

**MINISTÉRIO DA AGRICULTURA**

**INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL  
DEPARTAMENTO DE PESQUISA**

**DPq — SÉRIE TÉCNICA Nº. 2**

**ADESIVO DE TANINO FORMALDEÍDO  
PARA FABRICAÇÃO DE COMPENSADO  
E AGLOMERADO PARA USO  
INTERIOR E EXTERIOR**

**1979**

**Ministro da Agricultura**  
**Ângelo Amaury Stabile**

**Secretário Geral**  
**Hygino Antonio Bastiston**

**Presidente do IBDF**  
**Carlos Neves Galluf**

**Secretário Geral**  
**Joaquim Falco Uriarte Netto**

**Diretor do Departamento de Pesquisa**  
**Mauro Silva Reis**

*Marcos Antonio E. Santana*  
Químico, PhD  
IBAMA/DIRPED/LPF

unltd

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA -  
INSTITUTO BRASILEIRO DE DESENVOLVIMENTO FLORESTAL  
DEPARTAMENTO DE PESQUISA - DPq

ADESIVO DE TANINO-FORMALDEÍDO PARA FABRICAÇÃO  
DE COMPENSADO E AGLOMERADO PARA USO INTERIOR  
E EXTERIOR.\*

Autores:\*\*

Marcos A.E. Santana  
Químico

Hugo A. Coppens  
Engenheiro Florestal

Floriano Pastore Junior  
Químico

Roberto M. Nakamura  
Engenheiro Florestal

\* Trabalho realizado com a co-  
laboração técnica do Projē-  
to PUND/IBDF/FAO/BRA/78/003  
- Desenvolvimento Florestal

\*\* Laboratório de Produtos Flo-  
restais - IBDF-Brasília.

Brasília, 1979

*Marcos Antonio E. Santana*  
Químico, PhD  
IBAMA/DIRPED/LPF

## CONTEÚDO

|  | PÁGINA |
|--|--------|
| RESUMO                                     |        |
| SUMMARY                                    |        |
| 1. INTRODUÇÃO .....                        | 01     |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA .....             | 02     |
| 3. ADESIVO PARA COMPENSADO .....           | 04     |
| 3.1. Material e Método .....               | 04     |
| 3.2. Resultados e Discussão .....          | 08     |
| 4. ADESIVO PARA CHAPAS DE AGLOMERADO ..... | 13     |
| 4.1. Material e Método .....               | 13     |
| 4.2. Resultados e Discussão .....          | 15     |
| 5. CONCLUSÕES .....                        | 17     |
| 6. LITERATURA CITADA .....                 | 18     |

## RESUMO

Adesivos de tanino-formaldeído estão sendo pesquisados para a fabricação de compensado e aglomerado para uso exterior.

O único componente da resina foi o tanino, na forma de pó comercial seco, extraído da casca de Acácia-negra proveniente de plantações do sul do país. Os outros constituintes da cola, tal como o formaldeído, foram também, produzidos localmente.

Usou-se um modelo experimental, para compensados de Virola sp, no qual um grupo de sete colas e variáveis de processamento, com dois níveis de tratamento para cada, foram selecionados e avaliados segundo seus efeitos na qualidade de resistência da cola.

A análise estatística dos resultados obtidos a partir de 512 painéis de ensaio, trilaminados, revelou que o conteúdo de formaldeído, quantidade de cola aplicada, conteúdo de umidade da lâmina e tempo de montagem apresentaram influência significativa na qualidade de resistência da cola, em ordem decrescente de importância.

Foram obtidos ótimos resultados com a quantidade de 25% de formalina na mistura, 2% de extensor, pH 5, aplicação de cola de 300 g/m<sup>2</sup> em linha dupla de colagem, conteúdo de umidade da chapa de 3%, tempo de montagem de 10 min., temperatura de prensagem de 150°C, pressão de 12 Kg/cm<sup>2</sup> e tempo de prensagem de 7 min. Usou-se, nos testes, um mínimo de 80% de falha da madeira como único critério para a determinação da qualidade de resistência da cola.

Para aglomerados, foram produzidos apenas chapas de uma só camada. Foi usada uma mistura contendo 36 espécies de latifoliadas tropicais provenientes da Região do Tapajós na Bacia Amazônica de acordo com a ocorrência (volume/hectare) na floresta. Os resultados preliminares mostram uma forte indicação de que o adesivo de tanino seja apropriado para a fabricação de aglomerados, a partir de latifoliadas tropicais, resistente às variações climáticas.

## SUMMARY

Tannin-formaldehyde were developed for the manufacture of exterior-grade plywood and particleboard. The sole resin component used was a commercial spray-dried tannin powder extracted from *Acacia negra* bark from plantations in southern Brazil.

An experimental design was used in which a set of seven glue and process variables, involving two levels of treatment for each, were evaluated for their effect on glue bond quality in Virola sp plywood.

The statistical analysis of the results obtained from 512 three-ply panels revealed that formaldehyde content in the glue, amount of glue spread, veneer moisture content and assembly time had significant influences on glue bond quality in a descending order of importance, respectively.

Optimal results were obtained with 25 percent formaldehyde (40% aqueous), 2 percent filler content, pH 5, 300 g/m<sup>2</sup> (61 lb/Mft<sup>2</sup>) (double glue line) glue spread, 3 percent veneer moisture content, 10 min. assembly time, 150°C press temperature, 7 min. press time and a pressure of 12 Kg/cm<sup>2</sup> (171 lb/in<sup>2</sup>.).

A minimum of 80 percent wood failure was used as the only criterion for determining glue bond quality.

Single layer particleboard were produced from a mixture of 36 tropical hardwood species from the Tapajós Region in the Amazon Basin on a weight-percent basis in accordance with their occurrence (volume/ha) in the forest. There is a strong indication that tannin adhesive bonded particleboards are water-resistant.

## 1. INTRODUÇÃO

Considerando o elevado preço do petróleo , as resinas sintéticas passam a ser, atualmente, os componentes mais caros dos painéis de madeira. Esta é a razão pela qual, em muitos países, a pesquisa, está sendo conduzida no sentido de encontrar substitutos de igual qualidade e desempenho, tendo como base matéria prima de baixo custo, a partir de fontes naturais renováveis.

Os taninos extraídos da casca de espécies fornecedoras de madeira e outras fontes naturais, tais como certas sementes, são substitutos potenciais dos compostos fenólicos. A casca, geralmente, é muito mais rica quanto a complexidade e à quantidade de extrativos químicos, do que o lenho. Os extrativos mais importantes são os taninos polifenólicos. Os taninos condensados são polímeros dos constituintes flavonóides hidroxilados e, na reação com formaldeído, se comportam como fenóis típicos.

O Brasil possui duas fontes abundantes de cascas, para a produção de tanino: as plantações de Acácia-negra (Acacia mollissima Willd) no Rio Grande do Sul e os manguezais naturais (Rhizophora mangle) do Nordeste.

A presente publicação descreve os adesivos de tanino-formaldeído, e sua obtenção a partir de extrativos da casca de Acácia-negra, para produtos de madeira que requerem o uso de cola, tais como, painéis de compensados e chapas de aglomerado para uso exterior. Os principais objetivos do trabalho foram:

a) Coletar e divulgar dados sobre a nova tecnologia de adesivos e promover a introdução de outras fontes de matéria prima para substituir os produtos petroquímicos, na fabricação de diferentes tipos de cola, para uso exterior; b) Desenvolver um tipo de adesivo de tanino-formaldeído resistente à

água, visando a fabricação de compensados e chapas de aglomerado para uso exterior, usando tanino extraído da casca de Acácia-negra como o único componente de resina, sem ser fortificado com fenóis de alto custo; e c) Usar, para os outros componentes da cola, material elaborado localmente, tal como o formaldeído, a fim de garantir um produto cem por cento nacional.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

As pesquisas sobre resinas de tanino, foram iniciadas, na década de cinquenta, na Austrália; Índia (3), Índia (13), Estados Unidos (9) e Venezuela (21); mas, crescente interesse no desenvolvimento das resinas, a partir de fontes naturais, ocorreu somente após a crise do petróleo, o que está evidente na literatura citada.

Em 1950, Dalton (4) apresentou extensivo trabalho sobre as propriedades adesivas dos extrativos de seis espécies, incluindo tanino comercial de Acácia-negra e extrativos da casca ou do lenho de espécies de Callistris e Eucaliptus. Todos os taninos reagiram formando resinas. Quatro delas formaram, com a madeira, linhas de cola bem resistentes contra a água quando fabricados em prensa quente.

Brandt (3) apresentou em 1953, resultados positivos em sua pesquisa sobre extrato de tanino da casca de espécie de Rhizophora e Bruguiera (mangue). Preocupou-se em preparar adesivos para a aplicação em compensados de uso exterior. Resultados equivalentes foram obtidos, na Índia e Venezuela (13,21).

Herrick e Bock (9) descobriram que o poli metilolfenol tinha boa atuação como agente de ligação cruzada e copolimerizador, com os extratos da casca de "Western hemlock" (Tsuga heterophylla). Uma fórmula, com aproximadamente 60% de extrato de casca e 40% do reagente polimetilolfenol, pareceu fornecer um melhor equilíbrio, na porcentagem de falha da madeira e nas propriedades de resistência ao cisalhamento em condição verde.

Atualmente, os adesivos baseados em extratos de espécies de Mimosa (Acacia mearnsii de Willd) são usados comercialmente na Austrália, na fabricação de compensado de uso exterior e no assoalamento com chapas de aglomerado. Adesivos de tanino, usados na colagem de laminados de madeira, empregando-se o aquecimento por alta frequência, têm apresentado resultados promissores sob condições de laboratório (15, 16).

Na África do Sul, a pesquisa relacionada com adesivos de tanino, a partir de espécie de Acácia, foi iniciada em 1964. Desde então, uma vasta série de resinas adesivas tem sido desenvolvida para a fabricação de painéis de madeira, vigas laminadas e juntas denteadas (finger joints) (17, 18, 19, 22).

Foi introduzido na Malásia, em 1973, extrativo do lenho do castanheiro. O extrativo foi transformado em resina fenol-formaldeído alcalinizada, com o objetivo de reduzir o custo da cola na fabricação de compensado. Descobriu-se que poderia ser produzida uma cola resistente à ebulição e às variações climáticas, com 50% do fenol substituído por extrato de tanino do lenho do castanheiro (11).

Tanino de Quebracho (Schinopsis sp), foi introduzido no mercado europeu como constituinte único ou parcial de adesivo para a fabricação de compensados e aglomerados. A Finlândia utiliza cerca de 2.500 toneladas de extrato de Quebracho, anualmente na indústria de compensados (5).

### 3. ADESIVO PARA COMPENSADO

#### 3.1. Material e Método

O tanino para este projeto de pesquisa, pó comercial seco, foi retirado da casca de Acácia-negra. Plantações desta espécie foram efetuadas para este fim. As características do tanino foram fornecidas pela companhia TANAC S.A. e estão apresentadas na tabela 1.

Foi usada, na preparação de todas as diferentes misturas de cola, uma solução aquosa de tanino, com 45% de sólidos.

O formaldeído usado na cola foi a formalina, já que o paraformaldeído iria onerar o processo, tendo em vista seu alto custo e necessidade de importação. Contudo, a formalina é mais reativa do que o paraformaldeído e influencia negativamente, na vida útil da cola.

Como extensor, utilizou-se pó de Ucuúba (Virola sp), com uma granulação de 200 mesh..

O pH da mistura foi ajustado com hidróxido de sódio (4N), até o nível desejado.

Empregou-se lâminas de Ucuúba na fabricação de painéis de ensaio, porque a referida madeira é, na Região Amazônica, a mais importante matéria prima aplicada na produção de compensado comercial. É uma madeira de densidade média com peso específico básico de 0,44 (valor médio), pH 5,3 e um "buffering capacity" de 0,25 (expresso em miliequi valentes (Nxml) de ácido sulfúrico necessário para abaixar o pH até 3,5) (12). Foram usadas 3 lâminas, com 2mm de espessura, na preparação dos painéis de ensaio.

Desenvolveu-se um modelo experimental, para compensados de Ucuúba, no qual um grupo de sete variáveis para cola e processamento, com dois níveis de tratamento para cada, foram selecionadas e avaliadas, segundo seus efeitos na qualidade de resistência da cola.

TABELA 1. ANÁLISE DO PÓ DE TANINO \*

| Método de Agitação (%) |         | Método de Filtração (%) |
|------------------------|---------|-------------------------|
| Taninos                | 68/70   | 70/72                   |
| Não Taninos            | 22/23   | 21/22                   |
| Insolúveis             | 0,9/1,1 | 0,9/1,1                 |
| Água                   | 6/7     | 6/7                     |
| pH                     |         | 4,5/5,0                 |
| Ácidos (**)            | 7/8     |                         |
| Sais (**)              | 44/46   |                         |
| Côr (***)              |         |                         |
| Vermelho               | 2,1/3,5 |                         |
| Amarelo                | 4,2/5,2 |                         |

\* Dados fornecidos pela Companhia Tanac S/A.

\*\* Expresso em equivalente miligrama por gramas de sólidos solúveis.

\*\*\* Calculada a partir da solução analítica observada com uma concentração de tanino a 0,5%, e expresso em valores da "Munsell Color Standards, Munsell Book of Color, Maryland U.S.A."

Além de uma força de ligação satisfatória, a cola propriamente dita, deveria ter uma vida útil de pelo menos 4 horas.

Por vida útil, entende-se o tempo decorrido desde o momento em que os componentes da cola são misturados e o momento em que a viscosidade atinge cerca de 10.000 centipoise, quando então, a cola já não pode mais ser facilmente espalhada. Todas as medidas de viscosidade, para a determinação da vida útil, foram feitas com viscosímetro, COLORA, tipo "Fallingball".

O conteúdo de tanino e a quantidade de extensor, foram mantidos no mesmo nível em todas as misturas de cola. As variáveis analisadas para a cola, foram a quantidade de formalina e o pH, para as quatro colas (M1, M2 M3, e M4) de distinta composição, como segue:

| Componentes da cola       | M1  | M2  | M3  | M4  |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|
|                           | %   | %   | %   | %   |
| Solução aquosa de tanino* | 50  | 50  | 50  | 50  |
| Extensor **               | 2   | 2   | 2   | 2   |
| Formalina **              | 12  | 12  | 20  | 20  |
| pH                        | 4,9 | 5,1 | 4,9 | 5,1 |

\* O pó de tanino usado, possuía um conteúdo de umidade de 10% logo, na realidade, a solução aquosa de tanino con tinha 45% de sólidos.

\*\* Quantidade de extensor e formalina calculada com base no pó de tanino com um conteúdo de umidade de 10%.

O extrato de tanino em pó foi dissolvido em água, à temperatura ambiente, juntamente com o extensor. Esta mistura foi mantida à temperatura citada, por uma noite,

para assegurar completa hidratação. Quando da preparação da cola para uso, adicionou-se primeiramente, hidróxido de sódio para ajustar o pH até o nível exigido e, finalmente, a formalina com os outros componentes.

As variáveis de processamento consideradas no modelo experimental foram:

|  |       |                          |
|--|-------|--------------------------|
| Conteúdo de umidade da lâmina              | 3 e   | 7 (%)                    |
| Tempo de assemblagem                       | 5 e   | 10 (min.)                |
| Aplicação da cola (linha dupla de colagem) | 150 e | 250 (g/m <sup>2</sup> )  |
| Temperatura de prensagem                   | 140 e | 150 (°C)                 |
| Pressão                                    | 8 e   | 12 (Kg/cm <sup>2</sup> ) |

O tempo de prensagem foi constante para os testes de painéis (7 min.)

Cada combinação da cola (M1.....M4) exigiu 32 tratamentos e para cada tratamento, 4 replicações, resultando na preparação de um total de 512 painéis de ensaios, trilaminados, de 60 x 60 cm.

De cada painel, foram cortadas e selecionadas, ao acaso, 10 amostras para testes de cisalhamento, as quais foram cortadas de acordo com as designações das normas ASTM: D 906 (1). As amostras foram então, submetidas a um teste cíclico de ebulição: 4 horas em ebulição, 20 horas em estufa à 65°C, seguido por outro tratamento final de ebulição por 4 horas. As amostras passaram logo após, por um teste de cisalhamento em condição verde, com uma velocidade de carregamento de 0,12cm/min.

Para a determinação da qualidade de resistência da cola, tomou-se, como único critério, a porcentagem de falha da madeira na amostra, após o teste de cisalhamento; exigindo-se um mínimo de 80% de falha da madeira, para que a amostra fosse considerada satisfatória.

### 3.2. Resultados e Discussão

Com os resultados de 512 painéis de ensaios, foi executada análise estatística, com o propósito de deter

minar a composição de cola mais satisfatória, e, em ordem de importância, a influência das diferentes variáveis de processamento (tabela 2), na qualidade de resistência da cola.

O teste Duncan, a nível de 5% de probabilidade, incluindo todos os resultados, revelou que as diferenças entre as colas M1 e M2 e entre M3 e M4 foram insignificantes; contudo, entre os resultados do grupo M1/M2, e os do grupo M3/M4 foi encontrada uma diferença significativa. Isto mostra a influência da quantidade de formaldeído na composição da cola.

A partir dos resultados de cada composição de cola, foram selecionados, estatisticamente, aqueles tratamentos que apresentaram o mais alto valor de falha da madeira e também os que diferiram significativamente do restante (tabela 2).

Tabela 2. SELEÇÃO DO MELHOR TRATAMENTO PARA CADA COMPOSIÇÃO DE COLA E SUAS CORRESPONDENTES VARIÁVEIS DE PROCESSAMENTO.

| Composição de Cola |     |     |     | Variáveis de Processamento |     |    |     |    |
|--------------------|-----|-----|-----|----------------------------|-----|----|-----|----|
| M1                 | M2  | M3  | M4  | A                          | B   | C  | D   | E  |
| Tratamentos        |     |     |     |                            |     |    |     |    |
| T16                | T16 | T16 | T16 | 3                          | 250 | 10 | 150 | 12 |
|                    | T12 | T12 | T12 | 3                          | 250 | 10 | 140 | 12 |
|                    |     | T04 | T04 | 3                          | 250 | 5  | 140 | 12 |
|                    |     | T08 | T08 | 3                          | 250 | 5  | 150 | 12 |
|                    |     | T11 | T11 | 3                          | 250 | 10 | 140 | 8  |
|                    | T15 | T15 | T15 | 3                          | 250 | 10 | 150 | 8  |
|                    |     | T03 |     | 3                          | 250 | 5  | 140 | 8  |
|                    |     | T07 |     | 3                          | 250 | 5  | 150 | 8  |

- A - Conteúdo de umidade da lâmina (%)
- B - Aplicação da cola (linha dupla de colagem) (g/m<sup>2</sup>)
- C - Tempo de assemblagem (min.)
- D - Temperatura de prensagem (°C)
- E - Pressão (Kg/cm<sup>2</sup>)

A tabela 2 mostra que o tratamento T16 a apresentou os resultados mais satisfatórios, independente da composição da cola e sugeriu que a seleção das variáveis de processamento usadas neste tratamento, foi a melhor combinação.

Contudo, uma análise fatorial a um nível de 1% de probabilidade, conduzida com todos os resultados da composição da cola M3, revelou que a quantidade de cola (250 g/m<sup>2</sup>), o conteúdo de umidade da lâmina (3%) e o tempo de assemblagem (10 min.) tiveram uma influência significativa na qualidade de resistência da cola, como também foi constatado pela porcentagem de falha da madeira. Por outro lado, a temperatura de prensagem e diferenças de pressão não tiveram influência. Isto significa que tanto uma temperatura de 140° ou 150°C e uma pressão de 8 ou 12 Kg/cm<sup>2</sup> podem ser aplicadas, sem influenciar significativamente no resultado final. Exprimindo a influência das variáveis significativas em porcentagem, estima-se a quantidade de cola aplicada em 62,8%, o conteúdo de umidade de lâmina em 40,6% e o tempo de assemblagem em 6,6%. Estes resultados mostram claramente que a quantidade de cola e o conteúdo de umidade da lâmina, são as variáveis mais críticas nesta situação.

Baseando-se nos resultados da investigação preliminar, foram testadas as seguintes modificações na fórmula da cola e nas variáveis de processamento (tabela 3).

Tabela 3. MODIFICAÇÕES INTRODUZIDAS NA COMPOSIÇÃO DA COLA E NAS VARIÁVEIS DE PROCESSAMENTO.

| Tratamento | Quantidade de cola aplicada<br>g/m <sup>2</sup> | conteúdo de formalina<br>% | Extensor<br>% | pH  |
|------------|---|----------------------------|---------------|-----|
| A*         | 250   | 20                         | 2             | 5,0 |
| B          | 300   | 20                         | 2             | 5,0 |
| C          | 300   | 25                         | 2             | 5,0 |
| D          | 350   | 25                         | 2             | 5,0 |
| E          | 300   | 25                         | 2             | 5,5 |
| F          | 300   | 25                         | 2             | 4,5 |
| G          | 300   | 25                         | 8             | 5,0 |

\* Esta composição é a repetição do tratamento T16 para a cola M3, tendo o pH sido elevado para 5,0

O conteúdo de umidade da lâmina (3%) o tempo de assemblagem (10 min.), a temperatura de prensagem (150°C) e a pressão (12 Kg/cm<sup>2</sup>) foram mantidas constantes.

Este trabalho mostra que 25% de formalina, 2% de extensor, pH 5 e uma aplicação de cola de 300g/m<sup>2</sup> (Tratamento C), fornecem os melhores resultados com relação a porcentagem de falha da madeira, em todas as amostras testadas (Tabela 4). A vida útil da cola é de 5 horas e 30 minutos a 21°C, com uma viscosidade inicial de 1.500 centipoise.

Tabela 4. RESULTADOS DO TESTE DE CISALHAMENTO DE ACORDO COM AS NORMAS ASTM: D 906-70.

| Tratamento | Falha da madeira * |
|------------|--------------------|
| A          | 46,0               |
| B          | 59,0               |
| C          | 87,0               |
| D          | 77,0               |
| E          | 63,0               |
| F          | 76,0               |
| G          | 79,0               |

\* Cada valor corresponde à média de 40 testes (10 amostras para cada replicação).

Para aplicação industrial, recomenda-se usar a seguinte fórmula e aplicação de cola, na manufatura de compensados de Ucuúba.

| Constituintes                            | Parte por massa |
|--|-----------------|
| Tanino (10% de conteúdo de umidade)      | 100             |
| Água                                     | 100             |
| Extensor                                 | 2               |
| Hidróxido de sódio                       | 1,4             |
| Formalina (concentração de 37% por peso) | 25              |

Esta solução tem um conteúdo total de sólido de 44,4% e um conteúdo sólido de tanino de 39,4%.

Aplicação de cola (linha dupla de colagem) 300 g/m<sup>2</sup>.

A densidade da madeira é um fator importante a ser considerado na determinação da adição de uma resina fortificante, tal como fenol ou resorcinol, à mistura de tanino-formaldeído. De acordo com Plomley (16), algumas espécies de baixa densidade podem ser coladas com adesivos de tanino não fortificados. Este fato foi confirmado pelos re

sultados da presente pesquisa, tendo sido dispensado o uso de fortificantes na manufatura de compensados de Ucuúba. Os adesivos de tanino-formaldeído não apresentam resultados igualmente satisfatórios para todas as madeiras, devendo ser padronizado para cada espécie, separadamente (8).

Na formulação de adesivos de tanino, é importante manter-se o pH da cola na faixa de 5 a 8, objetivando uma boa viscosidade. O pH apropriado é aquele que apresenta um curto tempo de cura na prensa e uma vida útil suficientemente longa à temperatura ambiente (16). Um aumento do pH diminui a vida útil do adesivo de tanino, mas melhora a força de ligação, enquanto que sua diminuição, tem efeito oposto (3,21). Adesivos de tanino não fortificados, frequentemente, têm alta viscosidade inicial e vida útil relativamente curta (10,19). Embora a maioria dos pesquisadores tenham usado valores de pH da ordem de 7, ou maiores que 7 (15, 16, 20), optou-se trabalhar com um pH em torno de 5 (6,14), no desenvolvimento do adesivo de tanino de Acácia-negra, a fim de assegurar uma vida útil suficientemente longa. Provavelmente, uma porcentagem mais alta do reativo formalina na mistura, tenha compensado o baixo pH 5 resultando na boa qualidade de ligação da cola, e uma vida útil suficientemente longa de 5 1/2 horas.

A quantidade de extensor usada, pô de madeira a 2%, mostrou bons resultados. Um aumento do conteúdo de extensor, na mistura, respondeu com um enfraquecimento na qualidade de aderência da cola. Scharfetter (19) descobriu também que o endurecimento da cola na linha de colagem estava diretamente relacionado à quantidade de extensor no adesivo, e que este problema parece ser mais acentuado quando se trata de adesivos com alta porcentagem de extensor.

Descobriu-se que o adesivo de tanino de Acácia-negra, é sensível ao conteúdo de umidade da lâmina,

e que as lâminas deveriam ser secadas a conteúdo de umidade mais baixos (3%) do que os usualmente necessários, para colas de resinas fenólicas sintéticas. Isto foi confirmado, também, por Plomley (15).

#### 4. ADESIVO PARA CHAPAS DE AGLOMERADO

##### 4.1. Material e Método

A utilização do tanino, na pesquisa relacionada à manufatura de chapas de aglomerados, resistentes às adversidade do meio ambiente, só agora está sendo desenvolvida. No momento, estão disponíveis apenas resultados preliminares baseados em um número limitado de testes. Contudo, os resultados são promissores e as pesquisas estão sendo prosseguidas com o propósito de melhorar os adesivos destinados a aquele fim.

Na formulação dos adesivos para chapas de aglomerado como nos experimentos para compensados, foi usada solução aquosa de tanino, extraída da casca de Acácia-negra. O endurecedor adicionado foi, também, a formalina (solução aquosa de formaldeído a 40%). Na cola aplicada durante este experimento, não se inclui emulsão de parafina ou extensor.

As partículas empregadas, constituíram-se de uma mistura de 36 espécies de latifoliadas tropicais procedentes da região do rio Tapajós, pertencente à bacia Amazônica. Estas madeiras apresentaram peso específico básico da ordem de 0,35 a 0,70. Cada espécie foi representada, na mistura de partículas, na proporção de sua ocorrência na floresta (volume/ha).

As partículas foram obtidas em picotadeira de disco tipo Bezner, com navalhas reguladas para uma espessura de 0,22 mm. As dimensões das partículas variaram de 10

a 40 mm no comprimento, de 01 a 10 mm na largura e de 0,20 a 0,30 mm na espessura.

A fim de reduzir a viscosidade, relativamente alta, da solução de tanino, achou-se conveniente submeter o extrato a um pré-tratamento alcalino.

A formulação de Saayman e Oatley (17) foi usada, com ligeiras alterações, quando da preparação do adesivo para a manufatura dos painéis de ensaio.

A mistura de cola foi constituída de:

|                              | Partes por massa |
|------------------------------|------------------|
| Extrato de tanino (10% C.U.) | 100              |
| Água                         | 95               |
| Hidróxido de sódio (4N)      | 38,2             |
| Ácido acético glacial        | 6,7              |
| Formalina (37% por peso)     | 27,5             |

A solução de extrato de tanino, contendo 41,2% de sólidos, foi preparada dissolvendo-se o extrato de tanino sêco em água e adicionando-se hidróxido de sódio (4N), para ajustar o pH a um nível de 9,3. A mistura foi refluxada a 96°C, durante uma hora e então esfriada à temperatura ambiente. Em seguida, adicionou-se ácido acético glacial, para diminuir o pH ao nível 6,6.

A formalina foi adicionada e misturada completamente à solução, antes da pulverização do adesivo nas partículas dentro da misturadeira. A viscosidade inicial do adesivo foi de 350 centipoise e a vida útil, de 2 horas e 30 minutos, à temperatura de 23°C. A quantidade de cola espalhada foi de 10%, de sólidos resinosos, baseada na massa de partículas com 3% de umidade.

As partículas foram sêcas até um conteúdo de umidade final de 3% e, então, misturadas com a cola numa misturadeira tipo DRAIS.

Chapas de uma camada, com 15 mm de espessura, foram sujeitas, durante 15 minutos, a uma pressão de 15 Kg/cm<sup>2</sup> em uma prensa à temperatura de 150°C. A densidade

média das chapas produzidas, foi de  $0,75 \text{ g/cm}^3$ .

Após o corte das bordaduras, as chapas foram condicionadas, durante uma semana, à temperatura de  $21^\circ\text{C}$ . e umidade relativa de 65%.

Foram retiradas, dos painéis de ensaios, amostras para a determinação da densidade; da resistência de flexão (MOR); da tração perpendicular (IB) ao plano da chapa (ligação interna); e de inchamento após imersão em água, à temperatura ambiente por período de 2 horas e de 24 horas, respectivamente. Foi conduzido um teste suplementar de tensão, com amostras cortadas dos mesmos painéis para avaliação da resistência de ligação interna (IB), após imersão, por 24 horas, em água fria (V24), ou por 2 horas em água fervente (V2).

A metodologia aplicada nos testes e na obtenção das amostras, estava de acordo com as especificações alemãs DIN 68761 (1) - 1961, (3) - 1967 (7).

#### 4.2. Resultados e Discussão

Os resultados preliminares do experimento, com adesivo à base de tanino, para a manufatura de chapas de aglomerado, estão mostrados na tabela 5.

Tabela 5. PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS DAS CHAPAS DE AGLOMERADOS, COLADAS COM ADESIVO DE TANINO.

| Densidade da chapa<br>Kg/m <sup>3</sup> | Resistência de flexão (MOR)<br>Kg/cm <sup>2</sup> | Tração Perpendicular (IB)  |                           |                          | Inchamento |            |
|---|---|----------------------------|---------------------------|--------------------------|------------|------------|
|   |   | Seco<br>Kg/cm <sup>2</sup> | V24<br>Kg/cm <sup>2</sup> | V2<br>Kg/cm <sup>2</sup> | 2 hs<br>%  | 24 hs<br>% |
| 750                                     | 290   | 4,8                        | 1,7                       | 1,6                      | 5          | 10         |
| DIN 68761 750 (min)                     | 180 (min)   | 3,5 (min)                  | 3,5 (min)                 | 1,5 (min)                | 6 (max)    | 12 (max)   |

Excetuando-se o teste de resistência a tração após 24 horas de imersão em água fria, todos os resultados satisfizeram às exigências para o uso exterior de chapas de aglomerado.

É conhecido que as propriedades gerais de chapas coladas com tanino-formaldeído são equivalentes a aquelas nas quais se utilizou Fenol-formaldeído alcalinizado, com o mesmo conteúdo de adesivo ativo (15). No nosso caso, a quantidade de resina, com base no peso das partículas secas, foi apenas 10%, enquanto que outros autores aplicam quantidades de 12% ou mais (15, 19). Segundo Plomley (15) e Scharfetter (19) o conteúdo de adesivo ativo do tanino é importante, porque, além dos polifenóis ativos, o tanino extraído da Acácia-negra contém substância, tais como açúcares e gomas, as quais não tomam parte na reação de condensação com formaldeído. Os açúcares reduzem a força e a resistência à água, proporcionalmente à quantidade presente. As gomas têm efeito similar na força porém, ainda mais pronunciado, na resistência à água. Por esta razão, uma quantidade mais elevada de tanino-formaldeído deveria ser usada, em experimentos futuros com formulações da tanino de Acácia-negra.

Outro fator, que deve ter influenciado os resultados de nosso experimento, foi o baixo conteúdo de umidade inicial das partículas (3%). Sabe-se que é necessário um conteúdo de umidade mais elevado no colchão, quando se emprega adesivos de tanino, em vez de colas de resinas sintéticas Fenol-formaldeído, porque adesivos de tanino apresentam tendência a uma pré-cura rápida (15, 19).

Em futuros experimentos, deve-se considerar a influência da emulsão de parafina na resistência de ligação (2, 17, 19), porque na manufatura das chapas de ensaios, não se considerou este componente.

## 5. CONCLUSÕES

Esta pesquisa demonstrou que as colas não fortificadas, produzidas a partir de tanino, são apropriadas para a produção de compensados destinados a construção

naval, com espécies de densidade média, e.g. Virola spp. No caso da utilização de espécies de madeira de maior densidade, pode ser necessário uma fortificação do adesivo, com pequenas quantidades de resinas Fenol-formaldeído (16).

Há uma forte indicação de que os adesivos à base de tanino, extraídos da casca de Acácia-negra, sejam próprios para a fabricação de chapas de aglomerado, em particular, para a produção de chapas constituídas de mistura heterogênea de espécies de madeiras tropicais, apresentando excelentes resultados para uso interior, sendo que, para uso exterior os resultados não foram totalmente satisfatórios.

Os componentes da cola, que entram na manufatura dos compensados, estão todos disponíveis no mercado nacional, nenhum deles necessitando de importação.

Os adesivos de tanino poderão competir, atualmente, em posição muito favorável, com as colas sintéticas, no mercado nacional.

O tempo de armazenagem do tanino é indefinido, enquanto que as resinas líquidas de fenol têm duração limitada. Sendo este, um fator muito importante, para os fabricantes de compensados, especificamente, na região Amazônica.

## 6. LITERATURA CITADA

1. American Society for Testing and Material 1972. Standard Method of Test for Strength Properties of Adhesives in Plywood Type Construction in Shear by Tension Loading. ASTM Designation D 906-70. Philadelphia, Pa.
2. Anderson, A.B. 1975. Bark extracts as bonding agents for particleboard. FAO World Consultation on Wood Based Panels. New Delhi, India, Feb. 1975, pp. 12.

3. Brandt, T.G. 1953. Mangrove tannin-formaldehyde resins as hot-press plywood adhesives. *Tectona* XLII, p. 137-150.
4. Dalton, L.K. 1950. Tannin-formaldehyde resins as adhesives - for wood. *Aust. J. Appl. Sci.* 1, p. 54-70.
5. Drlje, R. M. 1975. El extracto de quebracho como matéria para adhesivos de paneles basados em madera. *FAO World Consultation on Wood Based Panels*, New Delhi, India, Feb. 1975, pp. 6.
6. George, J. 1975. Tannin adhesives for wood based panels. *FAO World Consultation on Wood Based Panels*. New Delhi, India, Feb. 1975, pp. 6.
7. German Standards Committee (Deutschen Normausschuss). *Taschenbuch 31, Holz*. 1971. Specifications for particleboard. DIN 68761 (1) - 1961, (3) - 1967.
8. Gupta, R.C. 1975. Adhesives from wood as substitutes for synthetic glues. *FAO World Consultation on Wood Based Panels*, New Delhi, India, Feb. 1975, pp. 7.
9. Herrick, F.W. & L.H. Bock, 1958. Thermosetting, exterior plywood type adhesives from bark extractives. *For. Prod. J.* 8 (10): p. 269-274.
10. Horioka, K., E. Sugano, Y. Katsuzawa, and K. Hayashida. 1975. Synthesis of tannin resin adhesives and their properties. *Proceedings of the IUFRO conference on wood gluing*. Sept. 1975, USDA Forest Service, For-Prod.Lab., Madison, Wisc. p. 7 - 27.
11. Kulvik, E. 1976. Chestnut wood tannin extract in plywood adhesives. *Adhesives Age* 19 (3): 19-21.
12. Maloney, T.M. 1977. Parameters affecting board properties. *Acidity. Modern Particleboard & Dry-Process Fiberboard Manufacturing*. p. 162-163.

13. Narayanamurti, D. 1963. Bark extracts, tannin and other natural products as raw materials for thermosetting plywood and particleboard glues, technical and economic problems. FAO International Consultation on Plywood and other Wood Based Panel Products, Rome 1963, vol II, pp. 16.
14. Pizzi, A. 1977. Hot-Setting Tannin-Urea-Formaldehyde Exterior Wood Adhesives. Adhesives Age, December 1977: p. 27-29.
15. Plomley, K.F. 1975. The development of wattle-tannin formaldehyde adhesives for wood by CSIRO. FAO World Consultation on Wood Based Panels, New Delhi, India, Feb. 1975, pp. 8.
16. Plomley K.F. 1976. Tannin resins in use in Australia World Wood 17 (3): p. 21-22.
17. Saayman, H. M. & J.A. Oatly. 1976. Wood adhesives from wattle bark extract. For. Prod. J. 26 (12): p. 27-33.
18. Saayman, H.M. & C. H. Brown. 1977. Wattle-base tannin-starch adhesives for corrugated containers. For.Prod. J. 27 (4): p. 21-25.
19. Scharfetter, H., A. Pizzi & D. du T. Rossouw. 1977. Some new ideas on tannin adhesives for wood. Presented at the IUFRO meeting of Wood Processing Subject Group, oct. 1977, Merida, Venezuela, pp. 11.
20. Singh, S.P. 1975. A note on tannin-formaldehyde adhesives. Journal of the Timber Development Ass. Of India 21 (4): p. 11-17.
21. Van der Slooten, H. J. 1960. Resina de fenol-formaldehido para contrachapado obtenido del tanino de Rhizophora mangle. IFLA bol. 6, Merida, Venezuela.
22. Westhuizen, P.K., A. Pizzi & H. Scharfetter. 1977. A Fast setting wattle adhesive for finger jointing. Presented at the IUFRO meeting of Wood Processing Subject Group, Oct. 1977, Merida, Venezuela, pp. 8.