

## Bambu e suas possibilidades industriais

MFN -0758

N CHAMADA:

TITULO: Bambu e suas possibilidades industriais

AUTOR(ES): AZZINI, A.SALGADO, A.L.B.

EDICAO:

IDIOMA: português

ASSUNTO:

TIPO: Congresso

EVENTO: Congresso Anual da ABCP, 15

PROMOTOR: ABTCP

CIDADE: São Paulo

DATA: 22-26.11.1982

IMPRESSÃO: Sao Paulo, 1982, ABTCP

PAG/VOLUME: p.205-224, v.1

FONTE: Congresso Anual da ABCP, 15, 1982, São Paulo, v.1,  
p.205-224

AUTOR ENTIDADE:

DESCRIPTOR: bambu

RESUMO:

Azzini, A. e Salgado, A.L.B.

Seção de Plantas Fibrosas do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo - Campinas - SP - Brasil



## 1. Introdução

A utilização do bambu nas regiões tropicais e sub-tropicais como matéria-prima para a indústria de celulose e papel vem ganhando importância econômica, principalmente por se tratar de uma matéria-prima perene de rápido crescimento e fornecer fibras longas. Além de celulose e papel, os recentes trabalhos de pesquisa desenvolvidos no Instituto Agronômico do Estado de São Paulo (IAC) e Instituto de Tecnologia de Alimento (ITAL), tem demonstrado a grande potencialidade do bambu para produção de etanol, amido e alimento.

No Brasil, apesar de vários trabalhos de pesquisa terem salientado a viabilidade técnica de se produzir celulose de bambu por processos convencionais, essa matéria-prima permanece, ainda, muito pouco utilizada, provavelmente por falta de uma maior necessidade econômica, aliada ao desconhecimento de uma tecnologia especialmente desenvolvida para o bambu.

Nos dias atuais, a situação do bambu, quanto a sua utilização para papel é semelhante a do eucalipto no passado, que por falta de uma tecnologia específica para fibras curtas, permaneceu durante longo tempo como uma espécie de baixo valor industrial para produção de celulose. Hoje, o eucalipto é nossa principal matéria-prima celulósica, com uma tecnologia de utilização especialmente desenvolvida para o eucalipto, desde a produção de sementes geneticamente melhoradas até a produção de celulose e manufatura de papel de excelente qualidade, que tem sido exportado para o mercado internacional.

Infelizmente, os conhecimentos tecnológicos desenvolvidos para as madeiras dificilmente se adaptam adequadamente quando aplicados ao bambu, simplesmente por se tratar de matérias-primas totalmente diversas, em seus aspectos anatômicos, químicos e físicos. A aplicação de conhecimentos tecnológicos inadequados ao bambu, tem gerado objeções com reflexos negativos à sua utilização. Uma das mais frequentes objeções levantadas contra o bambu é com relação a maior dificuldade de obtenção de cavacos em comparação com as madeiras. Essa objeção, reflete muito bem a necessidade de conhecimentos tecnológicos específicos para o processamento do bambu, pois, no caso particular, o problema não é da matéria-prima, e sim do picador que não é adequado para picar o colmo de bambu, que por ser ôco, reduz a durabilidade das facas do picador.

---

Trabalho apresentado no XV Congresso Anual da ABCP - Semana do Papel - realizada em São Paulo - Brasil - de 22 a 26 de novembro de 1982.

As demais objeções levantadas contra o emprego do bambu, visado a produção de celulose e papel, são todas de natureza tecnológicas, e, por essa razão não invalidam as grandes possibilidades de utilização dessa espécie vegetal como fonte alternativa de fibras longas, principalmente nos dias atuais em que as madeiras, estão cada vez mais escassas e valorizadas. Para 1988, o déficit brasileiro estimado de madeiras é de 10,8 milhões de metros cúbicos, sendo 2,1 milhões para madeiras folhosas (fibras curtas) e 8,7 milhões para madeiras coníferas (fibras longas). (12)

Enfim, para o aproveitamento da potencialidade do bambu como matéria-prima industrial, tanto para produção de celulose e papel, como para a obtenção de etanol, amido e alimentos, há necessidade de se conhecer melhor essa matéria-prima, em seus aspectos agronômicos e tecnológicos.

O objetivo do presente trabalho foi relatado os principais estudos realizados no Instituto Agronômico do Estado de São Paulo relacionados com a utilização do bambu, visado a produção de celulose para papel, etanol, amido e alimento.

## 2. Produção de Celulose e Papel a Partir do Bambu

Os estudos com bambu no Instituto Agronômico do Estado de São Paulo foram iniciados por volta de 1960, em decorrência de frequentes solicitações de informações sobre as possibilidades de utilização do bambu como matéria-prima fibrosa para produção de celulose e papel. Na oportunidade, o principal objetivo era o estabelecimento de uma coleção de espécies que serviria de base para os estudos comparativos entre as diferentes espécies. As Coleções foram instaladas nas Estações Experimentais de Tauí e de Campinas, com as seguintes espécies:

- |   |  |
|---|--|
| - <u>Bambusa vulgaris</u>                     | - <u>Bambusa quadua</u>                            |
| - <u>Bambusa vulgaris</u> var. <u>vittata</u> | - <u>Bambusa inermis</u>                           |
| - <u>Bambusa tuldoides</u>                    | - <u>Gigantochloa apus</u>                         |
| - <u>Bambusa multiplex</u>                    | - <u>Gigantochloa verticillata</u>                 |
| - <u>Bambusa textilis</u>                     | - <u>Gigantochloa laevis</u>                       |
| - <u>Bambusa ventricosa</u>                   | - <u>Melocana baccifera</u>                        |
| - <u>Bambusa arundinaria</u>                  | - <u>Ochlandra travancórica</u>                    |
| - <u>Bambusa quadrangularis</u>               | - <u>Pleioblatus simoni</u>                        |
| - <u>Bambusa nitis</u>                        | - <u>Pseudosasa japonica</u>                       |
| - <u>Bambusa nutans</u>                       | - <u>Schisostachyum lumanpao</u>                   |
| - <u>Bambusa tulda</u>                        | - <u>Thyrsostachys siamensis</u>                   |
| - <u>Bambusa stenostachya</u>                 | - <u>Phylostachys bambusoides</u>                  |
| - <u>Bambusa beecheyana</u>                   | - <u>Phylostachys castellonis</u>                  |
| - <u>Bambusa maligensis</u>                   | - <u>Phylostachys rubromarginata</u>               |
| - <u>Bambusa dissimulator</u>                 | - <u>Phylostachys nigra</u>                        |
| - <u>Dendrocalamus giganteus</u>              | - <u>Phylostachys purpurata</u>                    |
| - <u>Dendrocalamus asper</u>                  | - <u>Phylostachys nidularia</u>                    |
| - <u>Dendrocalamus latiflorus</u>             | - <u>Phylostachys bissetii</u>                     |
| - <u>Dendrocalamus strictus</u>               | - <u>Phylostachys makinoi</u>                      |
| - <u>Bambusa trinii</u>                       | - <u>Phylostachys heterocyla</u>                   |
| - <u>Bambusa superba</u>                      | - <u>Phylostachys reticulata</u> var. <u>aurea</u> |
| - <u>Bambusa amplexifolia</u>                 | - <u>Phylostachys edulis</u>                       |

## 2.1. Estudos Citológicos em Bambu

De acordo com DARLINGTON & WYLIE citados por MEDINA & MEDINA (17) o número básico de cromossomos para as espécies asiáticas é  $n=12$ , havendo espécies triplóides ( $2n=36$ ), tetraplóides ( $2n=48$ ) e hexaplóides ( $2n=72$ ). Os estudos realizados por MEDINA & MEDINA (17) demonstraram que os números básicos de cromossomos para as espécies Merostachys spinosa, Chusquea sp e Bambusa superba são respectivamente 21, 20, e 23.

## 2.2. Melhoramento E Variabilidade Genética Em Bambu

O melhoramento genético do bambu, visado a criação de uma nova espécie com melhores características agrônômicas e tecnológicas, teria melhores possibilidades de êxito, através da polinização cruzada, como ocorre normalmente com outras espécies de vegetais. Entretanto, como o florescimento e a frutificação em bambu são fenômenos raros, o desenvolvimento de novas espécies seria mais viável através do aparecimento de plantas poliplóides, pela aplicação de produtos químicos em regiões meristemáticas da raiz.

Na Índia, como é relativamente mais fácil se obter sementes através do florescimento gregário, mais ou menos regulares das espécies D. strictus e B. arrundinacea, tem sido tentado a aplicação de irradiação em sementes de B. arrundinacea, para se obter uma nova espécie sem espinhos e com características mais adequadas para produção de celulose e papel.

Como no Brasil, a propagação do bambu é feita exclusivamente por via assexuada, não tem sido observadas variações genéticas nas plantas, a não ser aquelas atribuídas às influências do meio ambiente. Em trabalho anterior (8) foi mencionado a existência em Campinas de diversas touceiras de bambu, das espécies Bambusa tuldoides, Guadua flabellata e Phyllostachys sp obtidas por sementes. Desses materiais, uma ampla variabilidade genética foi observada nos descendentes da espécie B. Tuldoides com grandes variações fenotípicas entre as touceiras. Deve-se salientar que essas sementes foram obtidas em florescimentos esporádicos de alguns colmos cujo número de sementes viáveis foi bastante reduzido.

## 2.3. Propagação Vegetativa do Bambu

Tradicionalmente, a multiplicação do bambu tem sido feita pelo desdobramento das touceiras, que apesar de ser um método eficiente apresenta sérias limitações, principalmente por ser de baixo rendimento e bastante oneroso. Esse método não é viável quando se tem em mente plantações comerciais de bambu, visando a produção de matéria-prima para a indústria de celulose e papel.

Em trabalho publicado em 1962 (15) foram apresentados os resultados de pesquisa em que se determinou o efeito de hormônios sobre o enraizamento de pedaços de colmo e de ramos de Bambusa vulgaris var. vittata. Os resultados obtidos mostraram ser possível obter até 100% de enraizamento para toletes de colmos, compreendendo dois nós e um entre-nó, e, até 90% para pedaços de ramos. Embora alguns hormônios tenham mostrado efeito benéfico, sua aplicação para a espécie em estudo, não se fez necessária.

AZZINI e colaboradores (3) trabalhando com Dendroca lamus giganteus, observaram que diferentes substratos e a aplicação do ácido naftaleno acético a 0,05% não influenciaram no enraizamento das estacas. Por outro lado a aplicação de glicose teve efeito negativo. (quadro 1)

#### Inserir quadro 1

Sem dúvida alguma, a multiplicação do bambu é um dos tópicos que deve merecer a atenção dos pesquisadores, principalmente tendo em mente o desenvolvimento de métodos de alto rendimento em que se aproveite o maior número possível de gemas, inclusive aquelas dos ramos e ponteiros. Deve-se salientar, que diferentes espécies de bambu apresentam diferentes potenciais de enraizamento, enfatizando a necessidade de se estudar para cada espécie ou grupos de espécies a influência de fatores fisiológicos e ambientais. Esses fatores fisiológicos devem estar relacionados com a idade do colmo, época do ano, etc... Tem sido observado, sem a comprovação de dados experimentais, que nas condições do Estado de São Paulo, a variação brusca da temperatura no período de verão, é um dos principais fatores que influi negativamente no enraizamento das estacas de bambu.

#### 2.4. Propagação do Bambu Por Sementes

Na Índia como salientou BHAT (10) a propagação sexual do bambu é possível, pois as duas espécies mais difundidas B. arundinacea e D. strictus, frequentemente estão em florescimento gregário, que persiste por 10 a 20 anos nas extensas florestas de bambu. Essas sementes podem ser armazenadas, mantendo sua viabilidade por vários anos.

Em nossas condições esse procedimento não é possível, pois as espécies aqui existentes, principalmente Bambusa vulgaris, nunca floresceu e frutificou desde 1810 quando foi descrita. Para as espécies Bambusa tuldoides e Phyllostachys sp tem sido observado o florescimento esporádico de alguns colmos cuja produção de sementes viáveis é bastante reduzida.

Nos últimos anos tivemos na coleção, o florescimento e frutificação das espécies Melaena baccifera (17), Bambusa longispiculata, B. arundinacea e Dendrocalamus strictus. Dessas, espécie B. Longispiculata foi a que produziu maior quantidade de sementes, cujos "seedling" vão ser estudados em suas características agrônômicas e tecnológicas.

#### 2.5. Produção Agrícola da Cultura de Bambu

No Brasil, como a cultura do bambu é relativamente pouco definida, não se tem muitos dados concretos de sua produção por unidade de área. Os dados encontrados na literatura são variáveis de espécie para espécie, e dentro de uma mesma espécie, varia com as condições edafo-climáticas, espaçamento, sistema de colheita, adubação, etc...

McCLURE (20) salientou produções de 4 toneladas de celulose seca por acre por ano, e, colheita com intervalo de 3 anos para a espécie Bambusa vulgaris em Trindade. Essa produção, considerando um rendimento de convenção em celulose de 40% equivale a 25 ton/ha/ano de colmos secos.

Na Índia, onde as espécies D. strictus e B. arundi-

nacea representam mais de 70% da matéria-prima fibrosa utilizada pela indústria de celulose e papel, suas produções em florestas naturais são da ordem de 1,3 ton/ha/ano (10). Em plantações homogêneas de B. arundinacea conduzida pela "West Coast Paper Mills", o rendimento agrícola obtido foi de 25 ton/ha/ano de colmos secos ao ar (10). Esse rendimento é praticamente o dobro daquele obtido com o eucalipto híbrido, que tem sido plantado em larga escala na Índia.

Chen (11) nos Estados Unidos da América, trabalhando com P. bambusoides e Pinus taeda, obteve produções respectivamente de 35 e 20 ton/ha/ano de matéria seca.

No Brasil, a produção de B. vulgaris var. vittata, em solo de cerrado de baixa fertilidade, no Município de Mogi-Guaçu, foi de 13 ton/ha/ano de colmos (13). Essa produção foi semelhante a produção do eucalipto nas mesmas condições.

#### 2.5.1. Produção do Bambu Em Função do Espaçamento

Para a espécie B. vulgaris var. vittata, em uma única colheita aos três anos, não houve diferenças significativas entre os espaçamentos de 5, 7, e 9 metros entre linhas e 3, 4 e 5 metros na linha. As produções variaram de 33,7 a 32,7 ton/ha, respectivamente para os espaçamentos de 5 X 3m e 9 X 5 m (5). Infelizmente, esse experimento não teve continuidade, por motivos alheios à nossa vontade, entretanto, pesquisas futuras devem estabelecer a densidade de plantio mais adequada para os diversos grupos de espécies, isto é, espécies de porte baixo, médio e alto.

#### 2.5.2. Produção de Bambu em Função do Sistema de Corte

Para a espécie B. vulgaris var. vittata foram testados três sistemas de corte; o arrasante ou total, o de meia touceira e o seletivo. No corte seletivo, os colmos nascidos no último ano, foram conservados nas touceiras. Os dados de produção obtidos são apresentados no quadro 2.

#### Inserir quadro 2

Pelos dados obtidos (quadro 2) as produções no corte arrasante e seletivo foram aparentemente semelhantes, enquanto no corte de meia touceira, a produção foi de aproximadamente 25% inferior daquela obtida no corte arrasante. Na realidade, a produção do corte seletivo foi superior a do corte arrasante, pois, nesses dados não foram incluídas as produções referentes aos colmos do último ano, que são os colmos de maiores dimensões.

Quanto ao sistema de corte, deve-se ressaltar que, embora o corte seletivo seja o mais racional e adequado, sua viabilidade prática é muito questionável, principalmente quando se tem em mente a utilização industrial do bambu como matéria-prima celulósica.

Na Índia, conforme dados da literatura, predomina o corte destrutivo, no qual são colhidos os colmos mais novos e bem desenvolvidos, que além de alcançarem melhores preços, são facilmente retirados das touceiras, por se localizarem nas partes mais externas das mesmas. Esse sistema de corte é denominado destrutivo, porque eliminado gradativamente aos colmos no-

vos, elimina, também as maiores possibilidades do aparecimento do novos colmos, resultando daí, um decréscimo contínuo na produção das touceiras.

### 2.5.3. Produção de Bambu em Função da Adubação

Quanto a adubação do bambu, infelizmente, não temos ainda dados experimentais, quanto a fórmula, níveis e época da aplicação dos fertilizantes. Basicamente, a adubação de uma cultura de bambu vai depender da espécie e da fertilidade do solo.

A adubação básica preconizada por UEDA (21), para se aumentar a produção de 1 ton/ha, é de 20-30 kg de nitrogênio, 10-15 kg de fósforo, 10-15 kg de potássio e 20-30 kg de sílica. A sílica, embora seja um elemento não desejável no processamento industrial do bambu para papel, é essencial para o crescimento do bambu, embora os colmos relativamente às folhas apresentem menores teores de sílica. As folhas mais velhas são as mais ricas em sílica que as folhas jovens (21).

No quadro 3, encontram-se teores médios de silício, nos colmos e nas folhas de diversas espécies de bambu.

#### Inserir quadro 3

Para as espécies estudadas, os teores de silício no colmo variaram de 0,11% para a espécie D. travancórica até 0,80 % para B. vulgaris var. vittata.

### 2.6. Características Tecnológicas de Algumas Espécies de Bambu

Como foi demonstrado no trabalho anterior (8) o colmo de bambu oferece diversas opções de utilização industrial, não só para produção de celulose e papel, mas também para produção de etanol, amido e alimento. Para produção de celulose a fração fibrosa é a parte mais importante do colmo, que será convertida em papel. A fração não fibrosa, constituída, basicamente pelo tecido paranquimatoso rico em substâncias de reserva (amido), é indesejável no processamento, pois a sua presença, além de consumir reagentes químicos, baixa o rendimento de conversão em celulose.

Os colmos de bambu, diferentemente das madeiras, não apresentam elementos anatômicos no sentido radial e tangencial e por essa razão só crescem em comprimento, com incrível rapidez. Do ponto de vista anatômico o colmo é constituído basicamente por feixes vasculares circundados por tecidos parenquimatoso, que predomina na parte interna do colmo.

AZZINI e Colaboradores (4) demonstraram que as diferentes espécies de bambu apresentam diferenças anatômicas marcantes, principalmente quanto ao número de feixes vasculares por unidade de área e a forma desses feixes vasculares. Essas diferenças anatômicas, que influem na produção de celulose e papel são características próprias de cada espécie. O número de faixas vasculares por unidade de área para B. vulgaris, B. Guadua e D. Giganteus foram respectivamente 410, 267, e 256 feixes /cm<sup>2</sup>. (4).

As fibras, que desempenham funções estritamente estrutural em qualquer vegetal, são os elementos anatômicos de

maior importância para a produção de celulose, pois são os elementos básicos da composição do papel. Sem as fibras não existiria papel. As fibras são importantes, principalmente por suas características morfológicas, isto é por apresentarem um comprimento, bem maior que a largura. Muitos são os trabalhos de pesquisa que correlacionam as dimensões das fibras com as propriedades físico-mecânicas do papel produzido.

Quanto ao comprimento das fibras, existem a semelhança das dimensões dos colmos, uma grande variação entre as muitas espécies existentes. Dentre as espécies estudadas o comprimento médio das fibras variaram desde 1,56 mm para P. edulis até 3,43 mm para B. vulgaris ( 14,1 ). De acordo com a classificação da "International Association of Wood Anatomist", as diferentes espécies estudadas por MEDINA & CIARAMELLO (16), foram grupadas em fibras de comprimento médio (0,91 a 1,60 mm) , fibras moderadamente longas (1,61 a 2,20 mm) e fibras muito longas ( 2,21 a 3,00 mm ).

Morfologicamente as fibras das diferentes espécies estudadas de bambu, caracterizam-se por serem longas, finas e com paredes celulares grossas. Além desse tipo de fibras, que predomina na constituição anatômica do colmo de bambu, existem outros elementos anatômicos com funções fisiológicas específicas, tais como elementos de vaso (translocação de seiva), células parenquimatosas, que contêm substâncias de reserva, etc... Dentre esses elementos anatômicos, pode-se destacar fibras com características morfológicas diferentes, semelhantes aos traqueídeos de pinus, ou seja, são fibras mais longas, de lúmen largo e paredes finas. No quadro 4 são apresentadas as dimensões e a porcentagem de fibras de lúmen estreito e largo em quatro espécies de bambu (16).

#### Inserir quadro 4

Pelo dados do quadro 4, pode-se observar que as diferentes espécies de bambu apresentaram diferentes porcentagens de fibras com lúmen estreito. Esse fato, deve influir nas características da celulose obtida, pois a predominância de fibras de lúmen estreito, favorece a resistência da celulose ao rasgo e porosidade, ao passo que fibras de lúmen largo, confere ao papel maior resistência à tração e ao arrebentamento, que são propriedades físico-mecânicas que dependem das ligações entre as fibras.

#### 2.6.1 - Produção de Celulose a Partir de Algumas Espécies Seleccionadas de Bambu

Os trabalhos de pesquisa realizados no Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo, em Campinas, tem demonstrado a viabilidade técnica de se produzir celulose de excelente qualidade a partir de diferentes espécies de bambu, por processos convencionais de cozimento. Dentre as espécies estudadas, pode-se destacar, como excelentes matérias-primas celulósicas, as espécies B. vulgaris, B. vulgaris var. vittata, B. oldhami, B. tuldoides e O. travancórica.

Nos quadros 5 e 6 pode-se observar os valores médios obtidos para as dimensões das fibras, densidade básica, rendimento em celulose e número de permanganato em diferentes espé-



Inserir quadro 5 e 6

As madeiras de pinus e eucalipto, que representam mais de 90 % da matéria-prima fibrosa nacional transformada em celulose e papel, apresentam fibras com comprimento médio de 3,5 e 1,0 mm, respectivamente para pinus e eucalipto. Quanto a densidade básica da madeira, os valores médios estão em torno de 0,400 g/cm<sup>3</sup> para os pinus e 0,550 g/cm<sup>3</sup> para os eucaliptos.

Pelos dados do quadro 5, pode-se observar que as diferentes espécies de bambu, quanto ao comprimento das fibras, são semelhantes as fibras de pinus, consideradas fibras longas por excelência. Para as demais dimensões das fibras, largura, lúmen e espessura da parede, as fibras do bambu se assemelham às fibras do eucalipto.

Quanto ao rendimento de conversão em celulose (quadro 6) os valores obtidos para o bambu são inferiores aqueles obtidos quando se processa madeiras. Entretanto, essa inferioridade do bambu é compensada pelo seu maior rendimento industrial nos digestores, devido a sua maior densidade básica. Em outras palavras, o consumo específico de material fibroso para produção de uma tonelada de celulose, é bem menor para o bambu do que para o pinus. Por outro lado, o bambu com menor teor de lignina, principalmente na região da lamela média, tem suas fibras facilmente individualizadas, sendo convertido em celulose em condições bem menos drásticas que às madeiras. Para se produzir celulose com um mesmo teor de lignina residual, expresso pelo Número Kappa ou Número de Permanganato, o consumo de reagentes para o bambu é cerca de 3 a 4 % menor que para as madeiras, além do tempo de cozimento à temperatura máxima ser bem menor.

Deve-se ressaltar, que as condições apresentadas no quadro 6, não são condições otimizadas, e sim condições fixadas para um estudo comparativo entre mais 30 espécies de bambu, com a finalidade de selecionar às espécies de maiores potencialidades papeleiras. Essas condições dependendo do tipo de celulose que se pretende, pode ser melhorada principalmente, quanto a concentração dos alcalis ativo e relação licor-material.

#### 2.6.2 - Características Físico-Mecânicas da Celulose de Algumas Espécies Selecionadas de Bambu

No quadro 7, são apresentados os resultados médios das características físico-mecânicas das pastas celulósicas obtidas a partir de algumas espécies de bambu. Esses valores foram obtidos aos 45 minutos de refinação em moinho Jokro.

Inserir quadro 7

Pelas características apresentadas no quadro 7, as

diversas espécies de bambu em estudo podem ser consideradas excelentes matérias-primas para produção de celulose Kraft, principalmente por apresentarem excepcional resistência ao rasgo e baixa porosidade, propriedades essas inerentes às características morfológicas das fibras de bambu. A elevada resistência ao rasgo é a principal propriedade físico-mecânica, que se busca numa matéria-prima de fibra longa, visando a produção de celulose Kraft. Embora as pastas celulósicas de bambu, se refinem com facilidade em moinho Jokro, as demais propriedades físico-mecânicas que dependem das ligações entre fibras, são inferiores aquelas obtidas com madeiras de pinus e eucalipto. Esse fato se justifica, por serem as fibras de bambu, relativamente finas, longas com lúmen estreito e parede celular espessa, resultando disso fibras com menor flexibilidade.

#### 2.6.2.1 - Influência da Idade do Colmo de Bambu nas Características Físico-Mecânicas da Celulose

No quadro 8, pode-se observar a importância da idade dos colmos em algumas características da pasta celulose obtida a partir de B. vulgaris var. vittata ( 18 )

#### Inserir quadro 8

Esses dados do quadro 8, evidenciam a possibilidade técnica de se produzir celulose a partir de colmos jovens de bambu, viabilizando desse modo o aproveitamento de todos os colmos da touceira, através de um corte total ou arrasante, em lugar do corte seletivo dos colmos.

#### 2.6.2.2 - Influência das Dimensões dos Cavacos de Bambu da Produção de Celulose

A semelhança do que ocorre com as madeiras coníferas e folhosas, os cavacos de bambu, também influem na qualidade da celulose obtida. No quadro 9, são apresentados os valores médios para rendimento em celulose, teor de rejeitos, Número Kappa e alvura da celulose, de acordo com as diferentes dimensões dos cavacos ( 2 ).

#### Inserir quadro 9

Para se estudar a influência das dimensões dos cavacos de bambu optou-se pelo esquema fatorial  $3^3$ , com duas repetições, estudando-se o comprimento, a largura e a espessura dos cavacos de bambu. As dimensões estudadas foram 1,5 , 3,0 e 6,0 cm para o comprimento; 0,4 , 0,8 e 1,2 cm para a largura e 0,2 , 0,6 e 1,0 cm para a espessura. Como o objetivo foi um estudo comparativo entre as diversas dimensões dos cavacos, adotou-se uma única condição de cozimento:

Alcali ativo.....	15%
Sulfidez.....	25%
Relação licor-material.....	4/1
Temperatura máxima.....	160 +- 5º C
Temp. até temperatura máxima.	90 min.
Temp. na temperatura máxima..	60 min.

Pelos dados do quadro 9, observa-se que para a produção de celulose Kraft a partir de Bambusa vulgaris os melhores resultados em termo de rendimento depurado, porcentagem de rejeitos, número Kappa e alvura da celulose, foram obtidos com cavacos de 6,0 x 0,8 x 0,6 cm, respectivamente para comprimento, largura e espessura. Os valores médios encontrados foram 42,20 % para rendimento depurado, 1,15% o teor de rejeitos, 51,6 para o número Kappa e 12,5% para a alvura da celulose.

Nas figuras 1,2 e 3, são apresentadas graficamente as diversas interações entre as dimensões estudadas. Pela figura 4, pode-se observar que a espessura dos cavacos de B. vulgaris, à semelhança do que ocorre com os cavacos de madeira, foi a dimensão crítica que influenciou no rendimento em celulose. Em outras palavras, o maior rendimento em celulose a partir de B. vulgaris foi obtido com cavacos com espessura de 0,6 cm, enquanto para a espessura mais indicada é em torno de 0,3 cm. Essa diferença está associada às diferenças anatômicas entre bambu e madeira.

Inserir figuras 1,2,3 e 4

### 3. Produção de Álcool a Partir de Bambu

A produção de álcool etílico a partir do bambu, baseia-se na sacarificação e fermentação dos açúcares, obtidos pela hidrólise, principalmente da celulose, pentosanas e amido, conforme salientaram MENEZES & AZZINI (19). O bambu por apresentar em sua constituição química elevada quantidade de amido, pentosanas e celulose pode ser processado industrialmente, visando a produção conjunta de etanol e celulose para papel. Essa afirmação se viabiliza pela própria estrutura anatômica do colmo de bambu, que apresenta em sua parte externa maior quantidade de tecido fibroso (fibras), contrastando com a parte interna, mais rica em substâncias de reserva (amido). Essa característica anatômica pode ser evidenciada pelos valores médios da densidade básica, açúcares solúveis e amido determinado em diversas camadas concêntricas do colmo de bambu, conforme mostra o quadro 10.

Inserir quadro 10

Os dados do quadro 10, evidenciam a maior facilidade de se transformar em álcool a região mais interna do colmo de bambu, em comparação com a região mais rica em celulose (fibras) que exigem condições mais drásticas de hidrólise, através de ácidos forte. Em outras palavras, a celulose, o produto químico que predomina na constituição das fibras, por ser de

difícil hidrólise é mais viável para ser utilizada na produção de papel, contrastando com o amido, açúcares solúveis e pentosanas, que por apresentarem baixo papeleiro e serem facilmente hidrolisáveis são mais indicados para produção de álcool etílico.

A utilização industrial do bambu, visando a produção conjunta de celulose (papel) e álcool, é mais lógica, pois de um lado consumo de reagentes químicos, através da utilização da fração mais rica em fibras, por outro lado, a fração não-fibrosa do colmo, de baixo valor papeleiro, é convertida em álcool. A continuidade dos estudos tecnológicos, aliado a uma necessidade econômica, provavelmente vai indicar a melhor opção de utilização industrial do bambu.

#### Inserir quadro 11

#### 4. Extração de Amido a Partir de Bambu

Os trabalhos de pesquisa conduzidos por AZZINI (6,9) demonstraram a possibilidade de se extrair amido a partir do colmo de bambu a espécie tida como Guadua flabellata. O amido extraído à base de 6 a 10 % sobre o peso seco do colmo é semelhante quanto ao tamanho e forma ao amido de arroz. As propriedades tecnológicas desse amido estão sendo determinadas com a colaboração do Departamento de Ciências da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP.

Como o teor de amido extraído é relativamente baixo em relação à fração fibrosa obtida, estudos estão sendo conduzidos visando o aproveitamento dessa fração fibrosa para produção de celulose e papel. Além, do amido e da fração, tem-se uma fração parênquimatosa, constituída por fragmentos de células do parênquima contendo, ainda amido em seu interior. Enfim, estudos estão sendo conduzido, tendo em vista o aproveitamento integral do colmo de bambu, para produção conjunta de celulose e amido.

#### 5. Alimento a Partir do Broto de Bambu

O broto de bambu, com 30 a 40 cm de comprimento, tem sido bastante consumido como alimento humano, nos países do Continente Asiático, sendo inclusive industrializado e exportado, principalmente para os Estados Unidos da América. No Brasil, esse produto é consumido principalmente pelos descendentes das colonias japonesa e chinesa.

Do ponto de vista nutritivo, o broto de bambu é rico em proteínas, fração mineral, amido e açúcares (quadro 12).

Os teores de ácido cianídrico, que nas espécies estudadas, variaram de 129 a 802 ppm, não inviabilizaram esse produto para o consumo humano, pois, durante o cozimento esse produto é eliminado.

#### Inserir quadro 12

Teoricamente, qualquer espécie de bambu se presta

para produção de broto comestível, entretanto, as espécies mais utilizadas são aquelas pertencentes aos gêneros Phyllostachys e Dendrocalamus, com especial destaque P. edulis e D. latiflorus.

## 6. Conclusão

Como vimos, essa espécie vegetal, conhecida vulgarmente como "bambu", oferece várias opções de utilização industrial, principalmente visando a produção de celulose para papel, álcool e amido, em processamento conjunto, onde a viabilidade técnica é possível pela própria natureza química e anatômica do colmo de bambu. Entretanto, devemos ser realistas, pois o bambu, não só no Brasil, mas em todo Continente Latino-americano é muito pouco valorizado e estudado como matéria-prima industrial.

## 7. Literatura Citada

- 7.1 - AZZINI, A & CIARAMELLO, D. Celulose de bambu. V Convenção Anual da ABCP, 195-201, 1972.
- 7.2 - AZZINI, A. - Influência das dimensões dos cavacos de Bambusa vulgaris no rendimento, porcentagem de rejeitos, números Kappa e alvura da celulose, obtida pelo processo sulfato - IX Congresso Anual da ABCP, 201-214, 1976.
- 7.3 - AZZINI, A.; CIARAMELLO, D. & NAGAI, V. - Propagação vegetativa do bambu-gigante - Bragantia (Nota nº 1) 37, 1978.
- 7.4 - \_\_\_\_\_; \_\_\_\_\_ & \_\_\_\_\_ - Número de feixes vasculares em três espécies de bambu, Bragantia (Nota nº 2) 36, 1977.
- 7.5 - AZZINI, A. - Aspectos agronômicos da Produção de Bambu industrial. O Papel, 61 (11): 87-95, 1980.
- 7.6 - AZZINI, A.; SALGADO, A.L.B.; TEIXEIRA, J.P.F. & MORAES, R.M. - Obtenção de amido a partir de bambu (Guadua flabellata) - Bragantia (Prelo). 9 p. - 1981.
- 7.7 - AZZINI, A. & ARANHA, C. - Florecimento em bambu (Melocana baccifera). Bragantia (Prelo) 10 p., 1981.
- 7.8 - AZZINI, A. & SALGADO, A.L.B. - Aspectos del aprovechamiento industrial del bambu en el Brasil. Primer Simpósio Latino americano sobre bambu. Manizales, Colombia. 7 p. 1981.
- 7.9 - AZZINI, A. - Amido a partir de bambu. Bragantia (Prelo) 11 p. - 1982.
- 7.10 - BHAT, A.S. - Gregarius flowering via-a-vis age gradation of Bambusa arundinacea. IPPTA 4 (7): 87-96, 1967.
- 7.11 - CHEN, M. - Giant timber bamboo in Alabama. Reprinted from Journal of Forestry. 71 (12). 1973.
- 7.12 - CHERKASSKY, H.H. - Panorama geral do setor de papel e celulose. III Simpósio Regional de Papel e Celulose da ABCP - Rio de Janeiro - 29 p. 1981.
- 7.13 - CIARAMELLO, D. - Informações pessoais.
- 7.14 - CIARAMELLO, D. & AZZINI, A. - Bambusa como matéria-prima para papel I. estudos sobre o emprego de B. vulgaris, B. vulgaris var. vittata e B. oldhami, na produção de celulose sulfato. O Papel 32 (2). 33-40, 1971.
- 7.15 - MEDINA, J.C.; CIARAMELLO, D. & CASTRO, G.A.P. - Propagação vegetativa do bambu imperial - Bragantia 21: 653-665 - 1962.

- 7.16- MEDINA, J.C. & CIARAMELLO, D. - Dimensões das fibras em Bambusáceas. *Bragantia*, 21 - 485, 1962.
- 7.17- MEDINA, J.C. & MEDINA, D. - Citologia de duas bambusáceas. *Bragantia* (Nota nº 13) 22, 1963.
- 7.18- MEDINA, J.C. & CIARAMELLO, D. - Influência da idade do colmo sobre qualidade papeteira do bambu imperial. *Bragantia*, 24: 411, 1965.
- 7.19- MENEZES, T.B. & AZZINI, A. O bambu, uma nova matéria-prima para produção de etanol. *Bol. ITAL, L'* (2): 145-154, 1981.
- 7.20- McCLURE, F.A. - The bambos. A fresh perspective. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts 343 p., 1968.
- 7.21- UEDA, K. - Culture of bamboo as industrial raw material. *Boll Japan's Tecnology*. Nº 2 - A 168 - 46 p. 1968.

\*\*\*\*\*

Quadro 1 - Enraizamento de estacas de Dendrocalamus giganteus em vários substratos e quando submetidos a diferentes tratamentos.

Tratamento das estacas	Substrato					Total	Porcentagem *
	1	2	3	4	5		
	nº	nº	nº	nº	nº	nº	
Testemunha	4	3	6	6	7	26	20,8 a
Glicose a 0,2%	3	3	3	2	4	15	12,0 ab
Glicose a 0,4%	2	3	4	1	1	11	8,8 b
Ácido naftaleno acético a 0,05%	7	6	5	3	6	27	21,6 a
Total	16	15	18	12	18	79	.....
Porcentagem	16,0	15,0	18,0	12,0	18,0	..	15,8

\* Tukey (5 %) = 0,05

C.V. (%) = 2,75

1= Esterco composto

3= Terra (latossolo roxo)

2= Areia lavada

4= Esterco e Terra

5= Esterco terra e areia

Quadro 2 - Produção de Bambusa vulgaris var. vittata em função do sistema de corte.

	Arrasante	Seletivo	1/2 touceira
Início aos 3 anos	31,6	9,7	14,3
Repetição após 3 anos	30,1	46,5	25,2
Total de 6 anos	61,7	56,2	39,5
Média por ano	10,3	9,4	6,6
Início aos 3 anos	31,6	9,7	14,3
Repetição após 4 anos	36,1	49,2	42,8
Total de 7 anos	67,8	58,9	57,1
Média por ano	9,7	8,4	8,1
Início aos 4 anos	39,2	24,2	20,6
Repetição após 3 anos	24,0	53,6	29,7
Total de 7 anos	63,2	77,8	50,3
Média por ano	9,0	11,1	7,2
Média geral, em t/ha/ano	9,7	9,6	7,3

Quadro 3 - Teores médios de silício nas folhas e colmos de diversas espécies de bambu (1)

E S P É C I E S	FOLHAS	COLMOS
	(%)	(%)
<u>Bambusa vulgaris</u>	-----	0,27
<u>Bambusa vulgaris</u> var. <u>vittata</u>	-----	0,80
<u>Bambusa tuldoides</u>	4,08	0,28
<u>Bambusa nutans</u>	2,19	0,15
<u>Bambusa tulda</u>	1,59	0,15
<u>Bambusa stenostachya</u>	1,47	0,29
<u>Bambusa beecheyana</u>	3,07	0,26
<u>Bambusa textilis</u>	3,93	0,25
<u>Bambusa ventricosa</u>	4,11	0,30
<u>Bambusa malingensis</u>	1,97	0,30
<u>Bambusa dissimulator</u>	3,59	0,25
<u>Ochlandra travancórica</u>	1,63	0,11
<u>Gigantochloa verticillata</u>	1,24	0,16
<u>Thyrsostachys siamensis</u>	1,47	0,23
<u>Dendrocalamus asper</u>	6,01	0,34
<u>Dendrocalamus giganteus</u>	4,03	0,29
<u>Dendrocalamus latiflorus</u>	2,52	0,29
<u>Dendrocalamus strictus</u>	9,15	0,37

(1) Análise realizada na Seção de Química Analítica do IAC.

Quadro 4 - Dimensões e porcentagem de fibra de lúmen estreito e largo em quatro espécies de bambu. (1)

E S P É C I E S	Fibras de lúmen estreito			Fibras de lúmen largo		
	1	2	3	4	5	6
	(%)	(mm)	(microns)	(%)	(mm)	(microns)
<u>Bambusa beecheyana</u>						
Parte externa	36,0	1,27	11,48	64,0	1,35	28,85
Parte interna	20,0	1,29	11,28	80,0	1,34	23,14
<u>Bambusa nutans</u>	91,0	1,97	10,95	9,0	2,04	24,94
<u>Gigantochloa apus</u>	81,5	2,61	11,72	18,5	3,32	26,61
<u>Verticillata</u>	52,5	2,08	12,56	47,5	2,17	28,93

1 = Frequencia                      4 = Frequencia  
2 = Comprimento                    5 = Comprimento  
3 = Largura                            6 = Largura

Quadro 5 - Valores m̄dios para dimens̄oes das fibras e densidade b̄sica em diferentes esp̄cies de bambu (1) (2)

Propriedades	1	2	3	4	5	6
Comprimento das fibras ( mm )	3,43	2,98	1,89	1,92	3,08	2,20
Largura da fibra (microns)	15,41	16,21	18,21	16,97	18,17	16,70
Diâmetro do lumen (microns)	3,73	3,43	3,83	3,17	5,66	4,91
Espessura da parede (microns)	5,84	6,39	7,19	6,90	6,72	6,00
Densidade b̄sica ( g/cm <sup>3</sup> )	0,740	0,730	0,610	0,620	0,552	0,704

(1) As dimens̄oes das fibras foram obtidas em amostras maceradas em soluç̄o contendo 50% de ácido acético glacial, 30% de água oxigenada à 30% e 20% de água destilada.

(2) A densidade b̄sica foi determinada conforme método ABCPM 14/70.

1= <u>Bambusa vulgaris</u>	4= <u>Bambusa oldhami</u>
2= <u>Bambusa vulgaris</u> var. <u>vittata</u>	5= <u>Dendrocalamus giganteus</u>
3= <u>Bambusa tuldoides</u>	6= <u>Ochlandra travancõrica</u>

Quadro 6 - Condiç̄oes de cozimento e valores m̄dios para o rendimento em celulose e número de permanganato. (1)

COZIMENTOS	1	2	3	4	5	6
Alcali ativo (% Na <sub>2</sub> O)	15	15	15	14	14	14
Sulfidez (%)	25	25	25	25	25	25
Relaç̄o licor/material	4/1	4/1	4/1	4/1	4/1	4/1
Temperatura m̄xima (°C)	170	170	170	160	160	160
Tempo até temperatura M̄xima (minuto)	80	80	80	100	60	100
Tempo na temperatura m̄xima (minuto)	60	60	60	60	60	60
Rendimento (%)	40,46	41,00	42,42	43,80	40,25	44,31
Número de Permanganato	12,0	12,3	11,0	16,9	16,2	23,2

(1) Cozimentos realizados em autoclave "Regmed", com 20 l de capacidade aquecido eletricamente e girando a 2 r p m .

1= <u>Bambusa vulgaris</u>	4= <u>Bambusa tuldoides</u>
2= <u>Bambusa vulgaris</u> var. <u>vittata</u>	5= <u>Dendrocalamus giganteus</u>
3= <u>Bambusa oldhami</u>	6= <u>Ochlandra travancõrica</u>



Quadro 7 - Valores médios das características físico-mecânicas das pastas celulósicas obtidas a partir de diversas espécies de bambu. (1)

CARACTERÍSTICAS	1	2	3	4	5	6
Refinação (φ SR)	34,8	33,7	35,3	43,0	41,0	40,0
Gramatura (g/m <sup>2</sup> )	58,6	59,0	58,5	58,0	58,1	60,0
Auto-ruptura (km)	6,7	6,7	6,5	5,8	6,4	6,8
Elongação (%)	4,0	4,2	3,8	3,7	3,9	3,8
Fator de rasgo	284,5	325,4	219,1	226,0	286,0	292,8
Fator de estouro	50,2	54,2	47,2	43,9	51,5	47,0
Dobras duplas (nφ)	1529	1487	958	555	1541	1313
Porosidade (S/100 cm <sup>3</sup> )	2,7	3,1	4,6	3,5	3,0	3,8
Peso específico aparente (g/cm <sup>3</sup> )	0,507	0,516	0,529	0,522	0,536	0,533
Volume específico aparente (cm <sup>3</sup> /g)	1,97	1,94	1,89	1,91	1,86	1,89
Espessura (mm)	0,116	0,114	0,110	0,110	0,115	0,120

(1) Valores médios obtidos aos 45 minutos de refinação em moimho Jokro.

1= Bambusa vulgaris

2= Bambusa vulgaris var. vittata

3= Bambusa oldhami

4= Bambusa tuldoides

5= Dendrocalamus giganteus

6= Ochlandra travancórica

Quadro 8 - Influência da idade do colmo de Bambusa vulgaris var. vittata, em algumas características físico-mecânicas de celulose (1) (2)

CARACTERÍSTICAS	I D A D E D O C O L M O			
	1 ano	2 anos	3 anos	4 anos
Refinação (φ SR)	43,6	43,7	49,5	48,6
Auto-ruptura (km)	5,9	6,5	6,2	6,1
Elongação (%)	3,1	3,5	3,5	3,0
Fator de rasgo	228,8	227,7	225,7	213,1
Fator de estouro	40,2	43,6	45,7	41,0

(1) Valores médios obtidos aos 45 minutos de refinação em moimho Kokro.

(2) Celulose obtida pelo processo à 15% como Na<sub>2</sub> O.

Quadro 9 - Influência das dimensões dos cavacos de Bambusa vulgaris nas características da celulose Kraft.

Dimensões dos cavacos (com., larg. e espes.)		1	2	3	4	5
( cm )		( % )	( % )	( % )	( Nº )	( % )
000	(1,5 x 0,4 x 0,2)	33,80	33,80	----	10,75	25,40
012	(1,5 x 0,8 x 1,0)	39,38	35,76	3,63	67,75	22,30
021	(1,5 x 1,2 x 0,6)	40,08	36,66	3,42	56,25	12,50
101	(3,0 x 0,4 x 0,6)	38,19	38,02	0,18	23,15	18,90
110	(3,0 x 0,8 x 0,2)	37,84	37,44	0,40	15,05	29,40
122	(3,0 x 1,2 x 1,0)	44,84	40,68	4,16	97,55	8,40
202	(6,0 x 0,4 x 1,0)	38,36	38,28	0,075	22,30	17,15
211	(6,0 x 0,8 x 0,6)	43,36	42,20	1,15	51,65	12,55
220	(6,0 x 1,2 x 0,2)	37,69	37,70	----	11,00	25,40
001	(1,5 x 0,4 x 0,6)	37,66	37,60	0,06	21,30	20,10
010	(1,5 x 0,8 x 0,2)	37,09	37,08	0,015	11,95	24,80
022	(1,5 x 1,2 x 1,0)	39,45	34,98	4,47	79,20	11,50
102	(3,0 x 0,4 x 1,0)	36,42	36,25	0,16	19,90	19,90
111	(3,0 x 0,8 x 0,6)	43,44	38,54	4,90	61,70	11,40
120	(3,0 x 1,2 x 0,2)	35,25	35,23	0,02	13,25	23,75
200	(6,0 x 0,4 x 0,2)	37,82	37,82	----	12,20	24,25
212	(6,0 x 0,8 x 1,0)	46,38	39,08	7,30	77,80	9,90
221	(6,0 x 1,2 x 0,6)	43,40	40,47	2,88	63,45	12,00
002	(1,5 x 0,4 x 1,0)	30,51	30,48	0,025	20,45	19,30
011	(1,5 x 0,8 x 0,6)	34,79	34,30	0,50	41,05	15,25
020	(1,5 x 1,2 x 0,2)	32,94	32,94	0,01	11,95	20,25
100	(3,0 x 0,4 x 0,2)	34,60	34,60	----	10,90	21,15
112	(3,0 x 0,8 x 1,0)	37,88	36,24	1,64	81,15	10,05
121	(3,0 x 1,2 x 0,6)	40,66	39,39	1,28	79,80	11,25
201	(6,0 x 0,4 x 0,6)	35,06	35,06	----	15,90	21,15
210	(6,0 x 0,8 x 0,2)	34,99	34,99	----	11,25	25,90
222	(6,0 x 1,2 x 1,0)	41,01	36,84	4,17	102,50	9,40

1 = Rendimento bruto

2 = Rendimento depurado

3 = Rejeitos

4 = Número Kappa

5 = Alvura

Quadro 10 - Valores médios da densidade básica, açúcares solúveis e amido em três camadas concêntricas do colmo de bambu (B. vulgaris) (1)

V A L O R E S	Camada Externa	Camada Média	Camada Interna
Açúcares solúveis (%)	2,10	3,64	3,77
Amido (%)	29,66	40,87	41,07
Densidade básica (g/cm <sup>3</sup> )	0,765	0,506	0,428

(1) Os valores em porcentagem se referem a matéria seca.

Quadro 11 - Rendimento alcoólico em bambu e madeira (1) (2)

R E N D I M E N T O	B A M B U	M A D E I R A
Rendimento em l/ton	340	100 a 200
Rendimento em l/ha/ano	8.500	2.500 a 5.000

(1) Rendimento baseado numa mesma produção agrícola de 25 ton/ha/ano, tanto para bambu como para madeira.

(2) Os dados referentes às madeiras foram publicados na Revista Brasil Açúcareiro em março de 1980 e se referem a 38 espécies.

Quadro 12 - Composição química do broto de algumas espécies de bambu (1)

Análise química	<u>Dendrocala-</u> <u>mus gigan-</u> <u>teus</u>	<u>Bambusa</u> <u>vulgaris</u> var. <u>vittata</u>	<u>Bambusa</u> <u>vulgaris</u>	<u>Bambusa</u> <u>tuldoides</u>
Proteína bruta (%)	46,10	42,43	39,68	36,61
Tanino (mg/100 g)	39,00	37,80	39,50	39,80
Fibras (%)	6,54	7,86	10,00	13,71
Cinzas (%)	10,13	12,43	13,09	15,32
Amido (%)	18,35	15,14	13,97	8,55
Açúcares totais (%)	13,50	17,14	19,26	20,16
HCN (ppm)	5,2	802	129	324

(1) Análise realizadas no Instituto de Tecnologia de Alimento - ITAL.

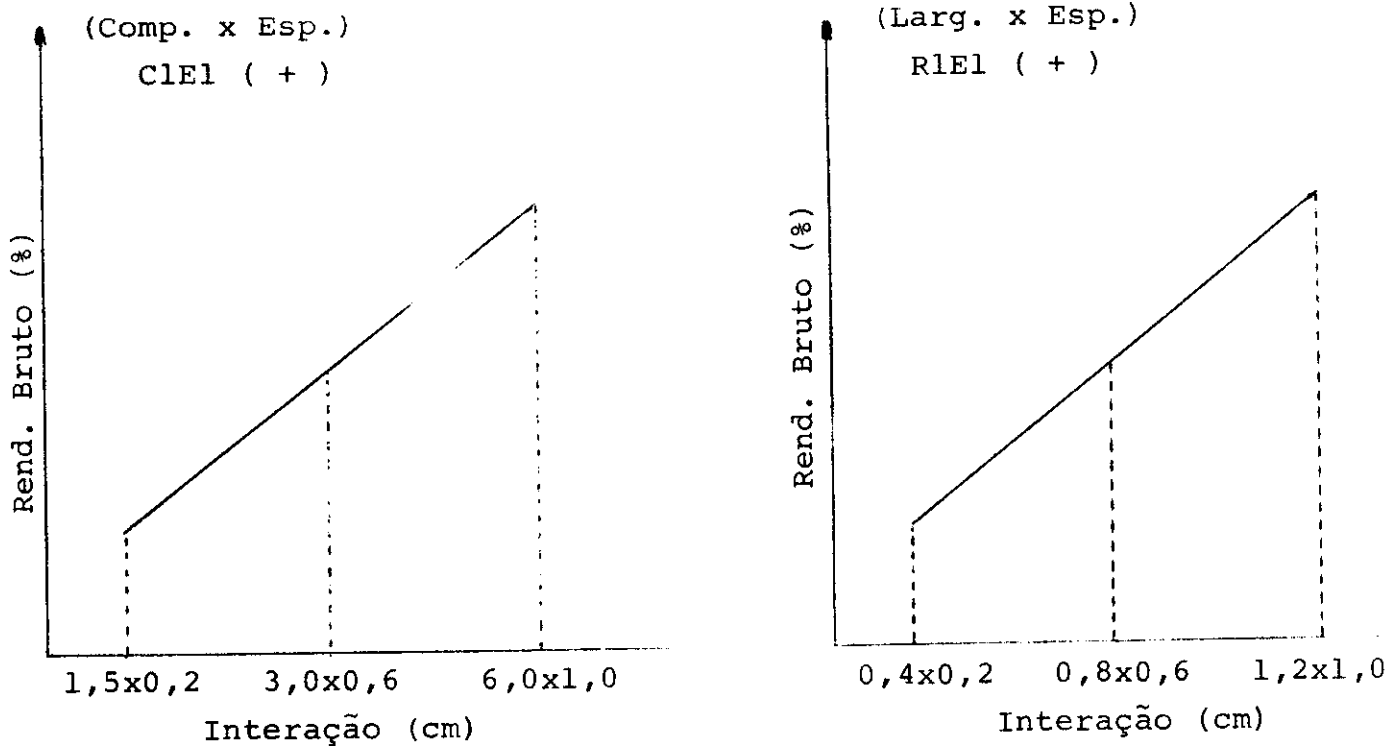


Figura 1 . Representação gráfica das interações (Com. x Esp.) e (Larg. x Esp.) nos Rendimentos Brutos em cavacos de B. vulgaris.

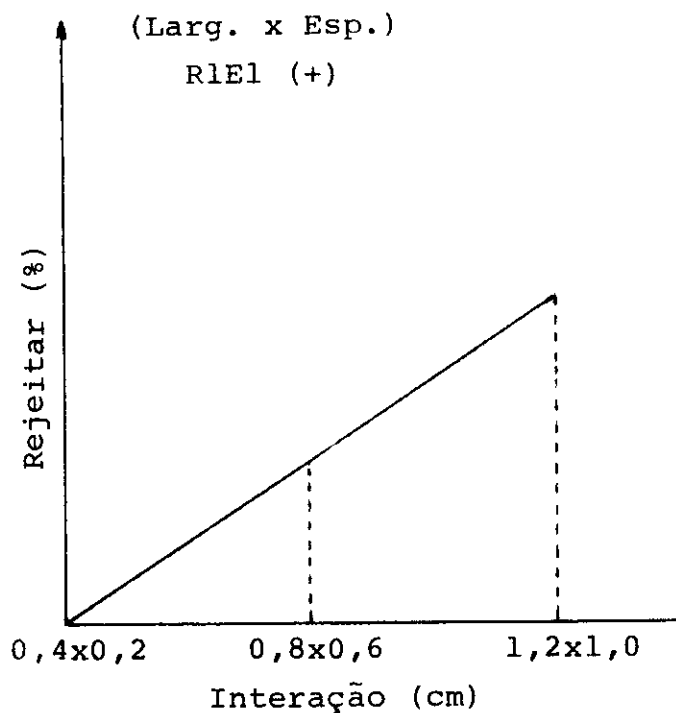


Figura 2. Representação gráfica da interação (Larg. x Esp.) nos teores de rejeitos em cavacos de B. vulgaris.

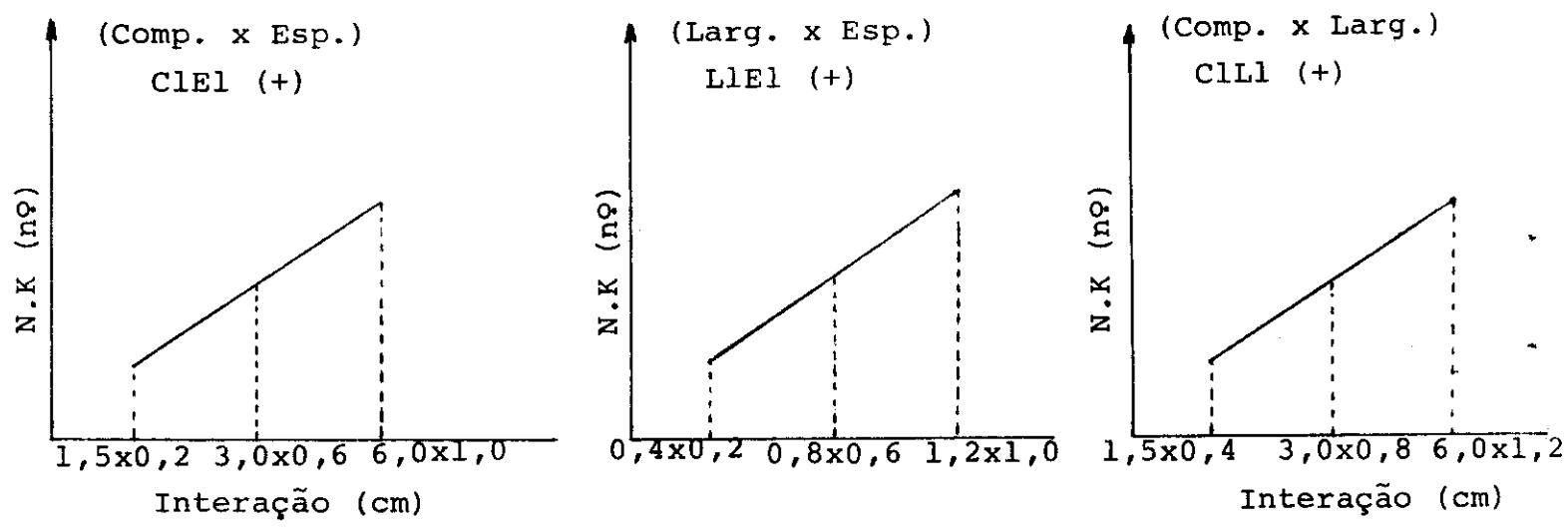


Figura 3. Representação gráfica das interações (Comp. x Esp.), (Larg. x Esp.) e (Comp. x Larg.) nos números Kappa em cavacos de B. vulgaris.

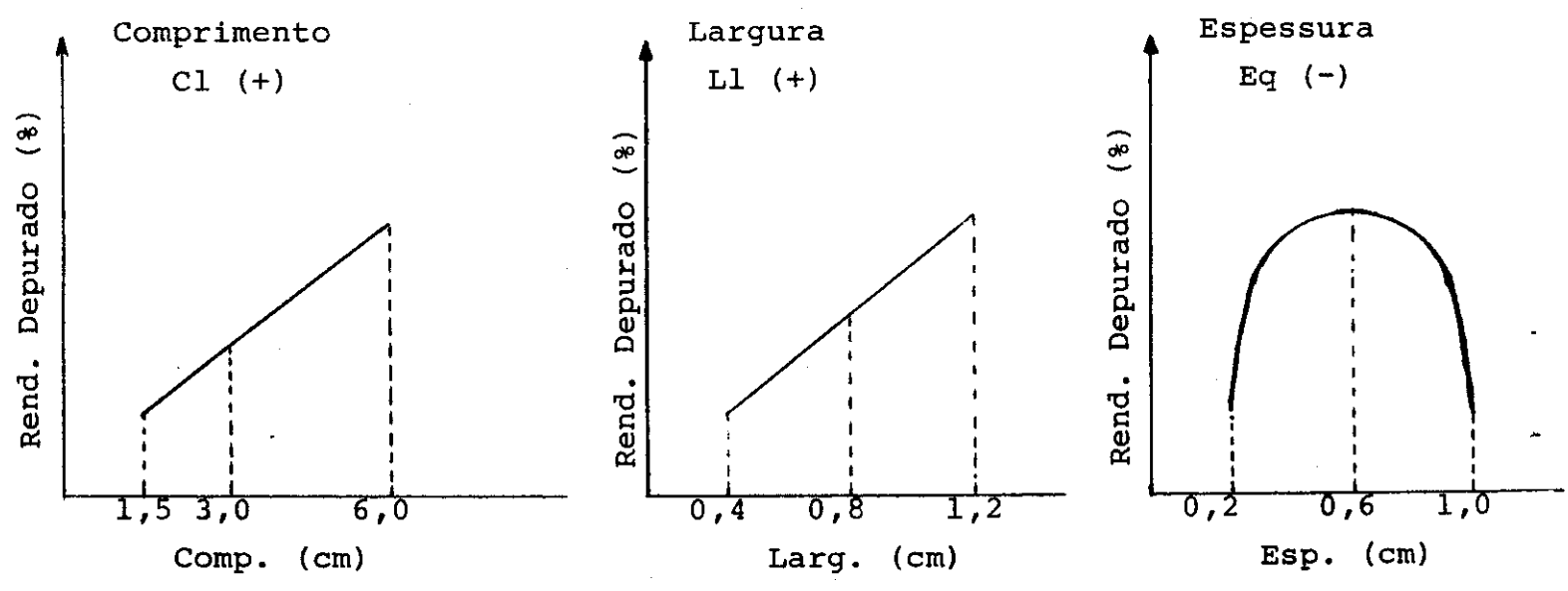


Figura 4. Representação gráfica de influência do comprimento, largura e espessura dos cavacos de B. vulgaris no rendimento depurado.