S	S	S		S	S	S		S	S	S		S	S	S	

S – Resultado significativo ( $p < 0.05$ )

NT – Não tratado; T – Tratado; SE – Sem envelhecimento; CE – Com envelhecimento

Tabela 4 – Resultados da ANOVA aplicados aos ensaios de resistência ao corte da junta colada

### 3.3. Qualidade do tratamento preservador

A qualidade do tratamento preservador foi analisada do ponto de vista da penetração total do borne e da retenção de produto, para as diversas soluções de lamelados ensaiados.

As soluções de Pinho Bravo, apresentavam valores entre os 19 e 36% de área total de cerne enquanto nas peças de Casquinha os valores variam entre os 53 e os 91%.

A avaliação da penetração do creosote foi efectuada por uma análise visual prévia dos lamelados de forma a identificar obstáculos à difusão do creosote no interior dos lamelados, criando zonas críticas que deveriam ser tidas em conta.

Após o tratamento foi efectuada a avaliação das possíveis zonas não tratadas no interior do lamelado colado. Para o efeito, foram observados os topos visíveis após o corte dos provetes para os vários ensaios, e ainda através de cortes efectuados em zonas onde o tratamento seria previsivelmente mais difícil, os resultados são apresentados na Fig. 8.

As soluções de Pinho e de Casquinha, até 125 mm de distância ao topo, apresentam valores de impregnação total do borne que permite concluir que o tratamento obedeceu ao requisito imposto para o tratamento de travessas de caminho de ferro.

No entanto, ao analisar a situação a 1200 mm de distância do topo, travessas de Casquinha de dimensão semelhante à das travessas de madeira maciça, são identificadas diversas zonas de borne não tratado. Esta situação poderá tipificar obstáculos de difusão do creosote no lamelado devido às linhas de cola.

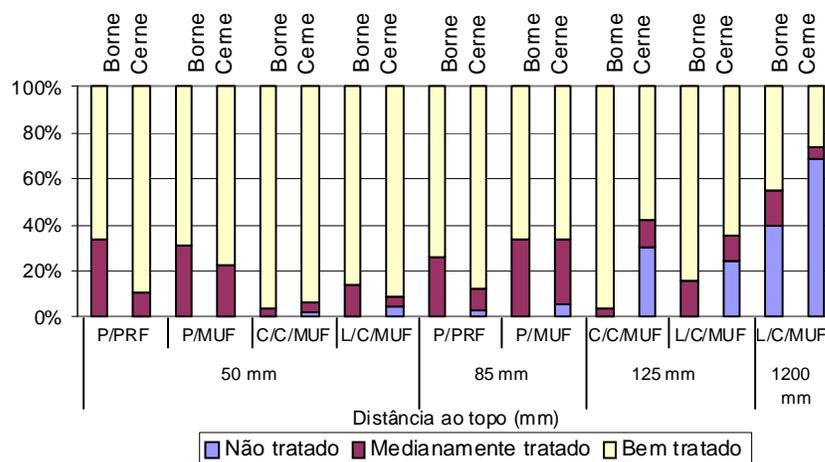


Figura 8 – Valores médios das percentagens de tratamento obtidas para as diversas soluções de lamelados colados em função da distância aos topos

Este último aspecto, a confirmar-se, poderá implicar um cuidado específico na produção de lamelados colados atendendo a um futuro tratamento preservador. Estes cuidados poderão passar pela limitação do borne a zonas periféricas do lamelado, onde a qualidade do tratamento estará assegurado, sendo as lamelas interiores sujeitas previamente a tratamento preservador, no caso de conterem borne, ou sujeitas à imposição de não possuírem borne. Outra possibilidade é o duplo tratamento (inicialmente com um produto aquoso e depois o tratamento com creosote), o qual apresenta obstáculos relacionados com o custo dos tratamentos e processamento do

material (p. ex. secagem obrigatória dos lamelados, após tratamento com produto aquoso, para valores compatíveis com o tratamento com creosote), solução preconizada já por Evans (2007).

#### 4. Conclusões

Dos resultados obtidos foi possível concluir que:

- O tratamento de creosote de lamelados colados resultou num aumento da percentagem de delaminação e numa diminuição da resistência da junta colada. No entanto, esta diminuição do desempenho não é de molde a comprometer o desempenho exigido a lamelados colados para aplicações no exterior, segundo os requisitos impostos pela normalização europeia.
- No entanto, o tratamento com sucesso de lamelados colados com creosote implica o cumprimento de um conjunto de critérios na constituição do lamelado, atendendo à necessidade de garantir um eficaz tratamento preservador (distribuição de borne e cerne no interior do lamelado). Torna-se, igualmente necessário garantir um exigente controlo interno de produção relativamente à qualidade da colagem.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem à empresa Tecnocarril-Sociedade de Serviços Industriais e Ferroviários Lda, por ter efectuado o tratamento dos lamelados colados com creosote na sua instalação de autoclave industrial.

#### Referências Bibliográficas

Pontífice de Sousa P. M. (1990). Estruturas de madeira lamelada colada. Viabilidade da utilização do Pinho bravo, Dissertação apresentada a concurso para obtenção do grau de especialista e acesso à categoria de Investigador auxiliar do LNEC, Laboratório Nacional de Engenharia Civil, Lisboa.

Directiva 98/8/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Fevereiro de 1998 relativa à colocação de produtos biocidas no mercado. Official Journal of the European Communities.

Manbeck H. B., Janowiak J. J., Blankenhorn P. R., Labosky P., Randall T. Baileys. e Webb D. A. (1995). Creosote treatment effect on hardwood glulam beam properties. *Wood and Fiber Science*, 27:3: 239-249.

Kilmer W. R., Blankenhorn P. R. e Janowiak J. J. (1998). Laminating creosote-treated hardwoods. *Wood and Fiber Science*, 30:2: 175-184.

Evans F. G. (2007). The influence of different creosote process parameters on penetration, retention and bleeding on glulam. Proc. of the 38th Annual Meeting of the International Research Group on Wood Protection, Document nº IRG/WP 07-40368, 20-24 May, Wyoming, USA.

Tascioglu C, Goodell B, Lopez-Anido R (2003). Bond durability characterization of preservative treated wood and E-glass/phenolic composite interfaces. *Composites Science and Technology*, 63:979-991.

Herzog B, Goodell B, Lopez-Anido R, Muszyński L, Gardner D J, Halteman W, Qian Y (2004). The effect of creosote and copper naphthenate preservative systems on the adhesive bondlines of FRP/glulam composite beams. *Forest Products Journal*, 54:10:82-90.

EN 1194 (1999) – Timber structures – Glued laminated timber – Strength classes and determination of characteristic values.

Directiva 76/769/CEE do Conselho das Comunidades Europeias, de 27 de Julho de 1976, relativa à aproximação das disposições legislativas, regulamentares e administrativas dos Estados-Membros respeitantes à limitação da colocação no mercado e da utilização de algumas substâncias e preparações perigosas.

Directiva da Comissão 2001/90/CE de 26 de Outubro de 2001. Limitações de colocação no mercado e da utilização de algumas substâncias e preparações perigosas (creosoto).

EN 386 (2001). Glued Laminate Timber – Performance requirement and maximum product requirements.

EN 391 (2001) – Glued Laminated Timber – Delamination test of glued lines.

NP EN 392 (2002) – Madeira lamelada-colada. Ensaio de corte pelos planos de colagem.

StatSoft, Inc. (2010). STATISTICA (data analysis software system), version 9.1.

[www.statsoft.com/Infografia](http://www.statsoft.com/Infografia)