

## **Caracterização e Análise de Rendimento da Operação de Traçamento na Preparação de Pranchas de Cortiça para a Produção de Rolhas**

**Augusta Costa\* e Helena Pereira\*\***

\*Engenheira Silvicultora

\*\* Professora Catedrática

Centro de Estudos Florestais e Departamento de Engenharia Florestal. Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017 LISBOA

---

**Sumário.** A economia do sector da cortiça depende da produção industrial de rolhas, que se inicia com a preparação de pranchas traçadas. O traçamento, ou seja, o corte das pranchas brutas após cozedura em peças com calibre e qualidade mais ou menos homogéneos, origina os primeiros desperdícios da laboração da cortiça. Dada a sua importância no fluxo fabril rolheiro estudou-se o traçamento através de uma amostragem aleatória de pranchas de cortiça amadia cozida na indústria, para a qual se fez o seu traçamento virtual, quantificando as dimensões e forma das peças obtidas e estimando o número máximo potencial de rolhas.

A área e as dimensões lineares das pranchas de cortiça em bruto estão relacionadas com a forma da árvore e a técnica do descortiçamento, enquanto que a dimensão das pranchas traçadas parece estar condicionada com a facilidade do seu manuseamento nas operações seguintes. Em média, o traçamento reduz a área e as dimensões das pranchas brutas para cerca de metade. Nesta operação geram-se desperdícios, os bocados, que representam, em média, 5% da cortiça.

Na análise do rendimento potencial máximo em rolhas, as zonas da prancha que não permitem o corte de rabanadas e as extremidades sobrantes da rabanada constituem desperdícios que representaram, no total, 17% das pranchas traçadas. O número máximo potencial de rolhas depende directamente da área da prancha, mas a proporção de desperdícios mostra tendência para diminuir com o aumento da área. Para maximizar o rendimento em rolhas deverão ser utilizadas pranchas de maiores dimensões, embora tendo em conta a provável necessidade de automatização da fase de rabaneação.

**Palavras-chave:** pranchas de cortiça; indústria corticeira; rolhas de cortiça natural; preparação; traçamento; rendimento

### **Characterization and Yield Analysis in the Preparation of Cork Planks for the Industrial Processing into Cork Stoppers**

**Abstract.** The industrial processing of natural cork stoppers, the most profitable cork product, begins with the preparation of the cork planks. The raw cork planks are boiled in water and then manually cut by expert operators into smaller planks of homogeneous thickness and

quality. This operation originates the first cork wastes in the industrial process.

The cutting of the cork planks was studied with a random sampling of raw cork planks taken from one industrial unit after boiling, for which a virtual cutting was made following the markings done by skilled operators. The dimension and shape of the cork planks were analyzed as well as the potential maximum number of cork stoppers to be produced.

The area, length and width of the raw cork planks are related with the shape of the tree stem and branches and with the cork stripping techniques, while the dimensions of the prepared cork planks are related to the specificities of the manual handling in the following operations in the industrial flow. On average, the cutting decreased the cork plank area to half. The wastes consisting of small pieces represented 5% of the initial raw cork.

The analysis of the maximum potential yield of cork stoppers showed that the regions of the raw cork planks that do not allow the cutting of cork strips for the punching out of stoppers or their excess length represent a waste residue amounting to 17% of the cork plank area. The potential maximum number of cork stoppers depended directly on the plank area but the proportion of waste showed a decreasing trend with the increase of the plank area. In order to maximize the yield in the production of cork stoppers, raw cork planks with large dimensions should be used, taking into account the probable need for automation in the industrial cutting of cork strips.

**Key words:** cork planks; cork industry; natural cork stoppers; preparation; cutting process; yield

#### **Caractérisation et Rendement de l'Opération de Préparation des Planches de Liège pour la Production de Bouchons**

**Résumé.** L'économie du liège dépend de la production industrielle de bouchons, qui débute par la préparation des planches de liège. Le découpage des planches brutes après le traitement avec l'eau en ébullition pour préparer des planches plus ou moins homogènes en termes d'épaisseur et de qualité produit les premiers résidus industriels.

La préparation des planches de liège a été étudiée par un échantillonnage aléatoire de planches brutes récoltées dans une unité industrielle après la cuisson à l'eau. Leur découpage virtuel a été fait par marquage par des experts. La dimension et la forme des planches préparées ont été analysées ainsi que le rendement potentiel maximum en bouchons.

La superficie, la longueur et la largeur des planches de liège brut sont en relation avec la forme de l'arbre et la technique de déliègeage, tandis que la dimension des planches préparées est conditionnée par la facilité de maniement dans les opérations suivantes. En moyenne, le découpage des planches brutes réduit leur dimension de moitié. Cette opération produit des morceaux de liège considérés comme résidus, qui représentent en moyenne 5% du liège.

Dans la production de bouchons de liège, les résidus potentiels correspondent à un total de 17% des planches préparées et contiennent les parties des planches qui ne permettent pas de couper les bandes pour le bouchonnage ou les extrémités en surplus de ces bandes. Le nombre maximal potentiel de bouchons qui peut être produit à partir d'une planche dépend directement de sa superficie mais il y a une tendance de réduction de la proportion de résidus avec l'augmentation de la dimension des planches. Pour maximiser le rendement en bouchons, on aurait intérêt à utiliser des planches de grandes dimensions, même s'il fallait considérer l'automatisation de l'opération suivante de production de bandes pour la production de bouchons.

**Mots clés:** planches de liège; industrie du liège; bouchons de liège; préparation; découpage; rendement

---

## Introdução

A economia da fileira da cortiça depende de forma determinante de dois aspectos:

- a produção de cortiça, como fornecedora de matéria-prima industrial;
- a produção de rolhas de cortiça natural, como factor determinante para justificar os elevados custos da matéria-prima.

A produção de cortiça baseia-se no descortiçamento periódico do sobreiro no fuste e ramos. O tirador de cortiça, com um machado de lâmina curva, faz primeiro um corte horizontal em volta na árvore, mais ou menos à altura dos ombros, e seguidamente cortes verticais, de modo a obter grandes pranchas de cortiça, de forma mais ou menos rectangular.

O período de descortiçamento é geralmente de nove anos o que, na maioria das nossas estações, garante um calibre das pranchas superior a 27 mm, necessário para a produção de rolhas. Embora as pranchas de cortiça produzidas em Portugal se distribuam por todas as classes comerciais de calibre (PEREIRA, 1998), existe de facto um predomínio das cortiças das classes de meia-marca e marca (respectivamente, 27-32 mm e 32-40 mm) (CUMBRE, 1998, PAMAF, 1999; GIL, 1996; MACEDO, 2001).

Quanto à qualidade da cortiça, que se refere à porosidade natural dada pelos canais lenticulares e a outros defeitos (por exemplo, inclusões lenhosas), ela mostra grande variabilidade: 50 a 60% das cortiças são medianamente porosas, menos de 10% corresponde a cortiças de boa qualidade e 30 a 40% são de fraca qualidade (PAMAF, 1999; PEREIRA *et al.*,

1996; CUMBRE, 1998; MACEDO, 2001). A qualidade da cortiça é um factor tecnológico de grande importância no fabrico de rolhas, dada a correlação positiva e elevada entre qualidade da prancha e perfil de qualidade e rendimento das rolhas de cortiça natural (GRAÇA *et al.*, 1986; PEREIRA *et al.*, 1994; BEJA, 2001, LOPES, 2001).

O processamento para o fabrico de rolhas inicia-se com a preparação da cortiça bruta para obtenção das pranchas traçadas de cortiça cozida que constituem a matéria-prima para a produção de rolhas (Figura 1). Após um período de repouso no campo e no estaleiro da fábrica de aproximadamente 6 meses, as pranchas brutas são submetidas a uma operação de cozedura com água, por tratamento em tanques ou autoclaves com água em ebulição durante cerca de 1 hora. Esta operação provoca uma expansão da cortiça em volume, especialmente na direcção radial (NATIVIDADE, 1950; REIS, 1986; FORTES e ROSA, 1988, ROSA *et al.*, 1990) e uma diminuição da porosidade (CUMBRE *et al.*, 2000), solubiliza uma pequena fracção de extractivos da cortiça, particularmente taninos (PEREIRA *et al.*, 1979; BORGES, 1988) e, principalmente, altera as propriedades mecânicas, facilitando as operações posteriores de corte quer para a produção de rolhas, quer de discos ou granulados.

Após a cozedura, as pranchas são secas ao ar durante três a quatro dias, num período de estabilização, e são traçadas, ou seja, são cortadas de modo a obter peças de cortiça com calibre e qualidade mais ou menos homogêneos que são classificadas em classes de calibre e de qualidade. Esta operação é realizada por operadores especializados, os traçadores e escolhedores, que julgam

a aptidão da prancha para a produção de rolhas, apreciando visualmente o seu aspecto na barriga, nas secções transversais e radiais e na costa. Nesta fase são separados os refugos, ou seja, toda a cortiça que não tem aptidão tecnológica para o fabrico de rolhas ou discos, quer seja por insuficiência de calibre ou de qualidade. Esta operação tem elevado grau de subjectividade do operador e depende da unidade industrial onde se insere, havendo tendência para que numa unidade exclusivamente preparadora o traçamento e a classificação das pranchas sejam mais rigorosos do que numa unidade rolheira (MACEDO, 2001).

No traçamento, o traçador observa a prancha de cortiça e determina as áreas a separar, utilizando facas de traçar, de perfil rectilíneo, em bancas de madeira. Para determinar as linhas de corte são seguidas algumas regras: 1) aproveitamento de rachas naturais da costa para estragar o menos possível a prancha; 2) separação das partes da cortiça que não são aproveitáveis (por insuficiência de espessura ou gravidade de defeitos) e vão constituir refugo; 3) face às dimensões mínimas normalizadas das pranchas para a rabaneação e consequente produção de rolhas, o critério da espessura pode ser sacrificado; 4) atender à necessidade de obter dimensões de pranchas com um manuseamento fácil na rabaneação; 5) separação dos bocados, pedaços de cortiça sem dimensão para prancha ou utilidade para o processamento industrial rolheiro e destinado, tal como os refugos, à indústria granuladora. De acordo com a norma NP-273 (1987) e o CIPR (2002), os bocados correspondem a peças com uma superfície inferior a 400 cm<sup>2</sup>.

Depois de traçada, a prancha é

recortada, endireitando-se um ou mais lados das pranchas por faceamento com uma faca, para facilitar a classificação, melhorar o aspecto da secção e permitir uma melhor rabaneação. Nesta fase, os desperdícios são os bocados, os refugos e as aparas de traçamento ou recorte (Figura 1).

A produção de rolhas pode esquematizar-se de um modo simplificado nas seguintes operações sequenciais: rabaneação, brocagem, escolha, secagem, rectificação, lavagem, classificação e tratamentos de superfície para acabamento.

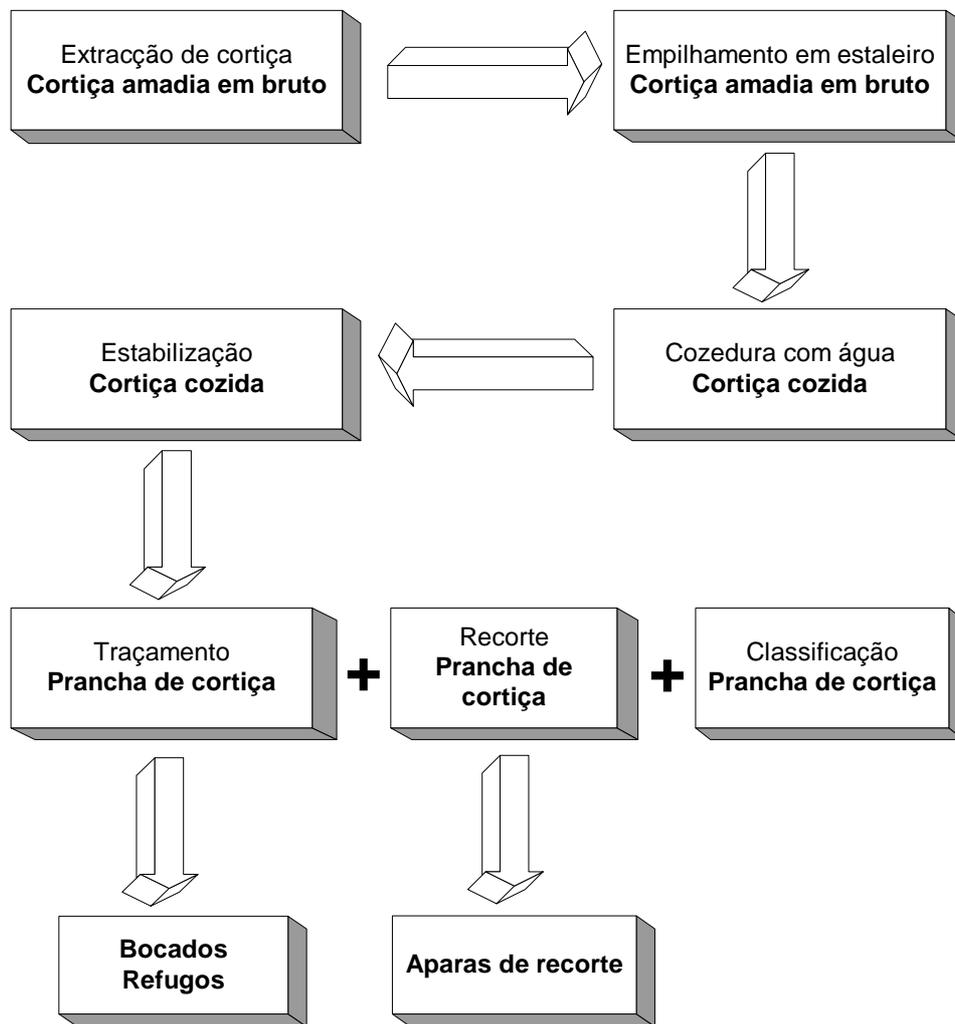
A rabaneação corresponde ao corte de tiras transversais de cortiça (rabanadas), perpendicularmente à direcção axial da cortiça, numa serra de disco (rabaneadora) com uma altura que depende do comprimento das rolhas pretendidas (GRAÇA *et al.*, 1986). As rabanadas são brocadas por perfuração na secção transversal com um cilindro oco cortante com diâmetro interno igual ao diâmetro da rolha, correspondendo portanto o eixo axial da rolha ao eixo axial da prancha de cortiça.

O aproveitamento mássico das pranchas traçadas para o fabrico de rolhas é pequeno, representando as rolhas menos de 25% da massa inicial de cortiça preparada (SARAIVA e SOARES, 1980; BORGES e CUNHA, 1985; PEREIRA *et al.*, 1994; BEJA, 2001; LOPES, 2001). Os subprodutos, que se destinam à trituração, são constituídos principalmente por aparas de rabaneação e pelas rabanadas brocadas (aparas de broca).

O aumento da produção de rolhas requer, para além de considerações de carácter qualitativo, uma optimização do aproveitamento da matéria-prima disponível, ou seja, das pranchas brutas que serão traçadas e rabaneadas. Existe muito pouca informação quantitativa

sobre a caracterização dimensional das pranchas e o efeito do traçamento, nomeadamente em relação às perdas que ocorrem como bocados e aparas. Neste artigo reportam-se os resultados obtidos com uma amostragem em ambiente industrial de pranchas de cortiça amadia cozida, para a qual se fez o seu

traçamento virtual, quantificando as dimensões e forma das peças obtidas e estimando o número máximo potencial de rolhas. Este trabalho tem como objectivo elucidar se o rendimento em rolhas depende das dimensões ou forma das pranchas traçadas.



**Figura 1** - Representação esquemática do fluxograma fabril na fase de preparação de cortiça

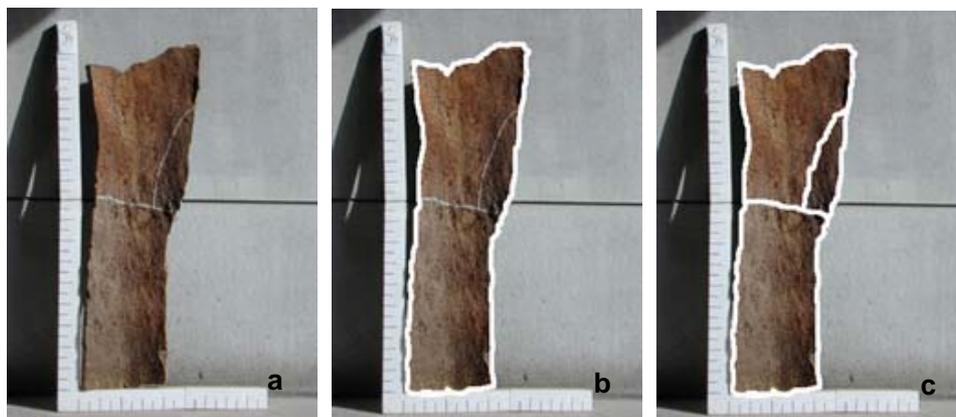
### Materiais e métodos

Este estudo realizou-se com pranchas de cortiça da unidade industrial EQUIPAR, em Coruche. Esta unidade, que se instalou em 1995 como indústria preparadora e em 1999 iniciou a produção de rolhas de cortiça natural, processa actualmente 8250 toneladas de cortiça e produz 40 milhões de rolhas por ano.

O fluxograma fabril segue as linhas gerais do processamento industrial para produção de rolhas de cortiça natural, incluindo uma fase de "escalda", ou segunda cozedura. Esta corresponde a uma cozedura das pranchas com água a 100°C durante 30-40 min., duas a três semanas após a primeira cozedura e imediatamente (24-48 horas) antes de se iniciar o processo de traçamento e rabaneação da prancha, de modo a conferir à cortiça a humidade considerada adequada (15-18%) para o processo de brocagem (LOPES, 2001).

Seleccionaram-se aleatoriamente 98 pranchas de cortiça no início da fase de traçamento do processamento industrial, após a "escalda". Estas pranchas foram fotografadas antes do traçamento na posição vertical, ou seja, com a orientação da prancha na árvore, utilizando o fendilhamento vertical da costa como indicador, com um referencial de escala utilizado como medida de calibração (Figura 2 a.).

O traçamento foi feito de modo virtual, ou seja, as pranchas não foram cortadas com facas de traçar, como é o procedimento habitual, mas apenas marcadas com caneta na linha de traçamento indicada pelo operário traçador. O traçamento foi marcado na barriga, na costa ou nas duas faces, segundo o critério do traçador. Quando o traçamento foi feito nas duas faces da prancha de cortiça, o traço da costa foi posteriormente transposto para a barriga da prancha de cortiça para comodidade das medições subsequentes.



**Figura 2** - Exemplo de prancha de cortiça amostrada. a. Imagem de prancha traçada mostrando o referencial e as marcações do traçamento, b. Imagem da prancha delimitada c. Imagem da prancha com todas as delimitações de área total e de limites de traçamento

A imagem das pranchas foi adquirida com uma máquina fotográfica digital Nikon Coolpix 950, que foi tratada com software de imagem Adobe Photoshop para delimitação das áreas (Figura 2 b. e c.), posteriormente medidas utilizando técnicas de análise de imagem baseadas em manipulação de contrastes com o software AnalySIS® 3.2.

Em cada prancha e em cada peça traçada de cortiça foram medidos os seguintes parâmetros:

- Área (area): área do objecto (prancha de cortiça ou peça traçada de cortiça), em  $\text{cm}^2$

- Diâmetro máximo (dmax): diâmetro máximo encontrado, em cm

- Diâmetro mínimo (dmin): diâmetro mínimo encontrado, em cm

- Diâmetro médio (dmedio): média aritmética dos diâmetros do objecto (para ângulos com o eixo dos xx, iguais a  $15^\circ$ ,  $30^\circ$ ,  $45^\circ$ , ....  $180^\circ$ ), em cm

- Orientação (orient): ângulo definido pelo eixo do diâmetro máximo e o eixo dos xx, em  $^\circ$

- Perímetro (perim): perímetro total do objecto, em cm

- Factor de forma (FF): definido como  $(\text{Area}/\text{Perímetro}^2) \times 4\pi$ , traduz a irregularidade do perímetro do objecto; pode tomar valores entre 0 e 1, correspondendo os valores mais próximo de 1 a formas sem grandes irregularidades

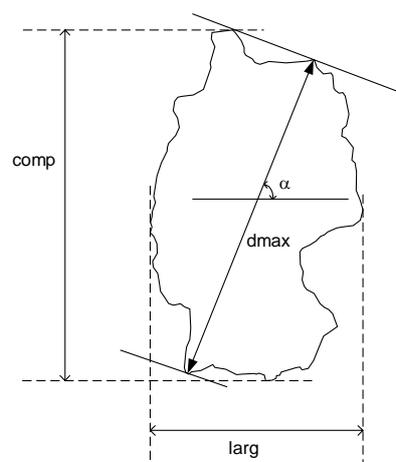
- Razão de diâmetros (racio): definido como  $d_{\text{max}}/d_{\text{min}}$ , traduz a forma mais rectangular ou mais quadrada do objecto.

- Comprimento (comp): definido como a distância máxima, medida na vertical, entre dois pontos que constituam os limites superior e inferior

da prancha, em cm

- Largura (larg): definido como a distância máxima, medida na horizontal, entre dois pontos que constituam os limites laterais, esquerdo e direito, da prancha, em cm

Diâmetro do objecto é definido como a distância segundo uma linha traçada perpendicularmente a duas linhas paralelas tangentes ao objecto e que o incluam completamente (Figura 3). São calculados vários diâmetros fazendo variar o "eixo de diâmetros" de  $15^\circ$  em  $15^\circ$  com o eixo dos XX. O diâmetro máximo corresponde à distância máxima encontrada, o diâmetro mínimo corresponde à distância mínima e o diâmetro médio corresponde à média aritmética dos diâmetros encontrados.



**Figura 3** - Representação esquemática de algumas das medições efectuadas nas pranchas com o sistema de análise de imagem

As áreas das pranchas traçadas provenientes de uma mesma prancha foram calculadas, e consideraram-se as peças traçadas com área inferior a  $400 \text{ cm}^2$  como bocados (NP-273, 1987). Calculou-se o número de pranchas traçadas por prancha de cortiça e a

respectiva área em percentagem da área total da prancha.

Com base na imagem das pranchas traçadas, calculou-se a produção potencial de rolhas com as dimensões 45 mm × 24 mm (comprimento x diâmetro) fazendo a rabaneação e brocagem de toda a cortiça, mas considerando os bocados de cortiça como desperdícios para trituração e, por isso, eliminando-se dos cálculos.

Para tal utilizou-se o software AnalySIS® 3.2., fazendo-se a sobreposição de uma grelha calibrada com as dimensões correspondentes ao diâmetro e comprimento da rolha na imagem de cada prancha e contaram-se as rolhas obtidas por peça de cortiça traçada (Figura 4).

## Resultados e discussão

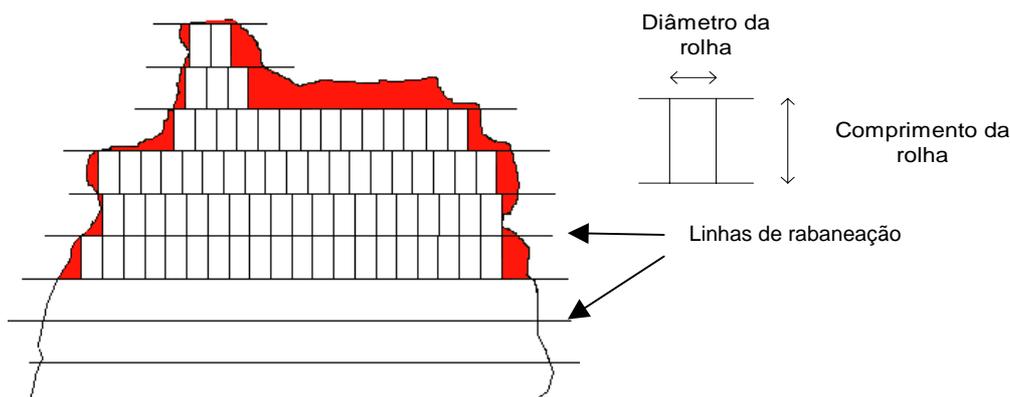
### *Características das pranchas de cortiça*

As pranchas de cortiça em bruto têm, em média, uma área de 3735 cm<sup>2</sup>, variando entre 907 e 7108 cm<sup>2</sup> (Quadro

1), com dimensões máxima e mínima médias de 123 cm e 79 cm, respectivamente, tendo a dimensão máxima a orientação média de 90° (orientação vertical).

A maior dimensão das pranchas na vertical (comprimento) tem um valor médio de 119 cm, e na horizontal (largura) de 47 cm, verificando-se que, entre pranchas, a variação dimensional do comprimento mostra uma maior amplitude do que a da largura. Pode, portanto, caracterizar-se a matéria-prima de abastecimento industrial para a produção de rolhas como sendo constituída por pranchas de cortiça, aproximadamente rectangulares e orientadas na direcção axial da árvore, com uma razão média entre comprimento e largura de 2,7.

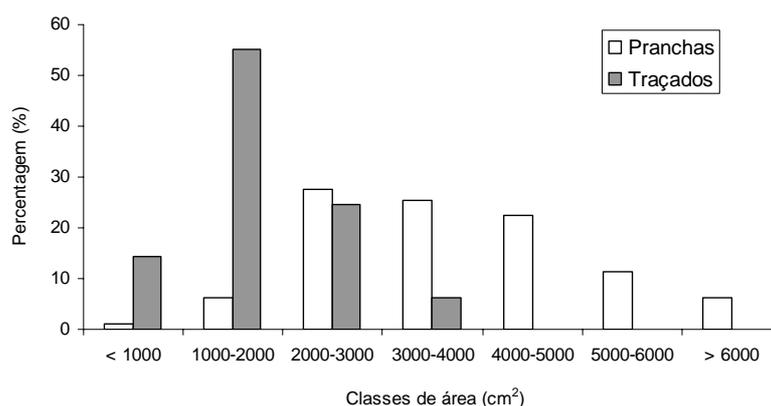
A distribuição das pranchas por classe de área (Figura 5) mostra que mais de 80% das pranchas têm entre 2000 e 6000 cm<sup>2</sup> e que 53% das pranchas têm uma área entre 2000 e 4000 cm<sup>2</sup>.



**Figura 4** - Sobreposição das pranchas traçadas por uma grelha de rabaneação e brocagem com as dimensões de malha correspondendo ao comprimento e diâmetro das rolhas, respectivamente. A zona sombreada corresponde à área de aparas de recorte

**Quadro 1** - Características das pranchas de cortiça em bruto e das peças traçadas (pranchas traçadas). Média de 98 pranchas, desvio padrão, valores máximo e mínimo.

	Pranchas em bruto			Pranchas traçadas		
	Média ± Desvio padrão	Máximo	Mínimo	Média ± Desvio padrão	Máximo	Mínimo
area (cm <sup>2</sup> )	3734,5 ± 1325,7	7108,4	906,9	1673,9 ± 705,2	3798,0	491,1
dmax (cm)	123,0 ± 27,2	181,7	62,1	78,2 ± 18,3	144,6	42,5
dmedio (cm)	114,8 ± 26,2	114,8	56,6	72,1 ± 16,7	133,5	40,2
dmin (cm)	79,3 ± 31,5	163,2	21,9	46,4 ± 13,7	95,9	21,2
orient (°)	90,1 ± 17,9	129,0	53,0	90 ± 20	133,0	41,5
perim (cm)	320,8 ± 70,6	569,3	150,9	199,6 ± 44,6	329,3	107,9
FF	0,46 ± 0,22	0,69	0,22	0,51 ± 0,1	0,73	0,29
racio	1,7 ± 0,7	4,7	1,0	1,8 ± 0,5	3,7	1,0
comp (cm)	119,1 ± 29,1	202,3	61,5	70,2 ± 25,6	147,7	16,9
larg (cm)	46,9 ± 13,1	98,3	18,8	33,5 ± 12,9	88,9	11,8

**Figura 5** - Distribuição das pranchas e das pranchas traçadas por classes de área (cm<sup>2</sup>)

As dimensões médias das pranchas de cortiça traduzem o modo da sua obtenção no processo de descortiçamento. O tirador faz a incisão horizontal com o machado mais ou menos à altura do peito, localizando depois as incisões verticais em duas, três ou mais posições em redor do perímetro da árvore, de acordo com o seu diâmetro e com eventuais defeitos aparentes (rachas, feridas, por exemplo), deste modo dando origem a maior variação dimensional nesta direcção.

O traçamento das pranchas correspondeu à divisão das pranchas brutas em peças mais pequenas, as pranchas traçadas. Em quase metade das pranchas (43%), o traçamento também originou bocados. Verificou-se que o traçador marcou o traçamento na barriga na quase totalidade das pranchas, só a tendo feito nas costas em seis pranchas e nas costas e na barriga em três pranchas. Comprovou-se, assim, que o elemento informativo mais importante para a apreciação visual feita pelo traçador sobre a

homogeneidade, espessura e qualidade da prancha é fornecido, na generalidade dos casos, pelo lado interior das pranchas, a barriga, onde mais claramente se desenham as lenticulas, as depressões reveladores de menor espessura, e as marcas de irregularidades do entrecasco.

Do total das 98 pranchas brutas iniciais, obtiveram-se 217 pranchas traçadas (e 59 bocados de cortiça). As peças de cortiça traçadas apresentam em média, 1674 cm<sup>2</sup>, o que corresponde praticamente a metade da área média total da prancha de cortiça, variando entre 491 cm<sup>2</sup> e 3798 cm<sup>2</sup> (Quadro 1). As dimensões máxima e mínima das peças são 78 cm e 46 cm em média, respectivamente, mantendo-se a orientação média de 90° para a dimensão máxima. O comprimento da prancha traçada é, em média, 70 cm e a largura é 33 cm, com uma razão entre comprimento e largura, em média, de 2,3. O traçamento corresponde, portanto, a uma redução dimensional em relação às pranchas brutas de 58,8% e 71,4%, respectivamente para o comprimento e largura.

A única referência bibliográfica encontrada sobre caracterização das pranchas traçadas (MELO e PINTO, 1988) indica para um total de 188 pranchas de calibre marca, separadas em lotes de diferentes classes de qualidade (1ª a 5ª), uma área média de 1150 cm<sup>2</sup>, com um valor mínimo de 366 cm<sup>2</sup> e máximo de 4847 cm<sup>2</sup>, sem diferenças significativas entre lotes.

As pranchas traçadas mantêm, portanto, a forma média rectangular, com o lado menor, correspondendo a uma direcção transversal da prancha em relação à árvore. A variabilidade dimensional das pranchas traçadas é maior do que no caso das pranchas brutas.

Verifica-se, no entanto, que as pranchas traçadas não têm em geral dimensões transversais superiores a 45 cm. Tal dever-se-á, sem dúvida, à necessidade de garantir a facilidade de manuseamento posterior das pranchas traçadas na fase de rabaneação, onde o operador tem de agarrar transversalmente as pranchas com as duas mãos e movê-las da direita para a esquerda para corte das rabanadas na serra de disco que está colocada à sua frente. Para a operação realizada deste modo, dimensões transversais superiores a 50 cm são pouco práticas, implicando maior esforço do operador e eventual perigo de distorção da peça na sua colocação na serra de disco.

As áreas das pranchas de cortiça traçadas apresentam uma distribuição semelhante à das pranchas inteiras mas com valores de área aproximadamente metade dos das pranchas (Figura 5); por exemplo, 55% das peças de cortiça têm áreas entre 1000 e 2000 cm<sup>2</sup>.

Os bocados obtidos variam entre 16 e 399 cm<sup>2</sup> e, em média, as suas dimensões maior e menor são 33 cm e 17 cm, respectivamente (Quadro 2). A maior parte dos bocados (62%) tem áreas superiores a 200 cm<sup>2</sup> (Figura 6). A orientação do bocados e o seu factor de forma não são muito diferentes relativamente às pranchas e às peças de cortiça traçada, o que mostra uma tendência para que os cortes de traçamento sigam o fendilhamento da cortiça e se mantenha uma forma semelhante à prancha inicial.

No total das pranchas estudadas, e que se consideram como uma amostragem do abastecimento industrial para a produção de rolhas, a percentagem de área que foi considerada como bocado no traçamento e que, portanto, foi retirada

da linha de produção de rolhas, totalizou 5,2%. Considerando apenas as pranchas que deram origem a bocados, estes representaram em média 12,2% da área da prancha, existindo muita variabilidade entre pranchas (coeficiente de variação da média 91%).

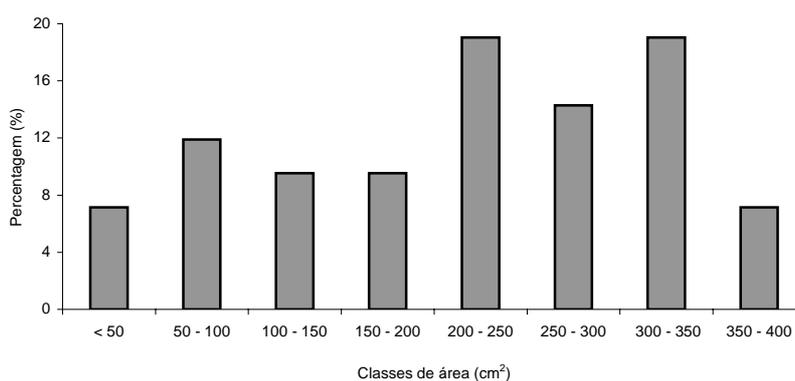
O valor encontrado para a proporção de bocados está de acordo com as indicações encontradas na bibliografia (SANTOS, 1976; GIL, 1996), em que os bocados representam 6% do peso inicial da prancha em bruto.

O número de peças traçadas por

prancha é, na grande maioria dos casos, dois ou três, embora possa ser superior, como mostra o Quadro 3, que discrimina o número e área das pranchas traçadas e bocados para cada caso de traçamento. Em geral, quanto maior é a dimensão das pranchas, maior é o número de peças traçadas obtidas. Tal dever-se-á, por um lado, à maior probabilidade de ocorrência de defeitos e heterogeneidade em pranchas com maior área e, por outro, ao objectivo de reduzir a dimensão das pranchas a processar subsequentemente para tamanhos manuseáveis.

**Quadro 2** - Características dos bocados de cortiça. Média e desvio padrão, valores máximo e mínimo

	Média ± Desvio padrão	Máximo	Mínimo
area (cm <sup>2</sup> )	222,4 ± 105,2	399,9	16,2
dmax (cm)	32,9 ± 11,3	59,4	10,2
dmedio (cm)	29,9 ± 10,8	55,7	8,8
dmin (cm)	16,7 ± 7,6	41,3	6,1
orient (°)	93 ± 31	171,0	4,0
perim (cm)	77,8 ± 24,3	131,1	28,7
FF	0,46 ± 0,1	0,80	0,24
racio	2,1 ± 0,6	3,7	1,3



**Figura 6** - Distribuição dos bocados de cortiça por classes de área (cm<sup>2</sup>)

**Quadro 3** - Distribuição das pranchas por número de peças obtidas (pranchas traçadas e bocados e área média das respectivas pranchas, traçados e bocados de cortiça)

Nº de peças obtidas		Nº pranchas traçadas	Área (cm <sup>2</sup> )		
Total	Traçados/Bocados		Prancha	Traçados	Bocados
2	2/0	27	3552,1	1738,4	
	1/1	14	2839,3	2496,2	282,8
3	3/0	24	489,9	1513,8	
	2/1	10	3840,3	1758,6	196,7
	1/2	3	2716,3	1963,2	217,5
4	4/0	5	4292,3	1008,2	
	3/1	4	3449,6	1027,6	183,5
	2/2	7	3131,2	1304,3	191,6
	1/3	1	1810,8	809,4	286,5
5	1/4	1	1919,6	1165,8	164,2
6	5/1	1	4722,2	866,6	141,2
7	4/3	1	5582,4	1230,6	95,0

*Rendimento potencial em rolhas*

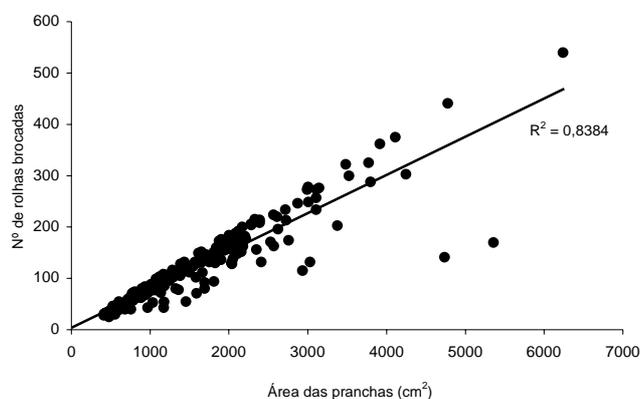
As 217 peças traçadas permitiriam obter um rendimento potencial máximo de 25985 rolhas. De facto, este rendimento é um valor máximo que não terá a ver com a realidade, dado que o critério para a determinação deste rendimento potencial foi apenas geométrico (ou seja, a rolha poder ser brocada na direcção tangencial e axial da prancha, tendo em conta as suas dimensões), sem atender à espessura e qualidade das pranchas. Neste estudo, a rolha que se utilizou como modelo foi a rolha de 45 mm de comprimento e 24 mm de diâmetro, requerendo, portanto, uma área mínima de 10,8 cm<sup>2</sup> de prancha.

O número médio de rolhas obtido por prancha traçada foi 122, embora a variabilidade seja grande (coeficiente de variação da média de 65%) com um máximo de 540 rolhas (para uma prancha traçada com 6241 cm<sup>2</sup>) e um mínimo de 25 rolhas (para uma prancha traçada com 478 cm<sup>2</sup>). O número de rolhas potenciais aumenta com a área da

prancha (Figura 7), sendo possível estabelecer uma regressão linear com coeficiente de determinação elevado ( $R^2 = 0,838$ ).

Analisando a matriz de correlação de Pearson (Quadro 4), verifica-se que dos parâmetros medidos nas pranchas traçadas os que mais se correlacionam com a produção potencial de rolhas são a área da prancha e o seu perímetro ( $r = 0,92$  e  $0,82$ , respectivamente) e ainda o diâmetro máximo e o diâmetro médio (respectivamente,  $r = 0,75$  e  $0,74$ ). Não se verificou correlação entre o número potencial de rolhas e o factor de forma ou a orientação das pranchas.

Para este aproveitamento máximo das pranchas, as áreas que não correspondem a rolhas potenciais foram designadas desperdícios e correspondem a porções da prancha sem dimensões quer em altura para o corte da rabanada (parte superior e inferior da prancha), que na realidade industrial correspondem a aparas de recorte e de rabaneação, quer em largura (início e fim da rabanada), como mostra a Figura 3.



**Figura 7** - Variação do número potencial máximo de rolhas brocadas com a área das pranchas traçadas (cm<sup>2</sup>). Recta de regressão linear com coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>)

**Quadro 4** - Matriz de correlação de Pearson entre os parâmetros caracterizadores das pranchas e o seu rendimento potencial em rolhas, NR - nº de rolhas total, Adesp - percentagem de área de desperdícios em relação à área total da prancha traçada, N/area - nº de rolhas por cm<sup>2</sup> de área de prancha traçada

	area	dmedio	FF	orient	dmax	dmin	perim	NR	Adesp	racio	N/area
area	1,00										
dmedio	0,83	1,00									
FF	0,16	-0,21	1,00								
orient	-0,07	-0,08	0,03	1,00							
dmax	0,84	1,00	-0,21	-0,08	1,00						
dmin	0,70	0,77	0,00	-0,05	0,74	1,00					
perim	0,91	0,95	-0,14	-0,08	0,95	0,74	1,00				
NR	0,92	0,74	0,10	-0,01	0,75	0,53	0,82	1,00			
Adesp	-0,04	-0,13	-0,04	-0,06	-0,12	-0,07	-0,07	-0,38	1,00		
racio	-0,12	0,02	-0,38	-0,01	0,06	-0,54	-0,02	-0,02	-0,03	1,00	
N/area	0,04	0,13	0,04	0,06	0,12	0,07	0,07	0,38	-1,00	0,03	1,00
larg	0,56	0,24	0,28	-0,11	0,26	0,26	0,42	0,49	-0,03	-0,12	0,03
comp	0,37	0,62	-0,39	-0,16	0,62	0,36	0,52	0,38	-0,15	0,17	0,15

A área de prancha correspondente aos desperdícios de recorte foi em média 17,4% da área da prancha, mas muito variável entre pranchas, com um máximo de 67,6% e um mínimo de 0,1%. Se se

reportar o rendimento potencial em rolhas calculado para as pranchas traçadas (82,6% em relação à área das pranchas traçadas) em relação à área inicial das pranchas brutas de cortiça não

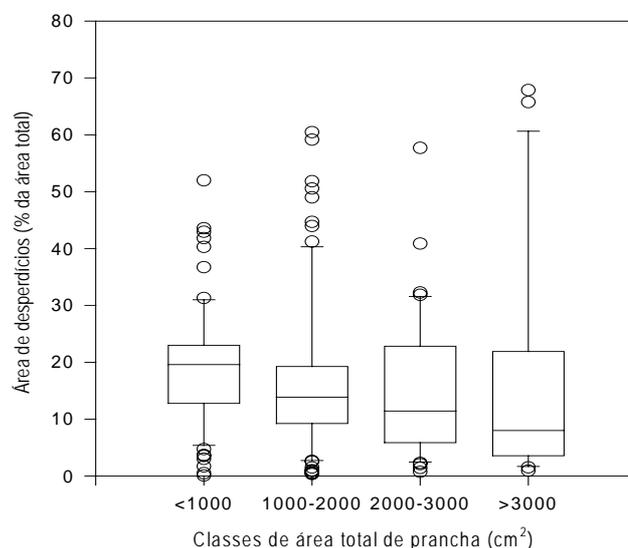
traçadas, verifica-se que este corresponde a 78,1% da área das pranchas. Ou seja, 21,9% da área das pranchas que constituem matéria-prima para a produção de rolhas serão desde logo não aproveitados para a produção de rolhas: 5,2% da área é eliminada no traçamento e 16,7 % por razões geométricas de localização das rabanadas e das rolhas na prancha.

Este valor está de acordo com SANTOS (1976) que refere que na fase de preparação só cerca de 80% da cortiça amadia em bruto se transforma em prancha classificada pronta para a rabeação, pois os bocados e as aparas de recorte representam 16% e os refugos (só rachados e verde) 5%. Para GIL (1996), o rendimento das pranchas classificadas em relação à cortiça amadia bruta é 65%, representando os bocados 5%, as aparas de recorte 10% e os refugos 20%.

O comprimento e a largura das pranchas mostram correlação positiva,

embora não muito elevada, com o número de rolhas potencial. A proporção de desperdícios não mostrou correlação com a área das pranchas nem com qualquer outro parâmetro (Quadro 4). No entanto, se se analisar a proporção de desperdícios nas pranchas por classes de áreas, verifica-se uma tendência para que a proporção seja maior para as pranchas menores (Figura 8), embora se verifiquem muitos valores *outliers* para todas as classes de área. Em média, as pranchas com área inferior a 1000 cm<sup>2</sup> dão origem a 19,3% de desperdícios, enquanto que as pranchas com áreas de 1000 a 2000 cm<sup>2</sup>, 2000 a 3000 cm<sup>2</sup> e superior a 3000 cm<sup>2</sup> originam respectivamente, 16,8%, 14,8% e 18,1% de desperdícios.

Deste modo, numa perspectiva de aproveitamento máximo da área superficial das pranchas, será desejável utilizar pranchas de dimensões maiores.



**Figura 8** - Variação da área de desperdícios (% da área total da prancha traçada) com a classe de área total das pranchas traçadas (cm<sup>2</sup>).

Constata-se, portanto, e para além de considerações sobre a existência nas pranchas traçadas de áreas não utilizáveis para a brocagem de rolhas por terem espessura insuficiente ou defeitos graves (por exemplo, rachas e bofe excessivo), que uma fracção apreciável das pranchas que constituem a matéria-prima para a produção de rolhas é eliminada na fase de traçamento e de localização geométrica da brocagem. Um aumento de rendimento potencial de rolhas deverá, portanto, ter em conta a diminuição da proporção de área de pranchas que é desperdiçada.

Desde logo, o aumento da área das pranchas a utilizar para a brocagem de rolhas diminuirá tendencialmente a proporção de desperdícios, tanto no traçamento como na rabaneação e brocagem subsequentes. Deverá, portanto, ser considerada a possibilidade de diminuir, ou até eliminar, a operação de traçamento das pranchas destinadas à produção de rolhas. Tal deverá, no entanto, ser acompanhado de medidas que garantam a adequada ergonomia e rigor da operação seguinte de rabaneação das pranchas através, por exemplo, da adopção de sistemas automáticos de rabaneação.

### Conclusões

A área e as dimensões lineares das pranchas de cortiça em bruto estão relacionadas com a forma da árvore e a técnica do descortiçamento, enquanto que a dimensão das pranchas traçadas parece estar condicionada pela facilidade do seu manuseamento nas operações posteriores do processamento. Apesar da variabilidade encontrada, o traçamento

reduz a área e as dimensões das pranchas brutas para cerca de metade. Nesta operação geram-se desperdícios, os bocados, que representam, em média, 5% da cortiça.

As fases subsequentes do processo industrial de fabrico de rolhas passam pela rabaneação e o aproveitamento da rabanada para a brocagem das rolhas. Na análise do rendimento potencial máximo em rolhas, seguindo critérios exclusivamente de localização geométrica das rabanadas e das rolhas, constata-se que constituem desperdícios as zonas da prancha que não permitem o corte de rabanadas, ou as extremidades sobranes da rabanada, que representaram, no total, 17% das pranchas traçadas

O número potencial de rolhas depende directamente da área da prancha, mas a proporção de desperdícios mostra uma tendência para diminuir com o aumento da área da prancha.

Numa perspectiva de maximização do rendimento em rolhas deverá, portanto, ser considerada a utilização de pranchas de maiores dimensões, tendo em conta a provável necessidade de automatização da fase de rabaneação das pranchas de cortiça.

### Agradecimentos

Agradece-se à EQUIPAR a matéria-prima e a disponibilidade dos seus traçadores para a realização deste trabalho. Agradece-se igualmente às engenheiras Sofia Knapic, Sónia Palma e Sofia Leal as fotografias das pranchas e à engenheira Lídia Silva a sua colaboração no laboratório de análise de imagem. O trabalho teve o financiamento parcial do projecto europeu ULTRA (IST-1999-20188).

## Bibliografia

- BEJA, N., 2001. *Influência da qualidade das pranchas de cortiça no rendimento e no perfil de qualidade de rolhas de cortiça natural*. Tese de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa . Instituto Superior de Agronomia, 145 pp.
- BORGES, M., 1988. Alguns aspectos importantes a reter na indústria rolheira. *Cortiça* **600** : 81-83.
- BORGES, M., CUNHA, C., 1985. Os tratamentos dados durante o processo industrial de fabricação de rolhas. *Cortiça* **566** : 693-696.
- CUMBRE, M.F., 1998. *Avaliação da qualidade tecnológica de pranchas de cortiça por amostragem em pilha*. Rel. Fim de Curso. Universidade Técnica de Lisboa . Instituto Superior de Agronomia, 127 pp.
- CUMBRE, F., LOPES F., PEREIRA H., 2000. The effect of water boiling on annual ring width and porosity of cork. *Wood Fiber Sci.* **32**(1) :125-133
- CIPR, 2002. *Código internacional das práticas rolheiras*. Ed. C.E. Liège - Confédération Européenne du liège, 4ª ed. (versão em português), 60 pp.
- FORTES, M.A., ROSA, M.E., 1988. Densidade da cortiça: factores que a influenciam. *Cortiça* **593** : 65-68.
- GIL, L., 1996. *Cortiça. Produção, tecnologia e aplicação*. Instituto Nacional de Engenharia e Tecnologia Industrial. Lisboa, 384 pp.
- GRAÇA, J., BARROS, L., PEREIRA, H., 1986. *Optimização do ciclo industrial da cortiça. A - A preparação da cortiça*. Instituto Superior de Agronomia, 82 pp.
- LOPES, P., 2001. *Avaliação da qualidade industrial da cortiça no processo fabril de produção de rolhas*. Rel. Fim de Curso. Universidade Técnica de Lisboa . Instituto Superior de Agronomia, 117 pp.
- MACEDO, J., 2001. *Estudo sobre a metodologia de amostragem na árvore e a classificação de cortiça*. Tese de Mestrado. Universidade Técnica de Lisboa . Instituto Superior de Agronomia, 145 pp.
- MELO, B.M., PINTO, M.R., 1988. *Rolhas de cortiça natural: aspectos quantitativos e qualitativos do seu processo de fabrico*. Rel. Fim de Curso. Universidade Técnica de Lisboa. Instituto Superior de Agronomia, 168 pp.
- NATIVIDADE, J.V., 1950. *Subericultura*. Direcção Geral dos Serviços Florestais e Aquícolas. Lisboa, 387 pp.
- NP - 273, 1987 *Cortiça Terminologia Instituto Português da Qualidade*.
- PAMAF, 1999. *Caracterização da qualidade tecnológica das cortiças portuguesas*. Projecto PAMAF 4053. Instituto Superior de Agronomia, 185 pp.
- PEREIRA, H., FERREIRA, M., FARIA, M.G., 1979. Análise das águas de cozedura do tratamento industrial da cortiça. *Cortiça* **493** : 493-496.
- PEREIRA, H., MELO, B., PINTO, R., 1994. Yield and quality in the production of cork stoppers. *Holz als Roh-und Werkstoff* **51** :211-214.
- PEREIRA, H., LOPES, F., J., GRAÇA, 1996. The evaluation of the quality of cork planks by image analysis. *Holzforschung* **50** :111-115.
- PEREIRA, H., 1998. O calibre e a porosidade como parâmetros da qualidade tecnológica da cortiça em prancha. *Rev. Florestal* **2** : 46-50.
- REIS, A., 1986. Alterações verificadas nas dimensões da cortiça durante a sua cozedura - Uma primeira análise. *Cortiça* **569** : 60-64.
- ROSA, M.E., PEREIRA, H., FORTES M.A., 1990. Effects of hot water treatment on the structure and properties of cork. *Wood and Fiber Sci.* **22** : 149-164.
- SANTOS, A.L., 1976. Custos de produção na indústria corticeira. Caso de uma unidade preparadora. *Cortiça* **448** : 25-28.
- SARAIVA I.M., SOARES, J.M., 1980. Desperdícios no sector corticeiro. *Cortiça* **501** : 199-202.

Entregue para publicação em Março de 2003  
Aceite para publicação em Novembro de 2003