

DETERMINAÇÃO DA FRIABILIDADE DO CARVÃO VEGETAL EM FUNÇÃO DO DIÂMETRO DAS ÁRVORES E TEMPERATURA DE CARBONIZAÇÃO

APARECIDO DOS REIS COUTINHO

Instituto de Física - Laboratório de Combustíveis Alternativos - UNICAMP
13100 - Campinas, SP

EPAMINONDAS S. B. FERRAZ

CENA - ESALQ/USP
13400 - Piracicaba, SP

ABSTRACT - The relationships between the quantity of fine grain of charcoal, and carbonization temperature and diameter of trees was investigated. The results obtained show that the friability increases with parameters, temperature and diameter. In addition, it was possible to establish the correlation with density profiles of trees and charcoal.

RESUMO - No presente trabalho, procurou-se relacionar a geração de finos de carvão vegetal com o diâmetro das árvores e temperatura de carbonização. Os dados experimentais obtidos mostram que o maior índice de friabilidade ocorre para carvões originados de árvores de maior diâmetro e carbonizados a maior temperatura. Além disso, foi possível relacionar a geração de finos com os respectivos perfis de densidade das árvores e do carvão vegetal.

INTRODUÇÃO

A utilização de carvão vegetal em siderurgia, de um modo geral, tem como conseqüência uma série de vantagens para o País, destacando-se:

- constitui-se uma fonte energética renovável,
- é uma alternativa fundamental para o País, o qual possui redutor fóssil de má qualidade,
- economia de recursos com a importação de redutor fóssil e uso de tecnologia totalmente nacional,
- ocupação de extensas áreas de terra disponíveis,
- criação de grande número de empregos, direta e indiretamente e outros.

O Brasil produz cerca de $20 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ de carvão vegetal por ano, sendo quase toda produção obtida em fornos de alvenaria, nos quais o controle do processo de carbonização é difícil. Com isto, o produto final apresenta propriedades físicas variáveis.

Entre as propriedades do carvão vegetal que estão diretamente relacionadas ao seu comportamento e performance nos aparelhos de redução, destacam-se: composição química, densidade, reatividade, friabilidade, resistência mecânica, higroscopicidade e outras.

No que se refere especialmente à friabilidade, sabe-se que, sendo o carvão vegetal altamente friável, devido a fatores como processo de fabricação, estocagem, peneiramento, transporte e outros, a geração de finos desde a fabricação até sua utilização é da ordem de 25%, distribuídos da seguinte forma:

- nas carvoarias..... 3,7%
- carregamento e transporte..... 5,8%
- armazenamento..... 6,3%
- peneiramento..... 9,4%

(OLIVEIRA, 1977).

O presente trabalho tem por objetivo contribuir para o estudo dessas propriedades, dando ênfase especial à determinação da friabilidade, visando estudar e quantificar a geração de finos provenientes de árvores de diâmetros variados e carbonizados a diferentes temperaturas.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizadas amostras de **Eucalyptus saligna** com nove anos de idade, provenientes de um plantio comercial situado no Município de Salto de Pirapora (SP), 47°35' de longitude W e 23°27' de latitude S.

Foram colhidas amostras de 235 árvores, as quais foram classificadas em cinco grupos, de acordo com o DAP, sendo 47 árvores por grupo e divididas da seguinte forma:

Classe	Diâmetro
D1	de 7,5 a 10,0
D2	de 10,0 a 12,5
D3	de 12,5 a 15,0
D4	de 15,0 a 17,5
D5	de 17,5 a 20,0

Os 235 toretes, inicialmente com cerca de 40 cm de comprimento, foram seccionados em discos de 4,0 cm de espessura e faces paralelas. Em seguida estes discos foram cortados em blocos de dimensões 4,0cm x 4,0cm X diâmetro das árvores. Com a finalidade de minimizar a formação de rachaduras, as amostras foram condicionadas em laboratório até atingir 10,0% de umidade e depois secas em estufas a 105°C ± 3°C.

Visando estudar a geração de finos de carvão vegetal, as amostras foram carbonizadas a diferentes temperaturas, variando de 400°C a 1000°C, com intervalo de 100°C. Para isto, foram empregadas muflas elétricas, cujo controle de temperatura foi realizado por pirômetros previamente calibrados, com taxa de aquecimento constante de 100°C por hora.

Para determinação do índice ou grau de friabilidade do carvão vegetal, utilizou-se o teste de tamboramento. Esta medida consiste no emprego de uma aparelhagem composta de um cilindro rotativo, fixo num eixo horizontal (diâmetro de 30cm e comprimento de 25cm), tendo uma chapa de ferro no seu interior, localizada em todo o plano radial desde a superfície até o centro. A quantidade de carvão vegetal utilizada para o ensaio foi de 500g. As amostras foram colocadas no tambor rotativo e submetidas a 30 rpm. Depois de 500 rotações, o material foi retirado e peneirado, sendo que a quantidade que passou pela malha de 13 mm foi considerada como finos.

A falta de uma metodologia padrão para este tipo de análise implica em fazer adaptações que poderão resultar em alguns desvios em relação a valores obtidos por outros testes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como era de se esperar, a quantidade de finos gerados aumenta com o acréscimo na temperatura de carbonização. Este fato é mostrado na Tabela 1, onde são apresentados os resultados do teste de tamboramento, ou seja, finos gerados com granulometria inferior a 13 mm, em função da temperatura de carbonização para cada classe de diâmetro (Figura 1).

TABELA 1. Rendimento percentual em finos de carvão vegetal em função da classe de diâmetro e temperatura de carbonização.

Temperatura (°C)	400	500	600	700	800	900	1000
Classe D1	9,2	9,6	10,5	14,2	15,9	18,7	20,2
Classe D2	11,0	11,6	13,0	15,8	17,5	21,0	23,2
Classe D3	11,4	12,0	16,6	20,0	21,4	25,2	27,1
Classe D4	14,6	16,0	19,2	24,0	25,4	28,1	29,7
Classe D4	15,4	18,0	20,4	24,0	27,7	29,6	33,1

Pode-se observar também (Figura 2) um aumento considerável no índice de friabilidade nas classes de maior diâmetro (mantendo-se fixa a temperatura de carbonização), ou seja, carvões originados de árvores de diâmetro maior produzem maior quantidade de finos. Considerando-se este fato como o principal resultado do trabalho, destacamos os seguintes comentários:

i) do ponto de vista microscópico, sabe-se que o **Eucalyptus** contém vasos com diâmetro da ordem de 100 a 500 microns e fibras curtas de comprimento na faixa de 1,0 mm e diâmetro em torno de 2,0 a 3,0 microns de espessura. Sabe-se, também, que a circulação de água de uma fibra para a outra é feita através de microaberturas (pits) com diâmetro da ordem de milésimos de microns. Na região do cerne esta circulação é dificultada pela presença de resinas nas cavidades das fibras (lumens); estão, quando a madeira é submetida a um aumento de temperatura, ocorre maior perda de umidade no alburno, pois sua permeabilidade é menor, comparada ao cerne. Então, este aumento de temperatura ocasiona um aumento na pressão de vapor d'água no interior das fibras, causando a ruptura das células fibrosas e, com isto, dando origem a trincas internas (OLIVEIRA & ALMEIDA, 1980; TARKOW, 1978). Este fato pode ser observado mesmo em madeira, quando submetida à secagem natural, a qual conduz ao fechamento dos pits das fibras do cerne. Portanto, quanto maior for a área do cerne, maior será a presença de trincas. Assim, qualquer procedimento que atrase a formação do cerne, este reduzirá a quantidade de fissuração durante o processo de carbonização.

ii) Do ponto de vista microscópico, pode-se relacionar a geração de finos com o perfil de densidade das árvores. Inicialmente, sabe-se que a densidade da madeira de **Eucalyptus saligna** aumenta no sentido medula-casca (COUTINHO, 1984; FOELKEL et alii, 1983; KEITH, 1961). Este fato é mostrado na Figura 3, onde pode ser observado que o maior gradiente de densidade é obtido para árvores pertencentes à classe de maior diâmetro. Além disso, a Figura 4 mostra o perfil de densidade de uma das amostras e seu respectivo carvão, no qual verifica-se que o perfil do carvão segue, em sua forma, o da madeira de origem, ou seja, aumenta no sentido medula-casca.

Então, esta variação de densidade entre as regiões da medula e casca, combinada com o aumento da área do cerne, são responsáveis pela formação de tensões internas durante o processo de perda de umidade, sendo ainda mais drástico quanto maior for a

temperatura e velocidade de carbonização, influenciando, conseqüentemente, na geração de finos de carvão vegetal.

CONCLUSOES

Os dados experimentais obtidos permitem concluir que:

1) os finos gerados pelo carvão aumentam diretamente com a temperatura de carbonização e classe de diâmetro das árvores.

2) Este aumento na geração de finos está relacionado com o elevado gradiente de densidade entre as regiões da casca e medula das árvores, além do crescente efeito da temperatura.

3) Além disso, árvores pertencentes à classe de maior diâmetro possuem, conseqüentemente, área do cerne maior e, então, maior é a região sujeita à formação de trincas e fissuras internas.

Portanto, sendo desejável um carvão vegetal que apresente uma menor geração de finos, deve-se usar, de preferência, árvores de menor diâmetro e controlar o quanto for possível o processo de carbonização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

COUTINHO, A.R. - **Qualidade do carvão vegetal correlacionada com as características da madeira de *Eucalyptus saligna* e temperatura de carbonização.** Piracicaba, 1984. 88p. (Tese-Mestrado-ESALQ).

FOELKEL, C.E.B. et alii - Variedade radial da madeira de ***Eucalyptus saligna***. **Silvicultura**, São Paulo, 8(28): 782-91, jan./fev. 1983.

KEITH, C.T. - Characteristics of annual rings in relation to wood quality. **Forest products journal**, Madison, 11(3): 122-6, mar. 1961.

OLIVEIRA, J.V. - Análise econômica do carvão vegetal. In: SEMINÁRIO SOBRE CARVÃO VEGETAL, 1, 1977. Belo Horizonte, IBS/ABM/BDMG, 1977.

OLIVEIRA, L.T. & ALMEIDA, M.R. - Avaliação do carvão vegetal. In: FUNDAÇÃO CETEC - **Uso da madeira para fins energéticos.** Belo Horizonte, 1980. p.43-53.

TARKOW, H. - **Properties of charcoal.** Belo Horizonte, FLORASA, 1978. (comunicação pessoal).

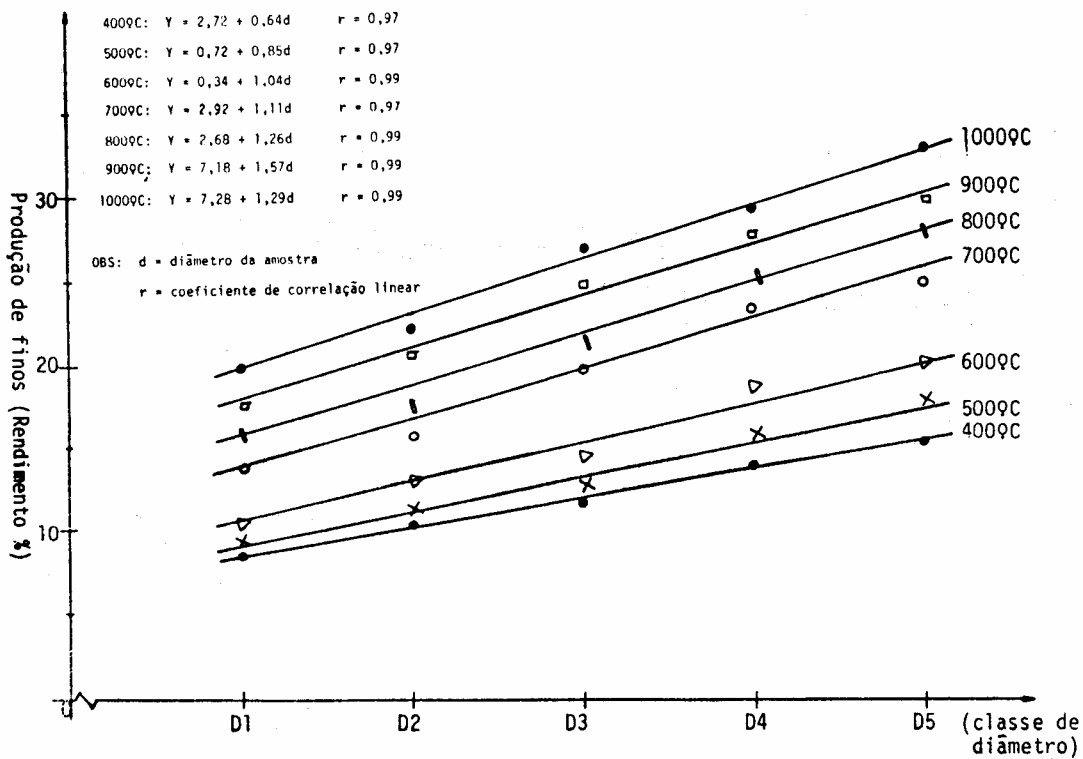


Fig. 1 - Produção de finos de carvão vegetal em função da classe de diâmetro, para cada temperatura de carbonização.

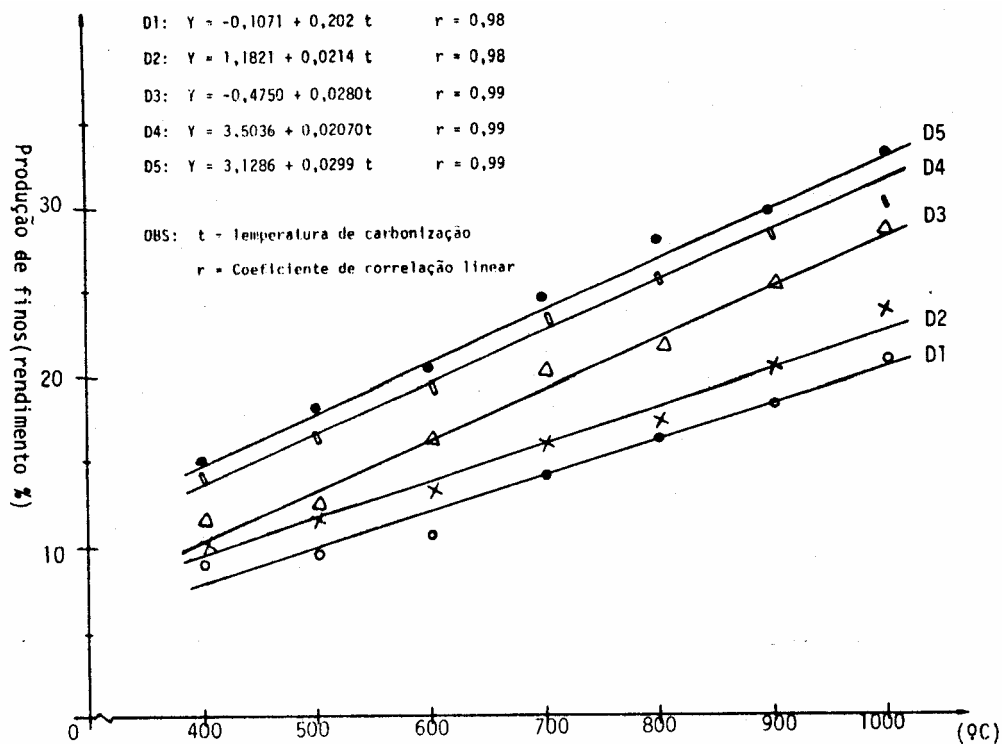


Fig. 2 - Produção de finos de carvão vegetal em função da temperatura de carbonização, para cada classe de diâmetro.

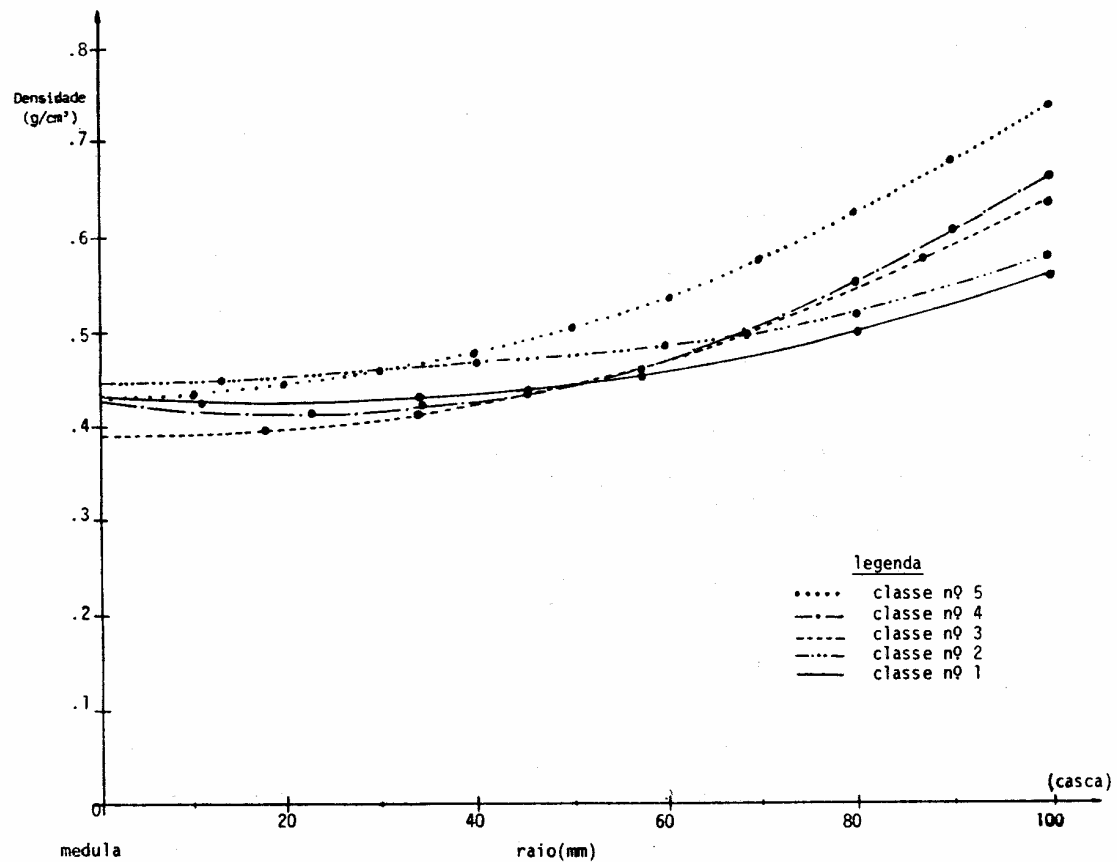


Fig. 3 - Perfis de densidade da madeira de *Eucalyptus saligna* (normalizados) em função da classe de diâmetro.

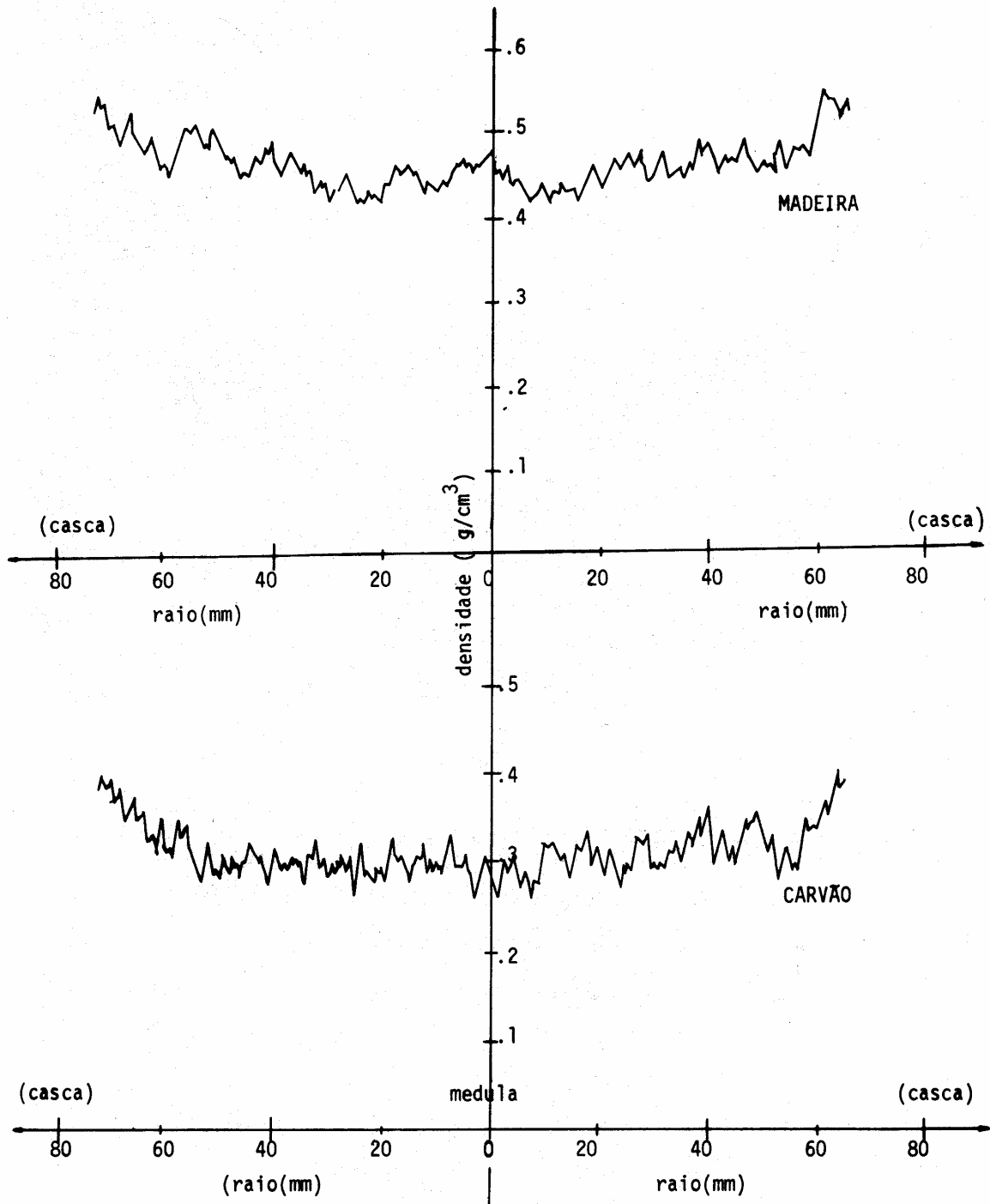


Fig. 4 - Perfil de densidade da amostra n° D₁-15-5(madeira) e seu respectivo carvão, obtido a 400°C.

Quem tem uma frota só de caminhões Scania não precisa procurar mais nada na vida. Mas quem só tem um ou dois Scania, fica sempre procurando trocar o resto da frota por Scania. E, está certo, tem mais é que procurar. Porque vai achar o melhor.

Procurados.



A Scania não abre mão da qualidade dos seus produtos nem por um simples parafuso. Aliás, o controle dessa qualidade começa no

próprio parafuso e só termina quando o Scania passa nas provas de desempenho. Por isso, ter Scania é aliviar uma grande carga dos pró-

prios ombros. Mas, se por acaso você não encontrar nem mesmo um Scania usado, tenha paciência. Vale a pena esperar por um Scania.

E por toda a tecnologia que vem junto com ele. Scania. Líder em tecnologia de transportes.



O produto mais difícil
de fazer é um nome!



SEMENTES CHAMPION
(Eucalyptus e Pinus)
Qualidade, Tradição e Confiança!



Champion Papel e Celulose S.A.

Rodovia Campinas-Águas da Prata, km 60 Mogi Guaçu - São Paulo