



# LCF 683 - COLHEITA E TRANSPORTE DE MADEIRA

**Aula 6.**  
**DESCASCAMENTO**  
**PRODUÇÃO DE CAVACOS NO CAMPO**



# Conteúdo

---

- Descascamento
  - Locais, fatores de influência, tipos de descascadores
- Produção de cavacos sem casca no campo



# Descascamento

---

- Descascamento da madeira: f(utilização)
- Realizada manual ou mecanicamente
- Campo ou no pátio da indústria
- Utilização da casca para energia



# Descascamento

---

- Levantamento (Duratex, Ripasa, VCP, International Paper e Suzano) - consumo total anual: 13,7 milhões de m<sup>3</sup> c.c.:
  - 56% eram descascados no campo
  - 36% descascados no pátio da fábrica
  - e os 8% restantes não necessitavam de descascamento pois eram utilizados diretamente para produção de energia.



# Uso da casca para energia

---

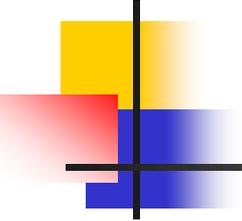
- Seixas et al. (2005) – avaliação do balanço energético e econômico entre duas alternativas de locais de descascamento de toras de eucalipto para produção de celulose, no campo ou no pátio da indústria, e o transporte rodoviário da madeira com ou sem casca:
- Casca: 9,4% do peso total do tronco e o poder calorífico médio da casca atingiu  $16,5 \text{ MJ kg}^{-1}$   $\Rightarrow$  disponibilidade energética de  $195,2 \text{ GJ ha}^{-1}$
- Saldo equivalente a 4.800 litros de óleo diesel por hectare.
- Em termos econômicos, sem considerar o uso da casca para energia, o descascamento no campo foi mais vantajoso, devido principalmente aos gastos com o transporte rodoviário da casca, com redução de R\$4,52 por  $\text{m}^3$  de madeira sem casca.



# BALANÇO ENERGÉTICO DE DUAS ALTERNATIVAS DE DESCASCAMENTO DE MADEIRA DE EUCALIPTO

---

- *Eucalyptus grandis*: 323 m<sup>3</sup> com casca/ha
- **Características da Casca e Disponibilidade Energética:**
  - Valores de densidade básica:
    - 0,25 Mg m<sup>-3</sup> para a casca;
    - 0,41 Mg m<sup>-3</sup> para a madeira;
    - 0,39 Mg m<sup>-3</sup> o tronco como um todo.
- Porcentagem de casca: em volume - **14,4%** e em peso - **9,4%**

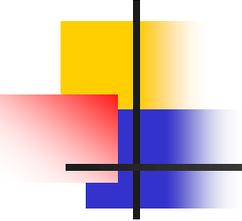
- 
- 
- 126,0 t de peso seco de troncos por hectare  
⇒ 11,8 t de casca e 114,2 t de madeira.
  - Poder calorífico médio da casca: 16,5 MJ kg<sup>-1</sup>  
⇒ disponibilidade energética 195 GJ ha<sup>-1</sup>

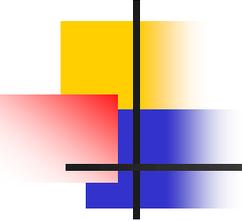


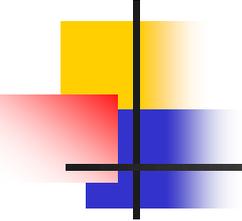
# Transporte Rodoviário

---

- Cavalo mecânico 4x2 mais semi-reboque de três eixos.
- Capacidade de carga legal de 27,5 t
- Transporte efetivo de 17,9 t de madeira seca sem casca e 9,6 t de água (= 43,7 m<sup>3</sup> de madeira sem casca)

- 
- 
- Madeira transportada com casca: 27,5 t  $\Rightarrow$  11,8 t de água, ou seja, 2,2 t extras em relação ao peso de água da madeira sem casca, ocupando **43%** da capacidade legal de carga do veículo.

- 
- 
- Peso de casca seca transportada por viagem: 1,5 t + 14,2 t de madeira seca sem casca completando a carga (volume de 40,2 m<sup>3</sup>, composto por 34,4 m<sup>3</sup> de madeira e 5,8 m<sup>3</sup> de casca).
  - Energia: 1,5 t de casca seca resulta em uma disponibilidade de 24,8 GJ no pátio da fábrica.

- 
- 
- Caminhão: 250 L de diesel por viagem e 23,9 L correspondentes ao transporte da casca seca.
    - Fator de conversão: 38,1 MJ por litro de óleo diesel
  - Gastou-se 0,9 GJ para transportar 1,5 t de casca até a fábrica.

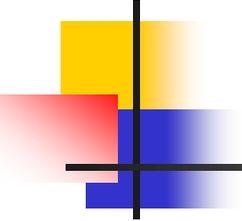


**Balanco energético (GJ) resultante dos gastos de energia com o descascamento e transporte de casca de um hectare de plantio de *E. grandis***

<b>Atividade</b>	<b>Campo</b>	<b>Pátio</b>
	GJ	GJ
Descascamento	5,2	5,2
Transporte	-	7,1
Energia na casca	-	195,2
Saldo para queima	-5,2	182,9

**SALDO:**

182,9 GJ = **4.800 L de óleo diesel** por hectare

- 
- 
- Importante: conteúdo de umidade da madeira
  - Transporte de água:
    - *Eucalyptus saligna* (8 anos - logo após o corte): 53,6% (base úmida) para o tronco integral, incluindo casca, e 71,8% (base úmida) para casca somente, devido a sua menor densidade

# Exportação de nutrientes vs. capacidade de sustentação

Tabela 1. Fitomassa arbórea e nutrientes estocados ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) nos compartimentos arbóreos de *Eucalyptus saligna* e suas respectivas porcentagens do peso total (VITAL, 1996).

Comp.	Biomassa $\text{Kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (%)	Elementos ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) (%)					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Lenho	145.180,48 (81,5)	102 (50,63)	29 (55,04)	160 (51,80)	145 (18,24)	44 (32,71)	15 (47,50)
<b>Casca</b>	<b>14.657,40</b> <b>(8,2)</b>	<b>31</b> <b>(15,33)</b>	<b>13</b> <b>(25,00)</b>	<b>56</b> <b>(18,07)</b>	<b>490</b> <b>(61,50)</b>	<b>57</b> <b>(42,94)</b>	<b>7</b> <b>(23,98)</b>
Ramos	13.615,25 (7,6)	26 (12,89)	6 (10,33)	46 (15,01)	123 (15,39)	20 (15,34)	3 (8,90)
Folhas	4.616,18 (2,6)	43 (21,16)	5 (9,63)	47 (15,12)	39 (4,87)	12 (9,01)	6 (19,63)
<b>Total</b>	<b>178.069,31</b>	<b>200,75</b>	<b>52,76</b>	<b>308,31</b>	<b>796,06</b>	<b>133,13</b>	<b>30,57</b>



# Locais de descascamento

---

- No campo:
  - não transporte de casca, evitando-se a retirada dos nutrientes e economizando-se o espaço de carga nos caminhões
  - Aproveitamento para energia?
  - Pode ser feito descascamento manual com facões ou machadinhas ou mecânico com descascadores portáteis acoplados a tratores agrícolas

# Descascadores portáteis acoplados a tratores agrícolas



# Descascamento com harvester

- Adapta-se o rotor para também realizar o descascamento, onerando-se a sua capacidade produtiva em 10 a 30%, ou em apenas 10 a 15% quando as árvores são mais volumosas (0,3 a 0,4 m<sup>3</sup> cada).



# Descascamento com harvester



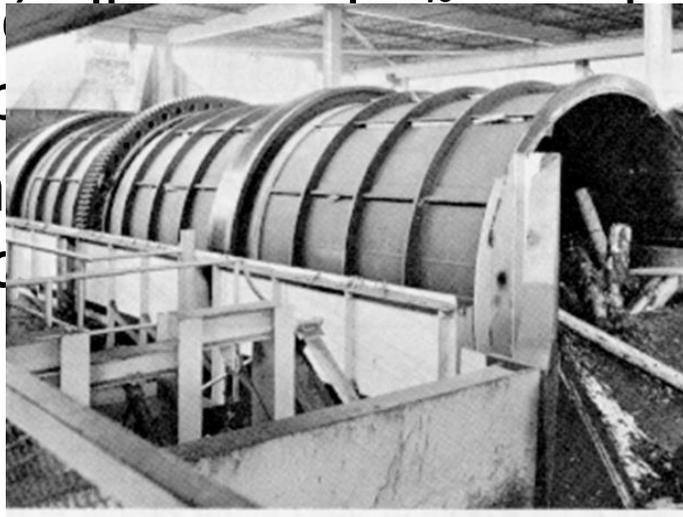
LOG MAX 7000Twin

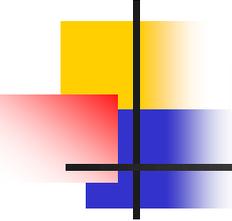


Log Max E6 - Eucalyptus rollers have angled edges for debarking as eucalyptus demands complete debarking when felling.

# Pátio da fábrica

- Tambor de descascamento: utiliza energia elétrica e tem um custo operacional mais baixo.
- Investimento inicial é elevado, o que limita o uso deste tipo de equipamento nas fábricas.
- Rendimento é muito semelhante ao do cascador portátil, podendo tratar até 10 toneladas por dia.
- Vantagem: a máquina funciona em um só local e evita a possibilidade de queda de casca nas caldeiras.





## Fatores que influenciam o descascamento

---

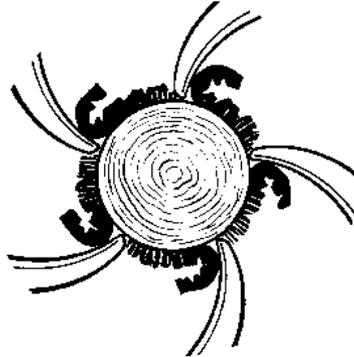
- As dificuldades no descasque estão associadas à adesão da casca à madeira, à espessura e teor de casca, ao tipo de casca, à rugosidade e resistência da casca, quantidade de nós nas toras, ao diâmetro das toras e ao teor de umidade da casca.
- A adesão da casca na madeira está correlacionada à estação do ano, ao tipo de casca, ao teor de umidade da casca e da madeira, à anatomia da casca, dentre outros fatores.

# Fatores que influenciam o descascamento

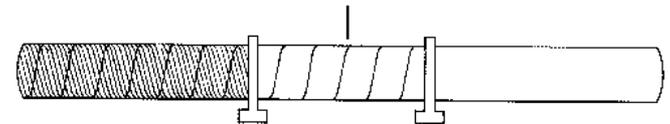
- **a) Espécie:** a variação do tipo de casca pode exigir equipamentos diferentes em função da dificuldade de descascamento. Exemplo: casca de eucalipto e de coníferas

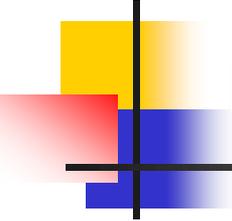


Ação das facas "raspadoras"



Ação da faca "cortadora"

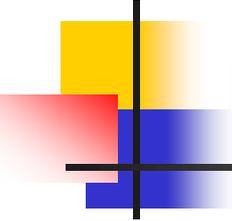




## Fatores que influenciam o descascamento

---

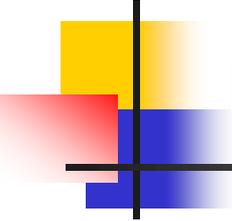
- **b) Tempo após o corte:** para facilitar o descascamento manual deve-se realizá-lo até, no máximo, 24 horas após o corte (umidade da casca entre 60 a 70%).
- O descascamento mecânico tem uma condição mais favorável até 40 a 45 dias após o corte, de acordo com a espécie, que só é recuperada 4 a 5 meses após (umidade da casca entre 35 a 40%).
- Eficiências dos descascamentos: entre 95% para as condições melhores, até 65 a 85% para as condições intermediárias e piores.



## Fatores que influenciam o descascamento

---

- **c) Comprimento da madeira:**
- em função do esforço físico, o serviço manual tem o seu máximo rendimento até um comprimento de 2,5 a 3,0 m.
- O descascador portátil anelar teoricamente não possui um limite máximo e sim um limite inferior de 1 m.
- O tambor de descascamento limita o comprimento das peças em função do seu diâmetro.



## Fatores que influenciam o descascamento

---

- **d) Diâmetro da madeira:**
- quanto ao tambor não existem problemas quanto ao diâmetro máximo, mas deve-se evitar as peças menores devido à ocorrência de quebras e obstrução dos orifícios para saída de casca.
- O descascador portátil anelar geralmente possui uma faixa de aproveitamento entre 8 e 45 cm.
- **e) Local de descascamento:** campo, fábrica ou pátio intermediário.

# Fatores que influenciam o descascamento

- **f) Disposição da madeira:** no caso de descascamento no campo e alimentação do descascador manualmente, a madeira deve estar colocada transversalmente ao deslocamento da máquina.
- Se a alimentação do descascador for por meio de uma grua, o alinhamento das toras no sentido do eito facilita o trabalho da equipe de corte com motosserras.

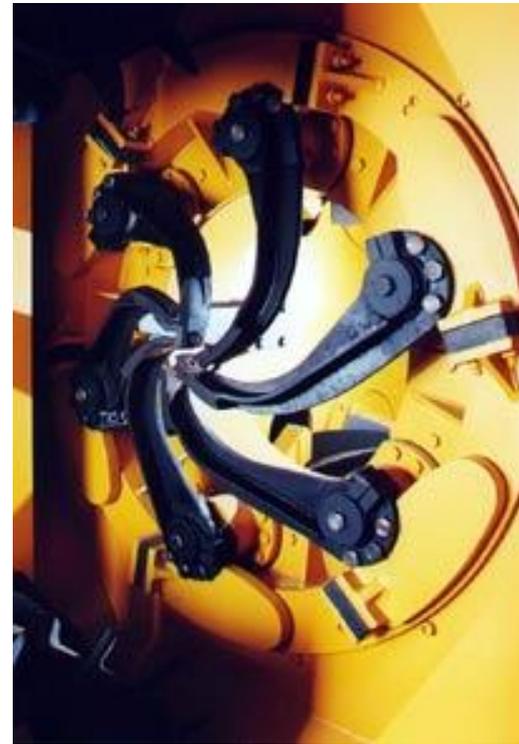
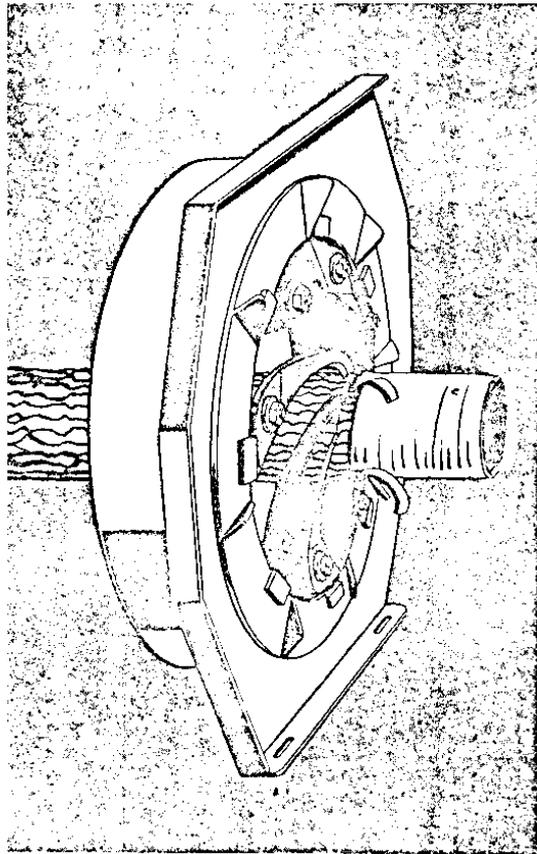


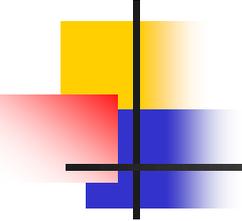
# Tipos de descascadores

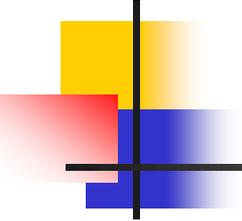
- **a) Descascador anelar:** a casca é retirada da madeira pela ação de facas cortadoras e facas raspadoras. Cuidados na operação:
  - entrar a tora do lado de menor diâmetro, evitando-se o retorno da peça e causando uma entrada mais suave, o que evita danos às facas;
  - as toras devem estar livres de a que possam danificar o fio de corte;
  - toras retas, o máximo possível;
  - toras livres de ramos grossos.

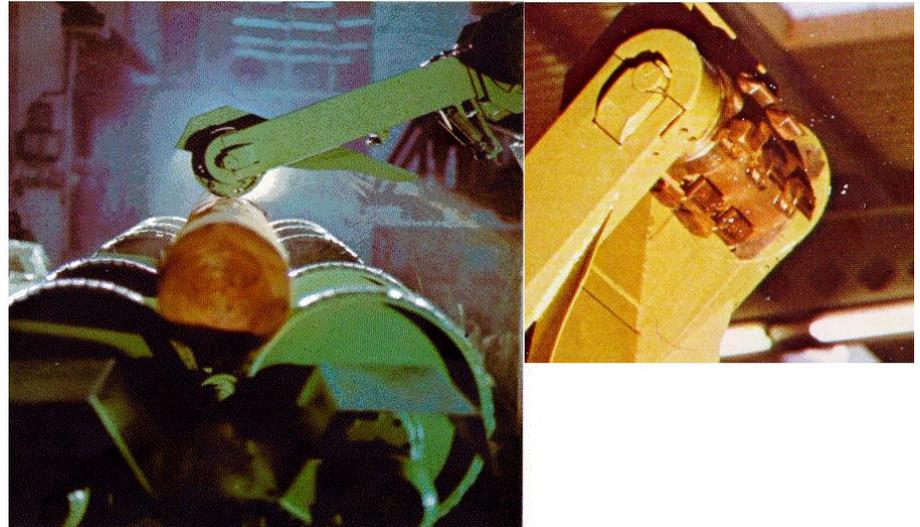


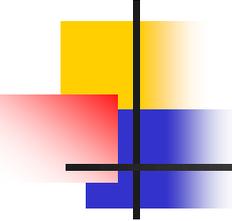
# Rotor de descascador anelar com facas cortadoras e raspadoras



- 
- 
- Rendimentos de descascamento de eucalipto:
    - Situação A: descascamento de toras de 5,5 m com descascador portátil, alimentado por meio de grua e equipe de 1 tratorista e 1 ajudante para ajuste das toras: **100 st/dia** (10 horas).
    - Situação B: descascamento de toras de 2,4 m com descascador portátil, alimentado manualmente e equipe de 1 tratorista e 4 ajudantes para alimentação e disposição das toras descascadas: **150 st/dia** (10 horas).

- 
- **b) Descascador de rolos dentados:** equipamento estacionário onde a casca sai devido ao atrito, sendo descascada cada tora individualmente e com maior diâmetro admissível.



- 
- **c) Descascador de tambor rotativo estacionário:** a madeira alimenta continuamente um cilindro rotativo, sendo que a queda e rolamento e o choque das toras faz com que a casca se desprenda.
  - Essa casca é removida durante o processo através de orifícios existentes por toda a superfície do tambor.

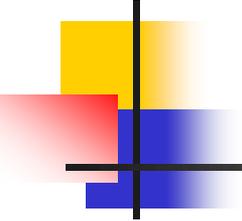


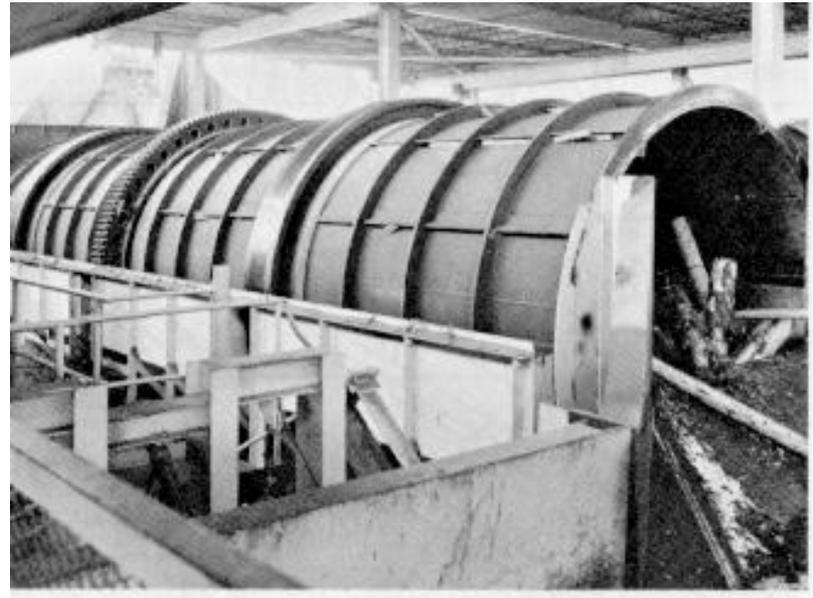


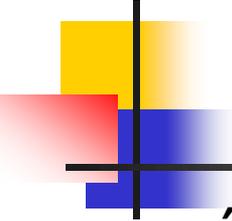
Beijing Debarker Co. Ltd.

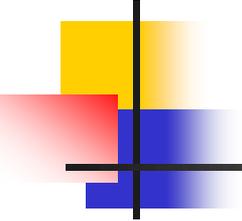
[www.debarker.cn](http://www.debarker.cn)

ZBG-18000 Drum Debarker

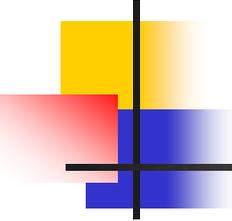
- 
- O tempo de retenção dentro do tambor varia de 30 a 90 minutos. Em geral, os tambores são bem largos em diâmetro (4 a 8 metros) e longos em comprimento (20 a 40 metros)



- 
- 
- Às vezes, uma lavagem se faz necessária após essa etapa de descascamento para tentar remover os pedaços de casca ainda acompanhando as toras.
  - A água usada na lavagem das toras fica muito rica em DQO (Demanda Química de Oxigênio) e deve-se reciclá-la o mais possível. Atualmente, os descascadores a tambor se movem quase secos, para reduzir o consumo de água, que varia de 0,1 a 1,0 m<sup>3</sup> de água por metro cúbico de tora processada.
  - As eficiências desses descascamentos variam de 70 a 90%, mas em geral as fábricas as apresentam entre 75 a 85%, no máximo.

- 
- As perdas de madeira nos tambores são altas e dependem das variações em diâmetro das toras (grossas e finas)
  - O comprimento das toras: mais longas as toras, maior a chance de se quebrarem mais toretes e se esfacelarem mais.



- 
- 
- Controle do tempo de retenção das toras no tambor:
    - as toras de eucalipto, por serem de descascamento mais difícil que as de Pinus, por exemplo, demandam tempos de retenção 40 a 50% mais longos (tambores maiores como consequência)

- O nível de carga possui influência no percentual de quebras e remoção de casca pelas fendas, sendo que essa influência diminui para madeiras recém-cortadas, com alto teor de umidade e pouca resistência ao descascamento.



# Produção de cavacos sem casca no campo

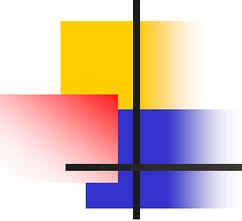
- Energia e celulose

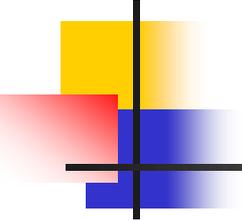


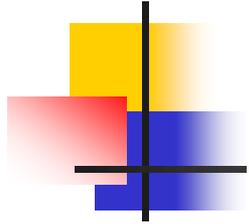
# Produção de cavacos sem casca no campo

- Energia e celulose
- Reestruturação física dos pátios de recebimento de madeira, em virtude da ampliação da capacidade produtiva de algumas fábricas, tem levado empresas de celulose e papel a considerar a opção de produção de cavacos no campo.



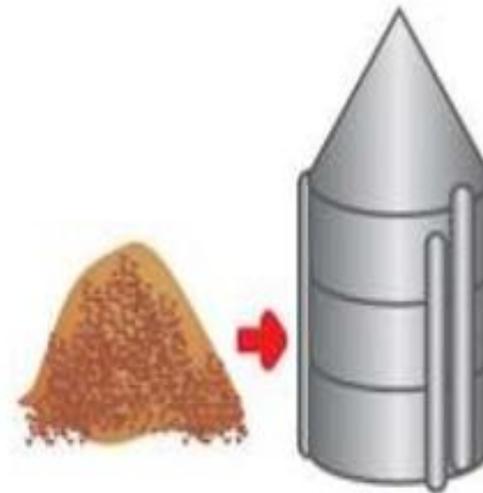
- 
- 
- A produção de cavacos no campo é potencialmente mais econômica do que sistemas de toras longas para árvores de menor diâmetro
  - A produção de cavacos no campo possibilita um melhor aproveitamento da biomassa florestal existente acima da superfície.
  - Contudo, é necessário um custo elevado de investimento e ocorre a produção de um único produto: cavaco.

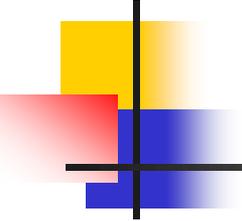
- 
- 
- Qualidade do cavaco vs. dimensão do cavaco:
    - a impregnação é mais rápida quanto menor o cavaco e menor deve ser o tempo de cozimento.
    - por outro lado, a produção de cavacos muito pequenos gasta mais energia, gera mais quebras de fibras pela ação mecânica de picagem e pode também ocasionar um super cozimento, com conseqüente degradação de carboidratos.



# Cozimento

- O cozimento tem a função de transformar esses cavacos em uma polpa marrom pelo processo de dissolução da lignina.
- 150 graus Celsius, Sulfato de Sódio e Soda Caustica.
- PROCESSO KRAFT.



- 
- Eficiência do descascamento de coníferas no campo era semelhante àquele feito no pátio da fábrica, mas não se repetia no descascamento de espécies folhosas.

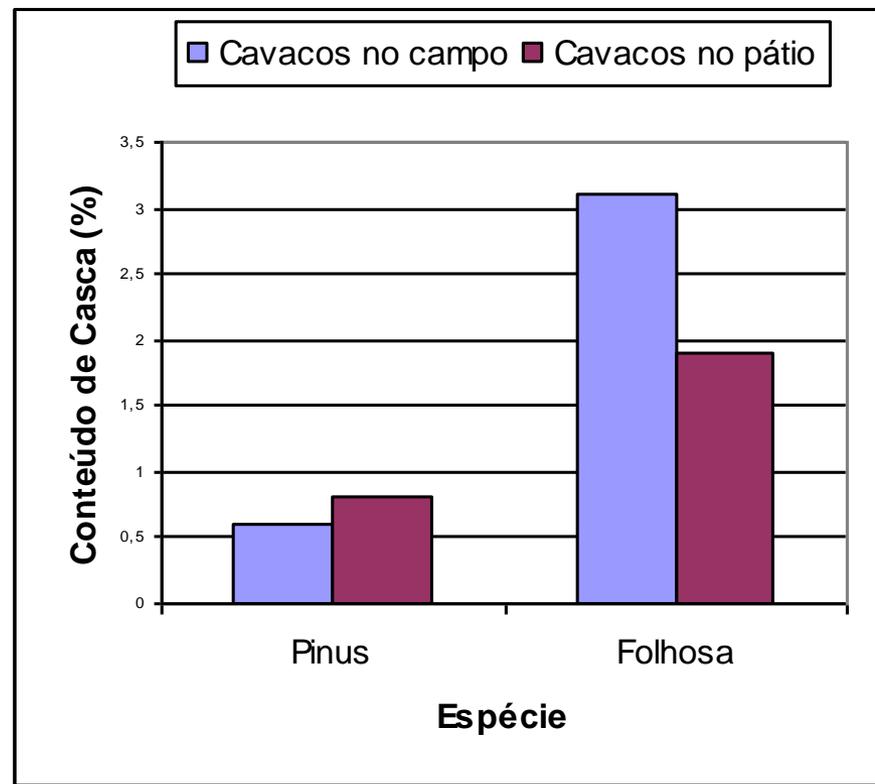
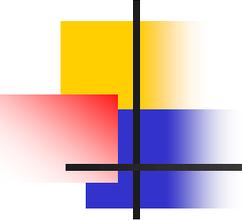




Figura 11. Módulo mecanizado de produção de cavacos no campo: feller buncher Timberjack 608S, “clam bunk” skidder Timberjack 1710 D, “delimber/debarker/chipper” DDC 5000 G, carreta para transporte de cavacos (sentido horário).

- 
- 
- Módulo mecanizado composto por 2 feller bunchers, 2 "clam bunk" skidders e 4 "delimber/debarker/chippers", produz 90.000 m<sup>3</sup> de cavacos por mês em povoamentos de eucalipto com 0,27 m<sup>3</sup> / árvore.

- O picador trabalha em “praças” pré-estabelecidas, com cada “praça” abrangendo a produção de cavacos de 10 ha de plantios de eucalipto, com produtividade média de 350 m<sup>3</sup> de madeira por hectare.



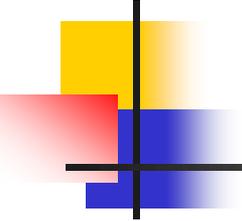


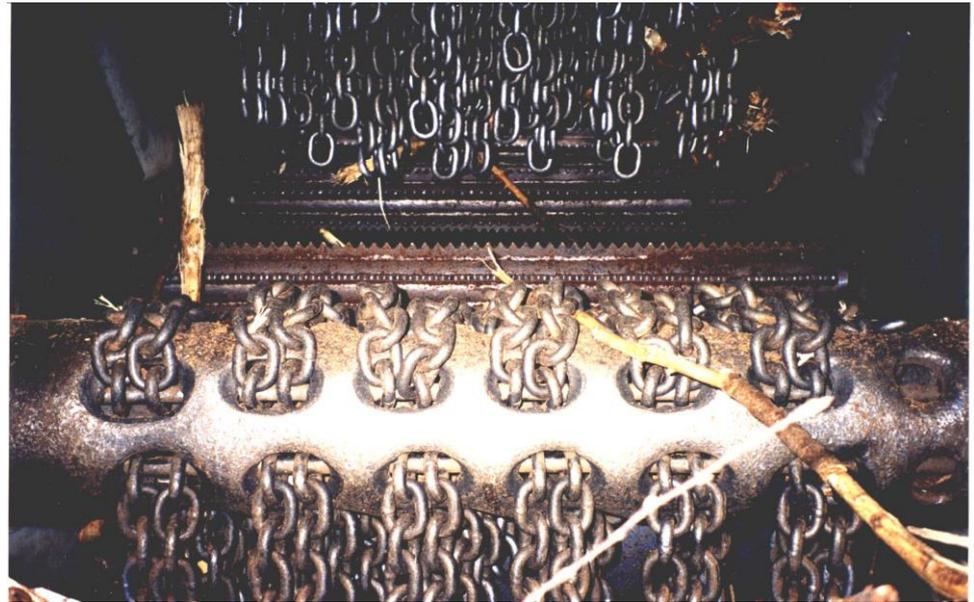
**Concentração de resíduos (galhos, folhas e cascas) após a produção de cavacos e posterior distribuição dos mesmos no talhão**

# Exemplo canadense

- Delimber Debarker Chipper DDC 5000: 800 hp e dois rotores internos ("flail") equipados com 70 correntes cada um e custo de aquisição de US\$800,000.



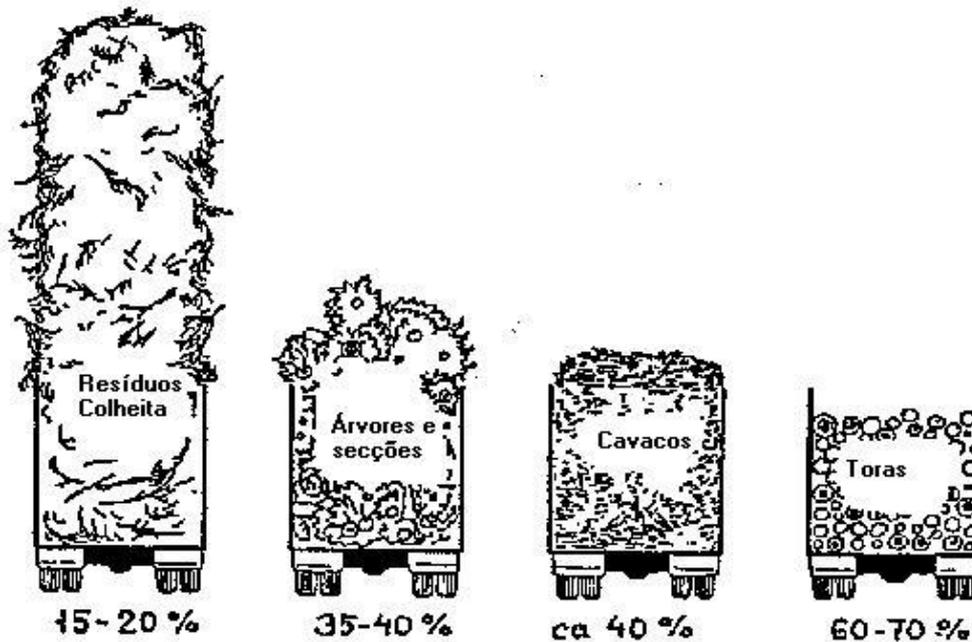
- 
- As correntes realizam o desganhamento e o descascamento, sendo trocadas a cada 10 a 12 cargas completas de um caminhão (40 m<sup>3</sup> de cavacos = 19 t, sendo completada em 30 minutos).





**Contêiner de cavacos sobre plataforma (Esq.) e elevação da plataforma e descarregamento dos cavacos (Dir.).**

# Transporte de cavacos



Fatores de volume sólido para diversos produtos florestais