



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial.

(21) **PI1002098-5 A2**



* B R P I 1 0 0 2 0 9 8 A 2 *

(22) Data de Depósito: 24/02/2010
(43) Data da Publicação: 18/10/2011
(RPI 2128)

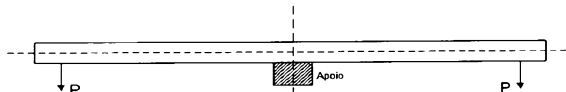
(51) *Int.Cl.:*
H02G 7/05

(54) **Título:** CRUZETA DE MADEIRA LAMINADA COLADA

(73) **Titular(es):** Companhia Paulista de Força e Luz - CPFL,
Universidade de São Paulo - USP

(72) **Inventor(es):** Antonio Alves Dias, Carlito Calil Junior, Cláudio
José dos Santos, Einar Pires de Lima, Marcio Rogério da Silva

(57) **Resumo:** CRUZETA DE MADEIRA LAMINADA COLADA. A presente invenção se refere à cruzeta de madeira laminada colada. Inicialmente, foi realizada a avaliação teórica da resistência e da rigidez das cruzetas, determinando as propriedades mecânicas mínimas necessárias para as lâminas de madeira, tendo em vista as dimensões padrões normalmente utilizadas nas cruzetas, de forma que as mesmas resistam aos carregamentos estipulados pelas normas técnica. Assim, foi realizada a classificação visual e a classificação mecânica para que as lâminas de melhores qualidades sejam aplicadas nas regiões de maiores esforços nas cruzetas. Esse tratamento é imprescindível no caso de espécies provenientes de florestas plantadas, pois as mesmas possuem uma menor resistência natural ao ataque de organismos xilófagos. As cruzetas também são impermeabilizadas com resina vegetal (poliol e pré-polímero) com objetivo de aumentar a proteção contra intempéries, auxiliar no processo de preservação e degradação pelos raios UV e melhoria do isolamento elétrico. Por fim, foram colocadas chapas estampadas nas extremidades das cruzetas, evitando-se assim, fendilhamento e descolamento e, foram colocadas cavilhas nos furos não utilizados.





PI1002098-5

Relatório Descritivo da Patente de Invenção para: "**CRUZETA DE MADEIRA LAMINADA COLADA**".

Campo da Invenção

A presente invenção se refere a cruzetas de madeira laminada colada de espécies provenientes de florestas plantas utilizadas na sustentação de redes áreas de distribuição de energia elétrica e para utilização na construção civil, em linhas de eletrificação e de transmissão.

10 Antecedentes da Invenção

Práticas que visam amenizar impactos ambientais têm se tornado cada vez mais urgente no mundo globalizado dos tempos atuais. O uso de produtos naturais renováveis advindos de floresta plantada é uma das alternativas para atender a demanda tecnológica em um contexto de sustentabilidade.

O uso da madeira, além de ser ambientalmente correta, apresenta inúmeras vantagens inerentes ao próprio material. Entre elas podem ser citadas a alta relação resistência mecânica por unidade de massa e as propriedades de resistência tanto a tração quanto a compressão e flexão.

Entre os diversos usos possíveis do material de madeira encontram-se a utilização como cruzetas para linhas de transmissão.

O Brasil é tradicionalmente um país florestal, seja por possuir a maior área de florestas nativas do mundo ou pelo desenvolvimento vigoroso que algumas espécies exóticas do gênero *Eucalyptus* encontraram nos solos brasileiros.

5 De acordo com a Associação Brasileira de Normas técnicas (NBR 8458/1984), as cruzetas são peças de madeira de eixo sensivelmente retilíneo, sem emendas. Destinadas a suportar condutores e equipamentos de redes áreas de distribuição de energia elétrica.

10 Os materiais mais utilizados para a fabricação de cruzetas são madeira, concreto armado e aço.

Dentre esses materiais, a madeira destaca-se por ser um recurso renovável, de baixo custo energético, com capacidade de fixar carbono a partir de uma fonte de energia difusa, a
15 luz solar.

O pedido de patente PI 0404712, depositado em 28 de Outubro de 2004, pelo titular Marcelo Moreira, intitulado: "Composição para fabricação de cruzeta para rede elétrica, feita com liga rígida de madeira e seu processo de
20 fabricação" descreve a fabricação de cruzetas com resíduos de madeira e material plástico que pode ser PET, PP, PEAD e PEDB. De acordo com o referido pedido, a união desses materiais formará uma liga rígida que terá as mesmas características de uma cruzeta produzida com madeira

nativa. Como pode ser observado, este pedido descreve a utilização de madeira e material plástico em conjunto na construção de cruzetas.

O pedido de patente PI 0505428-1, depositado em 29 de novembro de 2005, pelo titular Valdeci Antonio de Almeida, intitulado: "Cruzeta polimérica, com fibras naturais e ferragem estrutural" se refere a um produto de fabricação de origem extrusado ou injetado, termoformado, composto de plástico virgem ou reciclado, misturado com fibras naturais e estruturado com vergalhões metálicos, dando origem a uma peça que substitui integralmente a madeira de lei ou tratada usada como "cruzeta" nas linhas de energia elétrica como sustentação de cabos de transmissão de energia. O objetivo descrito neste documento é substituir as cruzetas de madeira utilizadas em postes tendo em vista a escassez e custo da madeira, substituindo por um material reciclado e com as mesmas características das cruzetas de madeira quanto à rigidez e à estabilidade. O produto consiste em plástico reciclado ou natural, misturado com fibras naturais na proporção de 1 a 70% da composição. Como pode ser observado, este documento mostra a fabricação de cruzetas utilizando plástico como uma das matérias-primas.

O pedido de modelo de utilidade MU 8001853-0, depositado em 25 de Agosto de 2000, por Izidoro Jehovah

Marchi, intitulado: "Disposição introduzida em cruzeta para uso em redes elétricas" descreve a fabricação de cruzetas com material plástico de alta resistência em três diferentes versões, uma primeira na forma de secção 5 retangular, uma segunda em secção I, e uma terceira em secção U.

O pedido de modelo de utilidade MU 8100709-4, depositado em 12 de Abril de 2001, por Luiz Antonio Bolsarini, intitulado: "Cruzeta para sustentação de fios 10 elétricos, telefônicos e telegráficos em postes" refere-se ao desenvolvimento de cruzetas para sustentação de fios elétricos telefônicos e telegráficos em postes a qual apresenta disposição linear de comprimento padronizado em conformidade com a sua utilização sendo constituída de uma 15 peça moldada em polipropileno talco fibra de vidro e uv com formato substancialmente retangular alongado estando definida por duas paredes longitudinais e paralelas reunidas nos extremos por duas paredes transversais e tendo moldada integralmente entre essas paredes em toda a 20 extensão da peça uma nervura central que faz resultar em cada lado uma cavidade que e dotada ao seu longo com varias nervuras transversal de reforço estrutural algumas das quais estão vinculadas a um bloco cilíndrico provido de um furo passante e em vários pontos da extensão da nervura

central tem vinculados outros blocos cilíndricos dotados com um furo passante e estando posicionados em sentido perpendicular aos blocos cilíndricos permitindo que a cruzeta tenha furos direcionados tanto no sentido de largura como de altura.

O pedido de modelo de utilidade MU 7601852-0, depositado em 09 de agosto de 1996, em nome de Ritz do Brasil S.A, intitulado: "Cruzeta para linha de distribuição de energia elétrica" revela um novo dispositivo destinado a substituir as cruzetas de madeira, normalmente utilizadas nas linhas de distribuição de energia elétrica e semelhante, sendo basicamente composto de uma estrutura fabricada preferencialmente em fibra de vidro, de seção retangular, com enchimento de espuma de poliuretano e revestida superficialmente com inibidor de ultravioleta, proporcionando vida útil indeterminada, mesmo nas mais severas condições de intemperismo. Sendo um dispositivo extremamente leve, tem o seu transporte, manuseio e instalação facilitados. Outra característica relevante é o fato de ser um produto que contribuirá de forma significativa para preservação da ecologia, à medida que substitui a cruzeta de madeira, principalmente de lei, diminuindo o corte de árvores.

O pedido de modelo de utilidade brasileiro MU 7401665-

2, depositado em 14 de setembro de 1994, em nome de Arnaldo de Souza Oliveira, intitulado: "Sustentação de cabos e acessórios elétricos" descreve uma cruzeta formada a partir de madeira, em geral, revestida de fibra de vidro ou lã de vidro, com perfurações horizontais e verticais, com um formato retangular, com tratamento variando de 5 cm a 5 metros. O documento descreve em sua reivindicação 1 a sustentação de cabos e acessórios elétricos caracterizada por constituir-se de uma peça de madeira ou material semelhante e a cruzeta proposta descreve uma cruzeta de madeira laminada colada.

O Pedido de patente brasileiro PI 0501209-0, depositado em 16 de março de 2005, em nome de Luiz Alberto José Arantes e José Carlos Roque Leal, intitulado: "Cruzeta em resina orgânica e fibra mineral, para redes de distribuição aérea de energia elétrica", o qual revela uma cruzeta em resina orgânica e fibra mineral que tem a função de sustentação de isoladores, cabos e equipamentos para distribuição de energia elétrica, com fechamento nas pontas, tendo marcações com rebaixo para furos (para colocação de parafusos), segundo necessidades, que resulta a facilidade de instalação do mesmo, em qualquer modelo de utilização, sendo mais resistente, mais leve, de maior durabilidade devido ao material utilizado e 100%

reciclável.

O Pedido de patente brasileiro PI 9204369-0, depositado em 06 de novembro de 1992, em nome de Edgar Vladimiro Mantilla carrasco e Universidade Federal de Minas Gerais, intitulado: "Processo de obtenção de madeira serrada de eucalipto, processo de fabricação de peças de madeira laminada colada de eucalipto, dormentes e estruturas de madeira laminada colada de eucalipto" descreve dormentes e estruturas de madeira laminada colada de *Eucalipto* fabricados a partir de processo específico de beneficiamento e desdobramento do *Eucalipto* em lâminas de pequena espessura com as suas superfícies tratadas para receberem um adesivo estrutural e logo depois justapostas, uma sobre as outras de maneira a formar o dormente ou outra estrutura. No relatório descritivo do documento é descrito que diversas formas podem ser conferidas às estruturas de MLC (Madeira Laminada Colada) proveniente de *Eucaliptos* como: arcos, pórticos com formatos diversos, cúpulas, e outras. Além disso, é mencionado que estes arranjos podem ser aplicados a grandes estruturas, tal como, galpões, pontes e linhas de transmissão, entre outras

O artigo "Estudos preliminares de juntas de madeira-madeira coladas com material polimérico: superfície de fratura"; de O.S. Passos, e outros, publicado no 17º

CBECIMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais de 15 a 19 de novembro de 2006, Foz do Iguaçu, Paraná, refere-se a estudos preliminares de juntas de madeira-madeira coladas com material polimérico. O objetivo do referido trabalho é apresentar resultados preliminares da adesividade madeira-madeira, mais especificamente a superfície da fratura. Neste trabalho foi utilizada a madeira regional da Amazônia, o Jatobá (*Hymenaea courbaril*). Neste artigo é descrito que através do uso de adesivos para a colagem de peças de madeira, é possível o processamento de produtos compostos de madeira para as mais diversas aplicações. Os adesivos descritos podem ser desde adesivos termoplásticos à base de amido e derivados de celulose, adesivos vinílicos (PVA), asfaltos e alguns acrílicos e termofixos, até adesivos fenólicos, epóxidos, de poliuretanos, de borrachas vulcanizadas e de poliésteres insaturados.

O artigo: "Qualidade da adesão de madeira de eucalipto em corpos-de-prova colados em dois diferentes planos e densidades" de Moises Silveira Lobão e outros, publicado na Cerne, Larvas, v. 12, n.2, p. 194-200, abr./jun. 2006 teve como objetivo avaliar a qualidade de adesão da madeira em dois diferentes planos e com madeiras de diferentes densidades. Neste trabalho, utilizou-se a madeira de

Eucalyptus sp. O trabalho descreve os tratamentos com os respectivos valores de resistência à ruptura por cisalhamento e valores para o teor de umidade, bem como a densidade média. Neste trabalho, é descrito o tratamento de
5 madeira colada.

O artigo: "Colagem de madeira de clones de eucalyptus com três adesivos comerciais", de Celina Kátia Pereira Lima e outros, publicado pela Scientia Forestalis, Piracicaba, V. 36, n.77, p. 73-77, mar. 2008 descreve a colagem de
10 clones de *Eucalyptus* com três adesivos comerciais. O presente trabalho tem como objetivo avaliar a qualidade da colagem da madeira de quatro clones de *Eucalyptus*, com uso de três tipos de adesivos comerciais. Neste trabalho, é descrito que o *Eucalyptus* surge como opção potencial para a
15 utilização em produtos de maior valor agregado, o que inclui madeira serrada, móveis, construção civil e madeira para a produção de lâmina. Descreve também que a colagem é uma etapa fundamental para o melhor aproveitamento do material de madeira, principalmente no setor moveleiro e no
20 aproveitamento de peças de pequenas dimensões. Lima e outros estudaram a qualidade de juntas coladas de madeira de quatro clones de *Eucalyptos*, com o uso de três tipos de adesivos comerciais, avaliados por meio da resistência da colagem ao esforço de cisalhamento e a porcentagem de falha

na madeira, onde o mesmo diz que a colagem é uma etapa fundamental para o aproveitamento de peças de madeira de pequenas dimensões, muito utilizadas no setor moveleiro. Na produção das cruzetas da presente invenção, em nenhum momento são utilizadas juntas coladas no seu processo de fabricação.

O artigo: "Produção de vigas estruturais em perfil "i" com painéis de madeira reconstituída de *Pinus taeda* L. e *Eucalyptus dunnii* Maeden", de Alexandre de Luna Pedrosa e outros, publicado pela Floresta, Curitiba, Pr, V.35, n. 3, set./dez. 2005 descreve a produção de vigas estruturais em perfil "I" com painéis de madeira reconstituída de *Pinus taeda* L e *Eucalyptus dunnii* Maiden, utilizados na presente proposta. Este trabalho foi desenvolvido com o objetivo de produzir e avaliar o desempenho estrutural de vigas constituídas de compensado estrutural, painéis de laminas paralelas e painéis OSB, de madeira de *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii*. Este documento, mesmo utilizando espécies de madeira laminada colada provenientes de florestas plantadas, não é relevante para a presente proposta de invenção, pois em nenhum momento é descrita a utilização deste estudo em estruturas de pequenas dimensões. O estudo foi concentrado somente na utilização dessa madeira colada em estruturas de vigas em perfil "I",

o que nos leva a concluir que não seria óbvio para um técnico no assunto alcançar, a partir deste documento, estruturas menores, como o caso de uma cruzeta, devido ao comportamento da madeira colada em testes de adesão, ruptura a cisalhamento e densidade serem diferentes em estruturas de menor porte.

O artigo: "Influência da espessura das lâminas e da cola na madeira laminada colada", de Adolar Ricardo bohn, publicado pela Universidade Federal de Santa Catarina em 29/09/1995 (Dissertação de Mestrado) teve como objetivo contribuir para a redução do custo da madeira laminada colada, através da possibilidade do aumento da espessura das lâminas e da diluição da cola. Para levar o estudo a efeito, utilizaram-se o *Pinus Taeda* e *Pinus Elliottii*, provenientes da região do planalto do estado de Santa Catarina. Como adesivo, a resorcina-fenol-formol foi utilizada. Primeiramente, determinaram-se as propriedades físicas e mecânicas das duas espécies. As duas se revelaram igualmente adequadas para o estudo visado. Optou-se, então, pelo *Pinus Taeda*, por ser o mais usado nos reflorestamentos do estado. Para o estudo da diluição do adesivo, usou-se água pura, álcool puro e uma mistura dos dois. Os mesmos foram adicionados em porcentagens variando de 10% a 30%, e ensaios de cisalhamento e tração normal feitos em corpos de

prova. A partir destes dados, concluiu-se que o tipo de diluente não determinava qualquer diferença nos resultados. Confeccionaram-se, então, oito vigas de 100mmx 150mm x 2700mm, usando esta diluição. Estas vigas foram ensaiadas à flexão simples em 4 pontos, até a ruptura, com medição de flecha. As resistências de ruptura e o módulo de elasticidade foram comparados com os mesmos valores obtidos em vigas onde o adesivo foi usado puro. A comparação estatística comprovou que, nos valores apurados, não houve diferença significativa, sendo viável a diluição. Para o estudo da variação da espessura das lâminas, 6 vigas com cada espessura de lâmina foram confeccionadas. As espessuras usadas foram de 10, 20, 30, 40 e 50mm.

O artigo "Influência da classificação das lâminas em viga de madeira laminada colada", de Humberto Alexandre Cabral Arruda, publicado pela Universidade Federal de Santa Catarina em 30/09/1995 (Dissertação de Mestrado) descreve a produção de elementos estruturais através da técnica da madeira laminada-colada (MLC). Primeiro, para a produção de vigas, é possível fazer uma triagem inicial nas tábuas que irão compor cada lâmina, de forma a eliminar os grandes defeitos, como, por exemplo, os grandes nós. Utilizando madeira de reflorestamento da espécie *PINUS* variedade *Taeda* e *Elliottii*, foi feito primeiramente um estudo de

caracterização do material, com o objetivo de determinar suas principais propriedades físico-mecânicas, e suportar a continuidade da pesquisa. Posteriormente, optou-se em fazer uma classificação em 360 tábuas, determinando-se o módulo de elasticidade das lâminas a serem utilizadas na produção de 30 vigas de madeira laminada-colada, de tamanho real e eixo reto. Essas vigas, compostas através de cinco processos distintos de classificações, foram ensaiadas até o momento da ruptura por meio do ensaio mecânico de flexão a quatro pontos, obtendo-se os parâmetros comparativos do estudo, tais como: Módulo de Elasticidade Longitudinal (Ereal) e Resistência à flexão (s frup). O resultado final do ensaio mecânico de flexão indicou o ganho que se consegue no comportamento final das vigas. Para tanto, comparações estatísticas foram efetuadas entre as classificações, indicando a classificação ideal a ser utilizada em escala industrial na produção de elementos estruturais de madeira laminada-colada, de forma a obter componentes que atendam os requisitos de segurança e economia. Efetuou-se estudos de correlação entre o Módulo de Elasticidade Longitudinal (Ereal) e o Módulo de Elasticidade Teórico (Eteórico) das vigas, visando adotar a utilização do segundo, no dimensionamento estrutural. É feita também uma "Proposta de classificação" pela rigidez

da madeira existente no planalto de Lages, *Pinus*, objetivando fornecer uma opção de compor elementos estruturais com determinado padrão de resistência, baseado no módulo de elasticidade teórico. Este trabalho difere da presente proposta de invenção em relação às recomendações construtivas e de controle de qualidade necessários para a produção das cruzetas, sendo que um dos pontos principais é a ordem de colocação das lâminas de maior módulo de elasticidade nas regiões de maiores esforços fica bem explicito, fato este não observado no trabalho de Arruda.

O artigo "Desenvolvimento de cruzetas de eucalipto de florestas plantadas em substituição às cruzetas de madeira nativas e de concreto para rede RDR E RDU", de Sandro Fábio César e outros, publicado no XI Encontro Brasileiro em Madeiras e Estruturas de Madeira - Londrina em Julho de 2008. O documento descreve um modelo de cruzetas de eucalipto de florestas plantadas para substituir as cruzetas de madeira nativa e de concreto, no futuro. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um novo produto que tecnicamente apresentasse as qualidades condizentes às cruzetas empregadas em redes de distribuição de energia e que, ao mesmo tempo, reduzisse os custos ambientais, confirmando o eucalipto de florestas plantadas como matéria-prima de caráter sustentável. Como pode ser

observado, o documento descreve cruzetas de espécies provenientes de florestas plantadas, mais especificamente o Eucalipto, mesma espécie utilizada na presente proposta. No presente artigo, são descritos testes para observar o
5 melhor desempenho das cruzetas. Nos referidos testes, são utilizados vários tipos de cruzetas, tais como cruzetas roliças, de duas faces, de três faces etc. A partir dos referidos testes, constatou-se que o modelo mais ajustado aos requisitos técnicos foi o modelo de cruzeta de face
10 superior curva e três faces aparelhadas, ao passo que na presente proposta também é descrita a utilização de cruzetas, onde a face A se encontra abaulada. O modelo mais ajustado aos requisitos técnicos foi o modelo de cruzeta de face superior curva e três faces aparelhadas. A cruzeta
15 apresentada na presente invenção apresenta a face superior curva, onde foi projetado um raio específico para ser utilizado no processo de abaulamento, onde o mesmo proporciona uma curvatura ideal para escoamento de água, assim, permitindo a perfeita drenagem da água que cairá
20 sobre a superfície da cruzeta. Além disso, as dimensões das cruzetas são definidas de acordo com instruções normativas.

O artigo "O potencial do eucalipto para a produção de madeira sólida" - publicado na Revista Madeira, Edição No. 75 - Agosto de 2003. O documento descreve o grande

potencial da madeira de Eucalipto para a produção de madeira sólida. O artigo descreve que o *Eucalipto grandis* é atualmente uma das espécies mais promissoras para o setor florestal brasileiro, devido a sua maior área plantada em
5 relação às outras espécies comerciais.

Lima et al (2008) estudaram a qualidade de juntas coladas de madeira de quatro clones de *Eucaliptos*, com o uso de três tipos de adesivos comerciais, avaliados por meio da resistência da colagem ao esforço de cisalhamento e
10 a porcentagem de falha na madeira, onde o mesmo diz que a colagem é uma etapa fundamental para o aproveitamento de peças de madeira de pequenas dimensões, muito utilizadas no setor moveleiro. Na produção das cruzetas, em nenhum momento são utilizadas juntas coladas no seu processo de
15 fabricação.

Modelos de cruzetas de eucaliptos de florestas plantadas foi avaliado por Cesar et al (2008), onde o mesmo estudou diferentes formas de cruzetas, sendo elas; roliça, aparelhada em duas faces e aparelhada em três faces.
20 Analisaram-se os aspectos das dificuldades de aplicação e das facilidades ergonômicas para os funcionários no momento do manuseio, onde as dimensões das cruzetas devem ser o mínimo necessário para atender com margem de segurança os ensaios mecânicos de flexão. O modelo mais ajustado aos

requisitos técnicos foi o modelo de cruzeta de face superior curva e três faces aparelhadas. A cruzeta apresentada nesta patente apresenta a face superior curva, onde foi projetado um raio específico para ser utilizado no processo de abaulamento, onde o mesmo proporciona uma curvatura ideal para escoamento de água, assim, permitindo a perfeita drenagem da água que cairá sobre a superfície da cruzeta. Além disso, as dimensões das cruzetas são definidas de acordo com instruções normativas.

10 Arruda (1995) descreve a produção de vigas estruturais através da técnica da madeira laminada colada, objetivando fornecer uma opção de compor elementos estruturais com determinado padrão de resistência. Inicialmente foi feita uma triagem para eliminar peças com grandes defeitos. Foi 15 determinado o módulo de elasticidade das lâminas e as vigas foram levadas a ruptura por meio de ensaios mecânicos de flexão. Este trabalho não acrescenta nada no estado da arte já conhecido para a MLC e difere da patente proposta em relação às recomendações construtivas e de controle de 20 qualidade necessários para a produção das cruzetas, sendo que um dos pontos principais é a ordem de colocação das lâminas de maior módulo de elasticidade nas regiões de maiores esforços fica bem explícito, fato este não observado no trabalho de Arruda.

Como pode ser observado nenhum dos documentos do estado da técnica não especificam e recomendam a utilização de madeira laminada colada para uso como cruzetas.

5 A cruzeta de madeira laminada colada apresentada na presente proposta de invenção, não apresenta nenhuma semelhança no processo de fabricação desenvolvido com documentos descritos no estado da técnica.

Sumário da Invenção

10 Para solucionar os problemas acima mencionados, a presente invenção propiciará vantagens significativas em relação às cruzetas existentes possibilitando um aumento do seu desempenho e apresentando uma relação custo/benefício mais favorável.

15 A proposta da presente invenção foi à utilização da técnica de madeira laminada colada para fabricação de cruzetas. Inicialmente, foi realizada a avaliação teórica da resistência e da rigidez das cruzetas, determinando as propriedades mecânicas mínimas necessárias para as lâminas de madeira, tendo em vista as dimensões padrões normalmente
20 utilizadas nas cruzetas, de forma que as mesmas resistam aos carregamentos estipulados pelas normas técnicas.

Assim, foi realizada a classificação visual e a classificação mecânica para que as lâminas de melhores qualidades sejam aplicadas nas regiões de maiores esforços

nas cruzetas.

Posteriormente, as cruzetas foram avaliadas mecanicamente, em ensaios de flexão estática, realizados nas quatro faces, para avaliar a resistência e a rigidez. 5 Outro fator importante é o tratamento preservativo químico, feito em autoclave com o preservativo CCA, para aumentar a durabilidade das cruzetas de madeira. Esse tratamento é imprescindível no caso de espécies provenientes de florestas plantadas, pois as mesmas possuem uma menor 10 resistência natural ao ataque de organismos xilófagos. As cruzetas também são impermeabilizadas com resina de mamona (poliol e pré-polímero) com objetivo aumentar a proteção contra intempéries, auxiliar no processo de preservação e degradação pelos raios UV e melhoria do isolamento 15 elétrico. Por fim, foram colocadas chapas estampadas nas extremidades das cruzetas, evitando-se assim, fendilhamento e descolamento e, foram colocadas cavilhas nos furos não utilizados.

Breve Descrição das Figuras

20 A estrutura e operação da invenção, juntamente com vantagens adicionais da mesma podem ser mais bem entendidas mediante referência aos desenhos em anexo e a seguinte descrição:

A Figura 1 representa um ensaio de flexão em cruzetas;

A figura 2 representa uma secção transversal da cruzeta com as quatro faces;

A Figura 3 representa a deformação da cruzeta após aplicação do carregamento;

5 A figura 4 representa um fluxograma de produção da madeira laminada colada;

A figura 5 mostra uma cruzeta laminada colada com três lâminas;

10 A figura 6 mostra uma cruzeta laminada colada com três lâminas com parafuso;

A figura 7 mostra uma cruzeta laminada colada com quatro lâminas; e

A figura 8 mostra uma cruzeta laminada colada com quatro lâminas com parafuso.

15 Descrição Detalhada da Invenção

Embora a presente invenção possa ser suscetível a diferentes modalidades, é mostrada nos desenhos e na seguinte discussão detalhada, uma modalidade preferida com o entendimento de que a presente revelação deve ser
20 considerada uma exemplificação dos princípios da invenção e não pretende limitar a presente invenção ao que foi ilustrado e descrito aqui.

As cruzetas de madeira laminada colada da presente invenção foram fabricadas com madeiras de florestas

plantadas de densidade máxima de 800 kgf/m^3 , com classes de resistência para folhosas de C20 a C40 e para coníferas de C20 a C30, de acordo com "*Dimensionamento de elementos estruturais de madeira*" publicado por CALIL, C.J.; ROCCO, F.A.; DIAS, A.A. São Carlos: Editora Manole, 152 p, 2003.

Inicialmente as lâminas de madeira devem passar por um processo de classificação visual e de classificação mecânica para diminuir a variabilidade nas propriedades de resistência e elasticidade e, para que as lâminas de qualidades superiores fiquem nas regiões de maiores esforços.

A classificação visual e a classificação mecânica das peças são imprescindíveis para dispor as lâminas com qualidades superiores nas regiões de maiores solicitações aos esforços mecânicos (partes externas das cruzetas).

A classificação visual consiste em selecionar individualmente as peças pela aparência. Estes métodos se baseiam no fato de que os defeitos afetam a resistência e a rigidez das peças de madeira. As regras de classificação especificam tolerâncias para os tipos de defeitos (inclinação das fibras, nós, fendas, rachas, empenamento, arqueamento e torcimento), tamanhos, quantidades e posição, gerando classes em função da qualidade das lâminas. Uma lâmina de madeira pode ser classificada como SS (Select

Strutural), S1, S2 ou S3. Esta seqüência de classificação define nesta ordem as peças de melhor qualidade, sendo assim, uma lâmina classificada como SS têm qualidade superior a uma lâmina classificada como S1, e assim por
5 diante.

A classificação mecânica é o processo pelo qual a madeira é avaliada por meio de um teste não-destrutivo. O método de classificação mecânica utilizado foi o de
10 classificação mecânica por VIBRAÇÃO TRANSVERSAL. Este método consiste em aplicar um golpe em uma peça de madeira bi-apoiada, tendo um apoio em forma de lâmina em uma das extremidades e uma célula de carga na outra extremidade. A
15 peça de madeira irá vibrar em sua freqüência natural até que a vibração cesse em função do amortecimento. A freqüência em que a peça vibra depende do módulo de elasticidade da madeira (MOE), do vão, da densidade e do tipo de apoio e determina o quanto uma peça de madeira é
20 mais rígida que a outra utilizado por Carreira e outros, intitulado: "Proposta de método para classificação visual estrutural de coníferas". *Revista Madeira: Arquitetura E Engenharia*, n. 13, maio-ago., 2004.

A classificação mecânica por vibração transversal indicará peças que sofrerão menores deformações, pois a rigidez apresenta relação direta com a resistência, desde

que esteja conjugada com uma avaliação visual, que detecta os defeitos localizados.

Cada espécie de madeira apresenta particularidades em relação ao método de classificação visual e o método de
5 classificação mecânica por vibração transversal. Dependendo da espécie, a madeira apresenta diferentes defeitos em função de sua aparência, posição em que foi retirada da árvore e, diferentes MOE em função de sua rigidez.

A divisão dos valores de MOE para as lâminas de
10 madeiras com alta e baixa rigidez, nas folhosas e coníferas, se deu na seguinte ordem:

- lâminas de madeiras de baixa rigidez são classificadas como 1 quando apresentarem um $MOE > 15$ GPa, como 2, quando apresentarem um MOE $10 < MOE \leq 15$ e
15 finalmente quando as lâminas apresentarem um $MOE \leq 10$ ela serão classificadas como 3.

- as lâminas de madeira com alta rigidez são classificadas como 1 quando apresentarem um $MOE > 25$ GPa, como 2, quando apresentarem um $20 < MOE \leq 25$ e finalmente
20 quando as lâminas apresentarem um $MOE \leq 20$ ela será classificada como 3.

A classificação visual e a classificação mecânica das peças são imprescindíveis para dispor as lâminas com qualidades superiores nas regiões de maiores solicitações

aos esforços mecânicos (partes externas das cruzetas).

A combinação das informações de classificação visual e classificação mecânica são descritas abaixo, onde as primeiras letras ou a primeira letra e número é relativo à
 5 classificação visual, e o número subsequente é relativo à classificação mecânica para as lâminas de madeira, temos então:

- SS - 1, SS - 2, SS - 3;
- S1 - 1, S1 - 2, S1 - 3;
- 10 - S2 - 1, S2 - 2, S2 - 3;
- S3 - 1, S3 - 2, S3 - 3.

Esta seleção das lâminas através da classificação visual e da classificação mecânica é obtida para as lâminas de todas as espécies de madeira em estudo, sempre
 15 respeitando os critérios de classificação descritos acima, portanto, obtendo um produto com características únicas e inovador devido o uso destes métodos

Uma melhor compreensão das informações relativas à classificação mecânica e a classificação visual para
 20 madeiras de alta e baixa rigidez são apresentadas na tabela 1.

Tabela 1 - Classificação das lâminas de madeira.

Classificação das lâminas em função da	Divisão MOE - GPa, para madeiras de	Divisão MOE -GPa, para madeira de alta
--	-------------------------------------	--

classificação mecânica e visual	baixa rigidez	rigidez
SS - 1	MOE > 15	MOE > 25
SS - 2	10 < MOE ≤ 15	20 < MOE ≤ 25
SS - 3	MOE ≤ 10	MOE ≤ 20
S1 - 1	MOE > 15	MOE > 25
S1 - 2	10 < MOE ≤ 15	20 < MOE ≤ 25
S1 - 3	MOE ≤ 10	MOE ≤ 20
S2 - 1	MOE > 15	MOE > 25
S2 - 2	10 < MOE ≤ 15	20 < MOE ≤ 25
S2 - 3	MOE ≤ 10	MOE ≤ 20
S3 - 1	MOE > 15	MOE > 25
S3 - 2	10 < MOE ≤ 15	20 < MOE ≤ 25
S3 - 3	MOE ≤ 10	MOE ≤ 20

Tendo em vista os resultados obtidos com o estado limite e de utilização, através dos ensaios realizados para o projeto estrutural e construtivo da cruzeta de MLC, e com a classificação visual e a classificação mecânica das lâminas de madeira, as cruzetas foram projetadas por meio de um planejamento de distribuição de lâminas, onde as lâminas de qualidade superior são colocadas nas regiões de maiores esforços. Portanto, as cruzetas produzidas com madeiras de folhosas com classes de C20 a C40 para baixa e alta rigidez são fabricadas com três lâminas e as cruzetas produzidas com coníferas com classes de C20 a C30 para baixa e alta rigidez podem ser fabricadas com três ou

quatro lâminas, onde todas as lâminas terão dimensões de 30x90x2000mm.

As tabelas 2 e 3 apresentam na linha horizontal as possíveis configurações das cruzetas que poderão ser produzidas para folhosas e coníferas.

Tabela 2 - Tipos de cruzetas para fabricação com folhosas e coníferas.

		Folhosas de alta e baixa rigidez		
Tipo de lâmina		SS - 1	SS - 2	SS - 1
		SS - 1	SS - 2	SS - 2
		SS - 1	S1 - 1	SS - 1
		SS - 1	S2 - 1	SS - 1

Tabela 3 - Possíveis tipos de cruzetas que poderão ser fabricadas com coníferas.

		Coníferas de alta e baixa rigidez			
Tipo de lâmina		SS - 1	S2 - 1	S2 - 1	SS - 1
		SS - 1	S2 - 2	S2 - 2	SS - 1
		SS - 1	S2 - 2	S2 - 2	SS - 2
		SS - 2	S2 - 3	S2 - 3	SS - 2
		SS - 2	S2 - 2	S2 - 2	SS - 3

10 As cruzetas fabricadas com três lâminas terão dimensões de 90x90x200 mm e as cruzetas fabricadas com quatro lâminas terão dimensões de 120x90x200 mm.

Após fabricação das cruzetas estas serão avaliadas por meio de ensaio mecânico para determinação da rigidez e da resistência, verificando assim, se estas atendem aos valores normativos prescritos pela norma: NBR 8458, Cruzetas de madeira para redes de distribuição de energia elétrica; NBR 8459, Cruzetas de madeira - Dimensões; CPFL, Cruzetas de madeira preservada e não preservada para redes aéreas de distribuição de energia (Resistência à flexão - GED 2893).

Para avaliação da resistência e rigidez as cruzetas foram ensaiadas a flexão de acordo com o esquema apresentado na figura 1. As cruzetas foram apoiadas na metade do seu comprimento, sendo aplicada uma força "P" em cada uma de suas extremidades. Estas forças foram aplicadas simultaneamente na cruzeta, com a mesma intensidade e com velocidade de deslocamento máxima de 2 cm/min. Foram ensaiadas as quatro faces.

A figura 2 mostra uma cruzeta na seção transversal com as quatro faces (Face A, B, C e D). A face A se encontra abaulada, seguindo a nova geometria aplicada. Além disso, apresenta as dimensões do raio e do arco AB, essenciais para o abaulamento adequado da cruzeta. As dimensões aplicadas no raio e no arco AB do abaulamento é válido para as duas dimensões propostas, sendo elas: 90x90x2000 mm e

90x120x2000 mm. O ângulo AB é igual a 4,75 cm e o raio $r=8,4$ cm. A face B é igual a 9 cm.

Após a aplicação da carga, a cruzeta se apresentará deformada, como é mostrado na figura 3, sendo as flechas medidas nas duas extremidades das mesmas. Para medir a flecha das cruzetas foram utilizados dois relógios comparadores, um em cada extremidade da cruzeta, para as leituras de deslocamentos, com precisão de 0,01 mm e curso de 50 mm.

10 Para aceitação, as cruzetas devem atender aos parâmetros de avaliação.

Estes parâmetros estão descritos na tabela 4.

Tabela 4 - Carregamento x flechas admissíveis para a norma de Cruzetas de madeira.

Comprimento L (mm)	Ensaio	Descrição do carregamento	Resistência (daN)	Flecha - δ (mm)	
				Máxima	Residual máxima
2000	Figura 1	Nominal (R_{nom})	400	20	3
		Máximo excepcional ($1,4 \times R_{nom}$)	560	28	5
		Mínimo de	800	-	-

		Ruptura ($2 \times R_{nom}$)			
Obs: - indica que não precisa medir a flecha.					

Neste estudo foram utilizadas três espécies de florestas plantadas, sendo elas: *Lyptus*, *Eucalipto grandis*, (*E. grandis*) e *Pinus taeda* (*P. taeda*).

Todas as cruzetas fabricadas utilizando a técnica de madeira laminada colada, apresentando resultados satisfatórios nos ensaios mecânicos de resistência e rigidez.

A tabela 5 mostra o deslocamento médio das flechas de trinta corpos-de-prova, nas quatro faces das cruzetas.

10 Tabela 5 - Resultados de flechas para as cruzetas de madeira laminada colada.

Tipo de cruzeta	Flech a μ (mm)	Flech a μ (mm)	Flech a μ (mm)	Flech a μ (mm)	Flech a μ (mm)	Flech a μ (mm)	Flech a μ (mm)	Flech a μ (mm)
	Face A Carga 1	Face A Carga 2	Face B Carga 1	Face B Carga 2	Face C Carga 1	Face C Carga 2	Face D Carga 1	Face D Carga 2
<i>Lyptus</i>	9,86	13,06	9,86	13,42	8,11	11,23	7,87	11,17
<i>E.</i>	11,95	16,62	12,26	17,4	11,88	16,72	12,14	16,99

<i>grandi</i>								
<i>s</i>								
<i>P.</i>	6,65	9,36	6,88	9,57	10,07	14,19	9,99	14,22
<i>taeda</i>								

As cruzetas aprovadas nos processos de fabricação e nos ensaios de flexão estática foram tratadas quimicamente contra a demanda biológica em autoclave, com pressão de 12 kgf/cm², com o preservativo CCA (Cromo Cobre e Arsênio).

5 Após a secagem em temperatura ambiente, as cruzetas foram impermeabilizadas com adesivo de mamona (poliol e pré-polímero) com o objetivo de aumentar a proteção contra as intempéries, auxiliar no processo de preservação e degradação pelos raios UV, e melhoria do isolamento
10 elétrico.

Para evitar possíveis fendilhamento e descolamento das lâminas nas extremidades das cruzetas, utilizam-se chapas estampadas ou parafusos auto-atarrachantes, com ponta perfurante, em aço zincado, marca WURTH. Nas cruzetas com
15 dimensões de 90x90x2000 mm, os parafusos terão 80x5 mm e, para cruzetas com dimensões de 90x120x2000 mm, os parafusos terão 100x8 mm, fixados a 6 cm, das extremidades para o centro das cruzetas, na face B.

Foram colocadas cavilhas de *pinus* nos furos das
20 cruzetas não utilizados no momento de sua instalação, com

objetivo de proteger esses furos. As cavilhas são fabricadas com 18 mm de diâmetro e comprimento de 90 mm ou 120 mm.

Após o processo de fabricação das cavilhas, as mesmas
5 receberam tratamento químico com o preservativo CCA, em uma autoclave, posteriormente, as cavilhas foram secas em uma estufa à umidade de 0% para que no momento de sua utilização elas inchem até atingirem a umidade ambiente.

No processo de fabricação das cruzetas, as lâminas de
10 madeiras são aparelhadas, onde todas as lâminas passam por um processo de classificação visual e de classificação mecânica por ensaios não destrutivos, com prensagem automatizada para controle da pressão, a superfície das cruzetas é abaulada facilitando o escoamento da água e,
15 toda a cruzeta é impermeabilizada com resina de mamona. Este processo de produção de cruzetas é diferenciado em relação ao processo sugerido por Carrasco no documento de patente PI 9204369-0, onde o autor descreve a produção de dormentes de linhas férreas, com a superfície das lâminas
20 lixada, inclusive nas emendas biseladas e dentadas, o processo de prensagem não é automatizado com dimensões nas lâminas variando de 0,75 cm a 5 cm e o mesmo não faz uso da classificação visual para compor peças de madeira laminada colada. De acordo com o PI 9204369-0, Carrasco diz que as

vantagens de se obter peças de madeiras com a técnica da madeira lamina colada é sua aplicação em grandes estruturas como galpões, pontes, passarelas, linhas de transmissão e outras. Cabe ressaltar que somente a técnica da madeira laminada colada é existente desde o século XIX e com melhorias significativas para fins estruturais realizados na Alemanha, em 1960, por Otto Karl Frederick Hetzer, na construção de formas curvas, quando foi realizada a primeira patente de peças estruturais.

10 Uma das vantagens, da fabricação de cruzetas da presente invenção, com a técnica de madeira laminada colada, utilizando espécies de florestas plantadas, é a redução e a progressiva substituição das cruzetas produzidas a partir de espécies nativas. Devido à redução
15 da oferta de madeira proveniente de espécies nativas, os efeitos econômicos e o fortalecimento dos conceitos de preservação ambiental, é necessário buscar alternativas viáveis para a progressiva substituição do local de extração da matéria-prima e modo de fabricação das
20 cruzetas, levando em consideração todos os aspectos técnicos.

Outro fator que diferencia a cruzeta de madeira laminada colada, é o material utilizado para sua fabricação, neste presente proposta de invenção, é

utilizado apenas lâminas de madeira maciça vindas de florestas plantadas, enquanto no estado da técnica, é descrito, a fabricação de cruzetas com resíduos de madeira e material plástico; a fabricação de cruzetas com plástico reciclado ou natural, misturado com fibras naturais e estruturada com vergalhões metálicos; a fabricação de cruzetas com material plástico de alta resistência em três diferentes versões, a fabricação de cruzetas a partir de uma peça moldada em polipropileno talco fibra de vidro.

10 A figura 4 representa um fluxograma das etapas de preparação da cruzeta laminada colada da presente invenção.

As figuras 5 a 8 mostra a posição das lâminas e os parafusos nas extremidades para evitar fendilhamento e descolamento das referidas lâminas.

15 Embora uma modalidade preferida da presente invenção seja mostrada e descrita, é previsto por aqueles versados na técnica, que podem ser feitas várias modificações sem se afastar do escopo da presente invenção.

REIVINDICAÇÕES

1. Cruzeta de madeira laminada colada **caracterizada pelo** fato de que compreende pelo menos três lâminas de madeira coladas, previamente selecionadas de acordo com
5 classificação mecânica e visual, e onde as referidas lâminas são coladas com adesivos ou resinas, totalmente impermeabilizada e compreendendo uma superfície abaulada.

2. Cruzeta de madeira laminada colada, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizada pelo** fato da madeira ser
10 de espécies provenientes de florestas plantadas.

3. Cruzeta de madeira laminada Colada, de acordo com a reivindicação 2, **caracterizada pelo** fato de que compreender os diversos tipos das folhosas e coníferas, preferencialmente, as espécies do gênero *Lyptus*, *Pinus*
15 *taeda*, *Pinus taeda* L., Eucalipto grandis, *Eucalyptus grandis*, Eucalipto citriodora, *Eucalyptus citriodora*, Teca, *Tectona grandis*, Pinho do Paraná, *Araucaria angustifolia*, Seringueira, *Hevea brasiliensis*, Acácia-australiana, *Acácia mangium*, Paricá, *Schyzolobium amazonicum* Hub.

20 4. Cruzeta de madeira laminada colada, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que o referido adesivo pode ser adesivo epóxi, a base de uréia, diisocianato, e a referida resina pode ser a base de

resorcina-formol, poliuretana vegetal (pré-polímero e polioliol).

5 5. Cruzeta de madeira laminada colada, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a impermeabilização final da referida cruzeta compreende a utilização de poliuretana vegetal (pré-polímero e polioliol).

10 6. Cruzeta de madeira laminada colada, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a referida cruzeta compreende chapas estampadas ou parafusos auto-atarrachantes, com ponta perfurante, nas extremidades.

7. Cruzeta de madeira laminada colada, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a referida cruzeta compreende cavilhas nos furos não utilizados.

15 8. Cruzeta de madeira laminada colada, de acordo com a reivindicação 7, **caracterizado pelo** fato de que as referidas cavilhas são preferencialmente da espécie *Pinus*.

20 9. Cruzeta de madeira laminada colada, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado pelo** fato de que a referida cruzeta é destinada a sustentação de redes áreas de distribuição de energia elétrica.

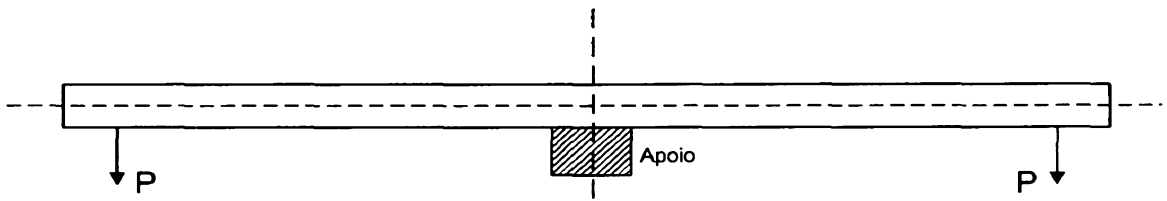


FIGURA 1

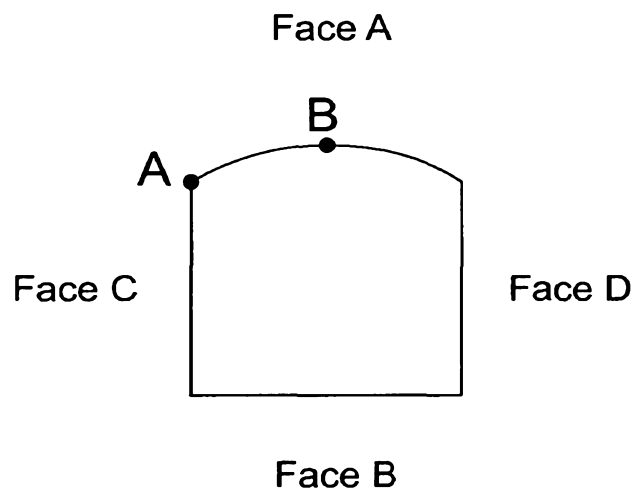


FIGURA 2

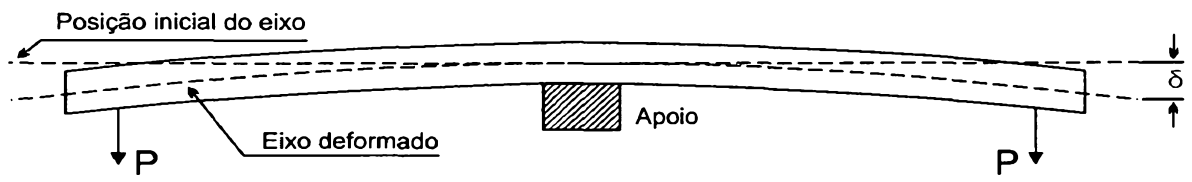


FIGURA 3

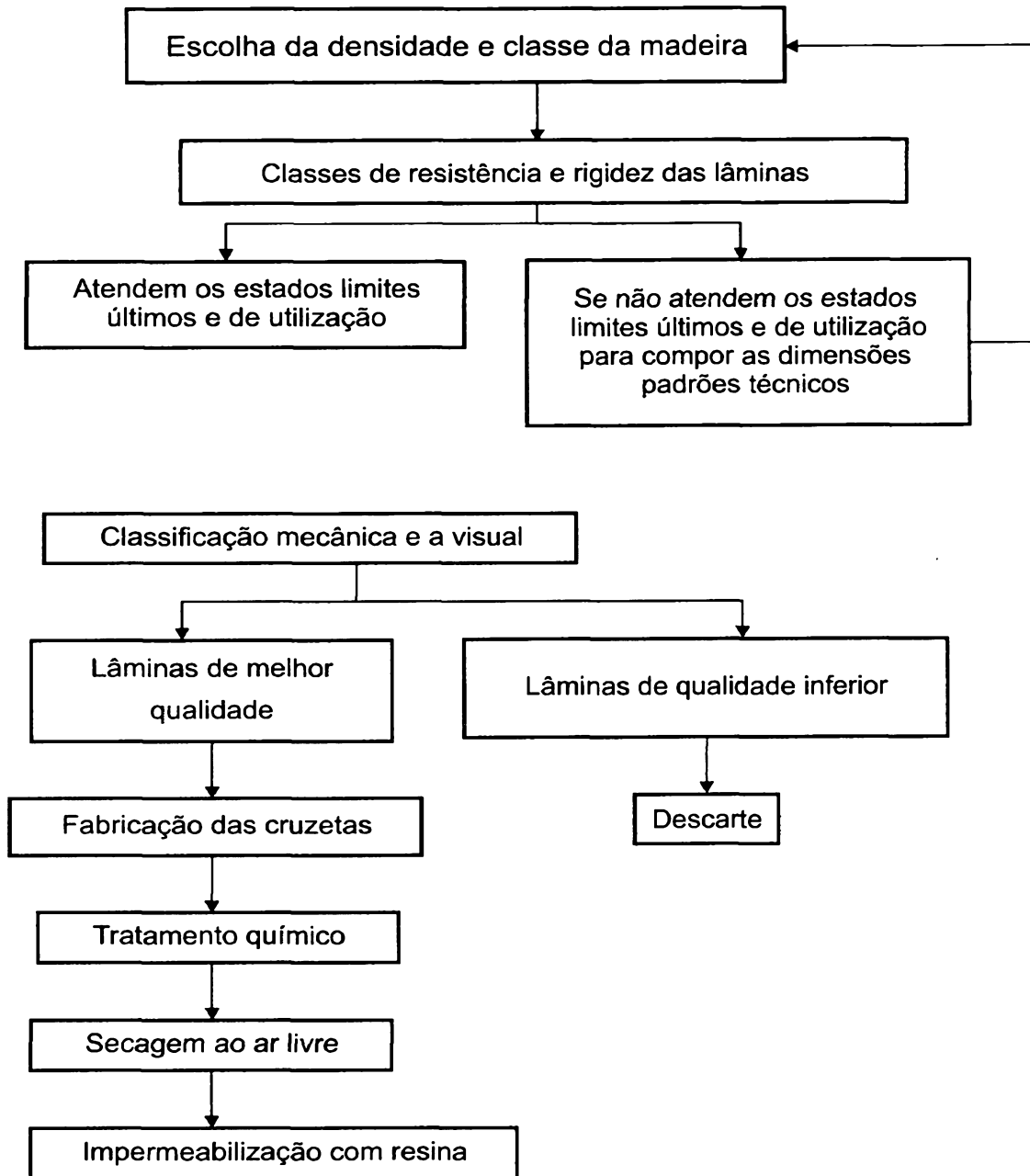


FIGURA 4

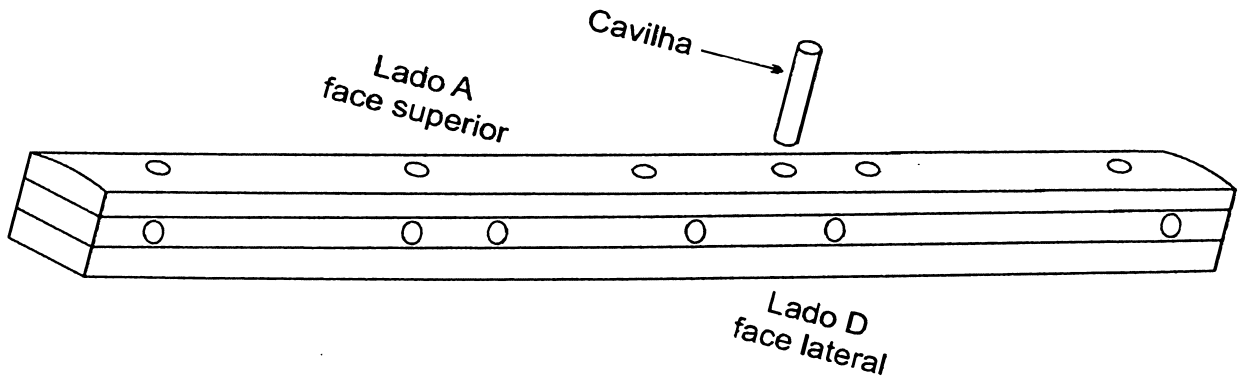


FIGURA 5

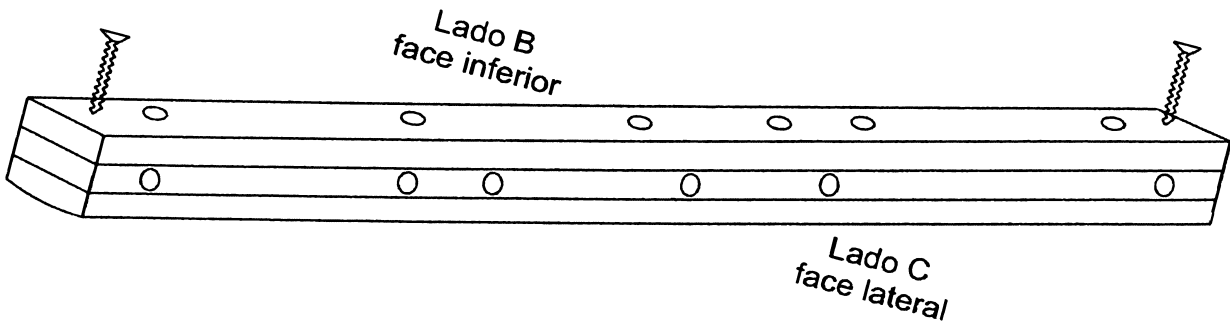


FIGURA 6

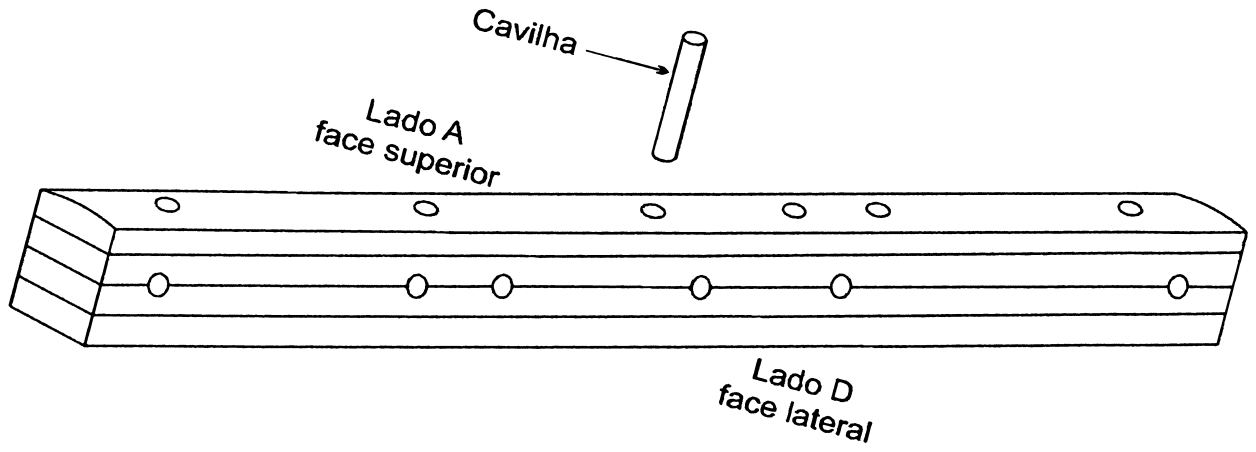


FIGURA 7

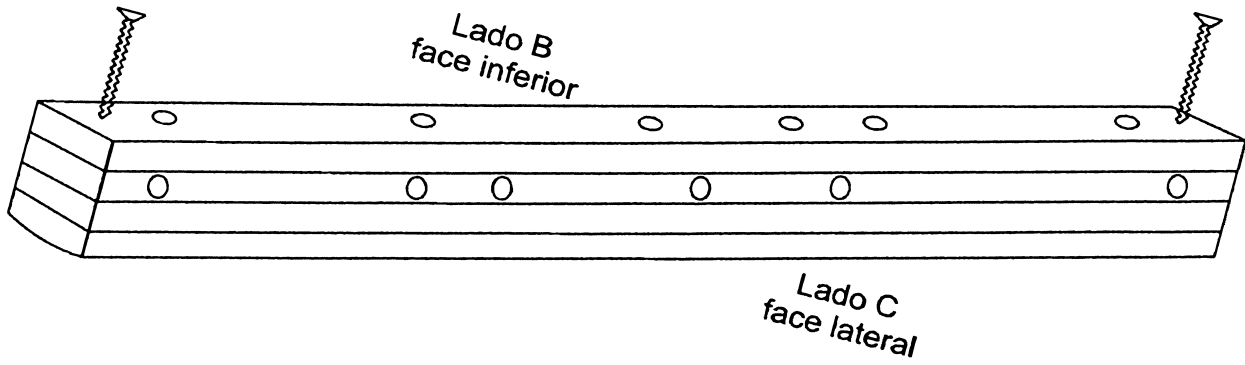


FIGURA 8

2-1009098-5

Resumo da Patente de Invenção para: "**CRUZETA DE MADEIRA LAMINADA COLADA**".

A presente invenção se refere à cruzeta de madeira laminada colada. Inicialmente, foi realizada a avaliação teórica da resistência e da rigidez das cruzetas, determinando as propriedades mecânicas mínimas necessárias para as lâminas de madeira, tendo em vista as dimensões padrões normalmente utilizadas nas cruzetas, de forma que as mesmas resistam aos carregamentos estipulados pelas normas técnica. Assim, foi realizada a classificação visual e a classificação mecânica para que as lâminas de melhores qualidades sejam aplicadas nas regiões de maiores esforços nas cruzetas. Esse tratamento é imprescindível no caso de espécies provenientes de florestas plantadas, pois as mesmas possuem uma menor resistência natural ao ataque de organismos xilófagos. As cruzetas também são impermeabilizadas com resina vegetal (poliol e pré-polímero) com objetivo de aumentar a proteção contra intempéries, auxiliar no processo de preservação e degradação pelos raios UV e melhoria do isolamento elétrico. Por fim, foram colocadas chapas estampadas nas extremidades das cruzetas, evitando-se assim, fendilhamento e descolamento e, foram colocadas cavilhas nos furos não utilizados.