

Fatores importantes para o desempenho da extração e parâmetros de avaliação



Fatores de desempenho e avaliação

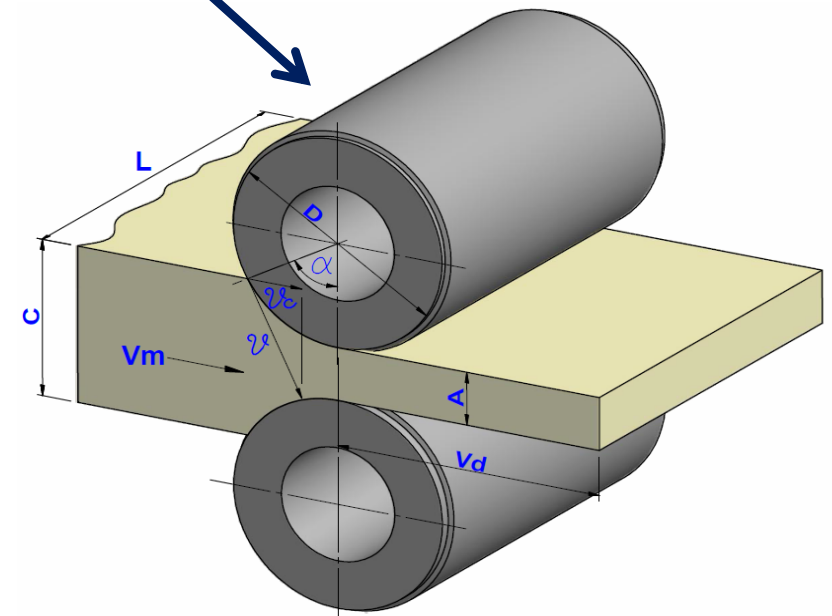
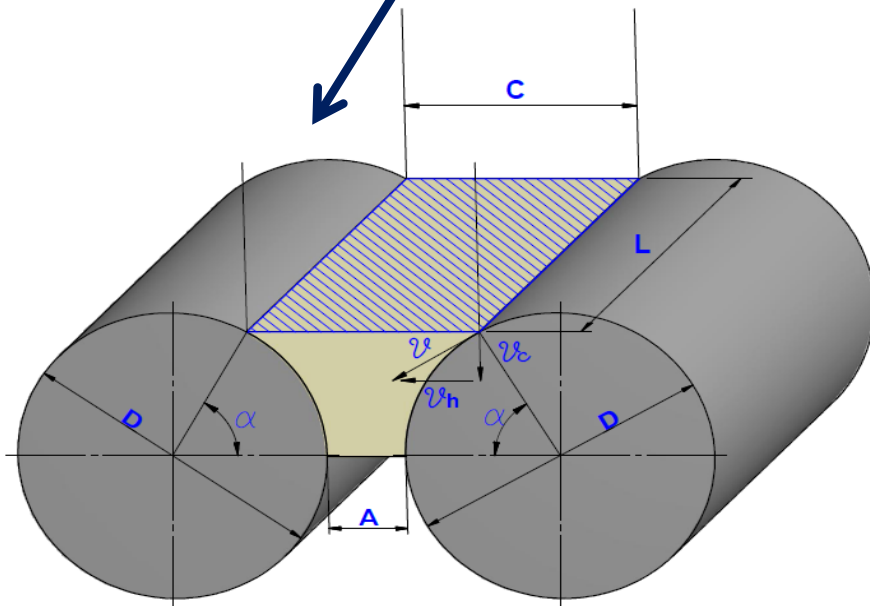
Objetivos da moagem - Modelos volumétricos do processo



Além de processar uma determinada quantidade de cana, o objetivo da moagem é **separar o caldo da fibra**, enviando o caldo onde está o açúcar para a área de fabricação e um bagaço com umidade adequada para geração de energia

Para atender este objetivo dois processos volumétricos ocorrem ao mesmo tempo:

- Processo volumétrico de alimentação
- Processo volumétrico de extração



Fatores de desempenho e avaliação

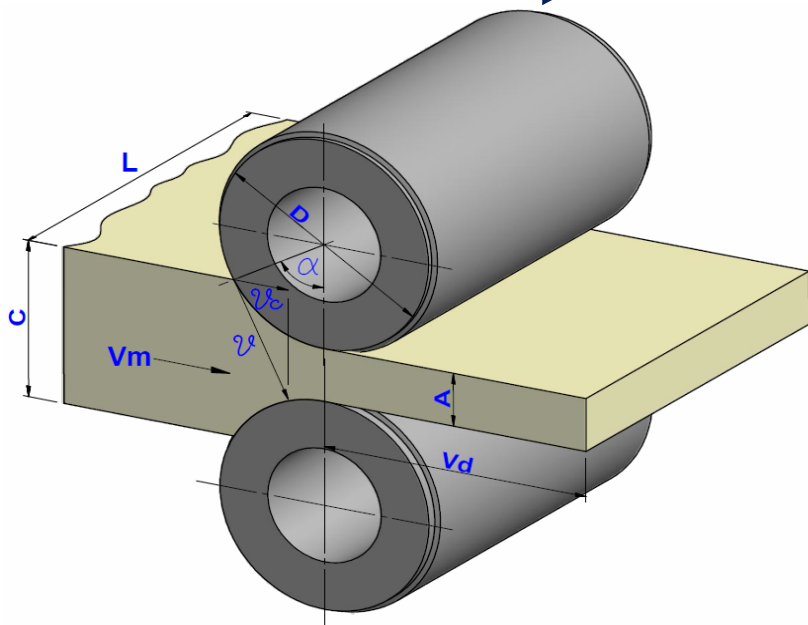


Objetivos da Moagem – Processos de extração no sistema de moagem

Complementando o processo para extrair a maior quantidade possível de açúcar, um outro processo é necessário, ou seja, o processo de extração ocorre através de dois processos distintos que ocorrem simultaneamente.

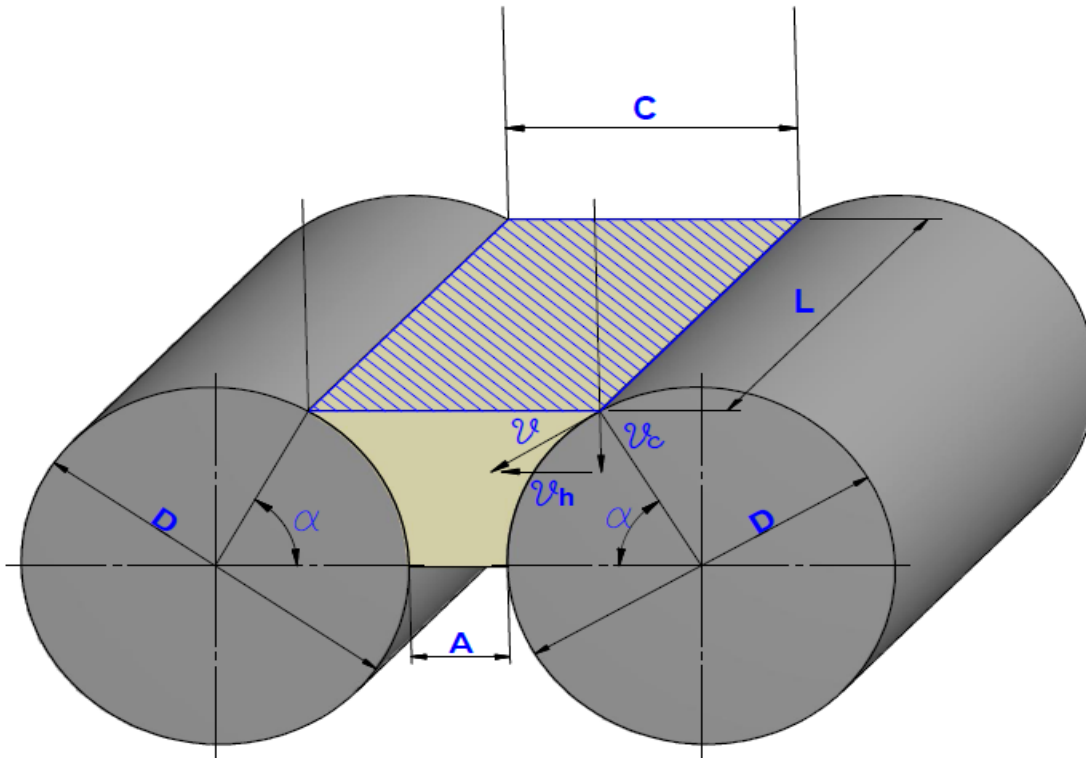
Os 2 processos que ocorrem simultaneamente são:

- Processo volumétrico de extração
- Processo de diluição do caldo da cana (embebição)



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Processo volumétrico de alimentação



A alimentação da moenda é um processo volumétrico definido por sua geometria e velocidade de operação

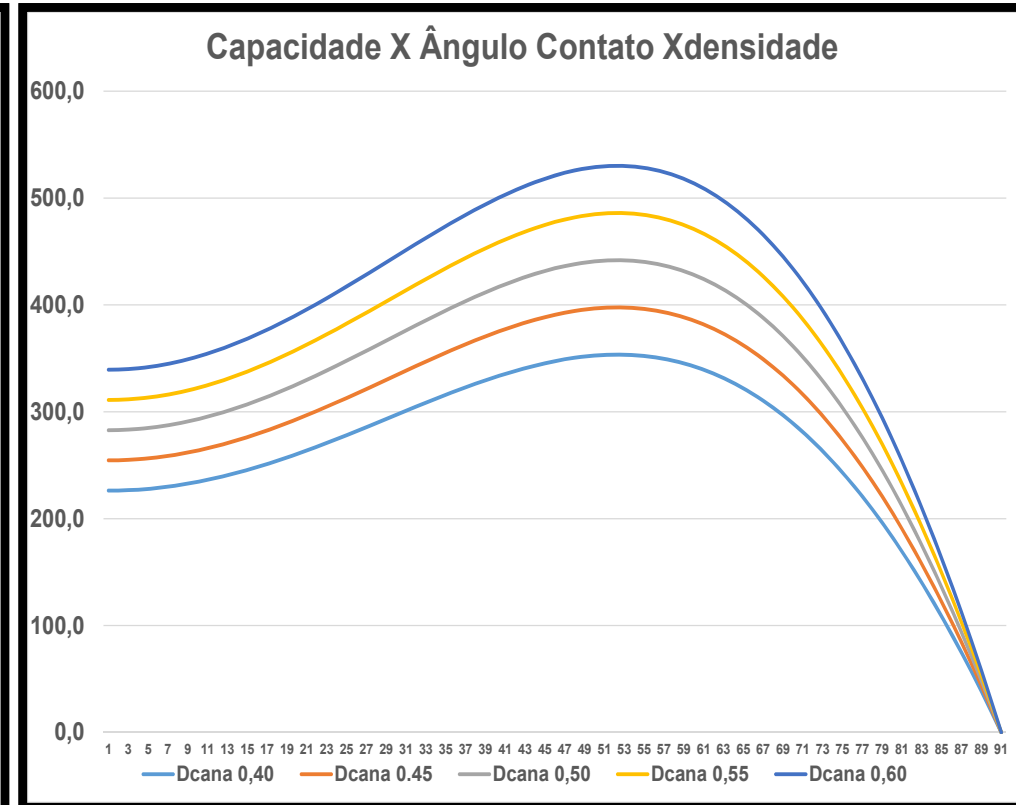
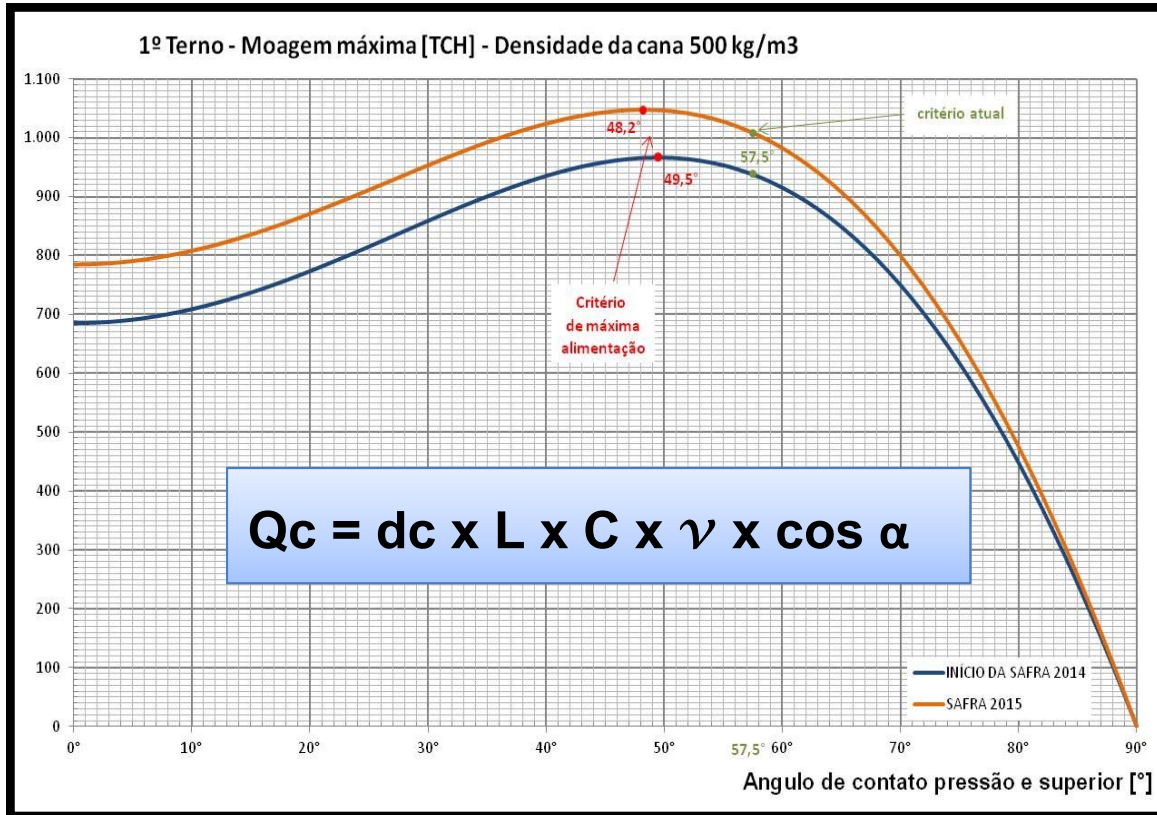
$$V_c = L \times C \times v \times \cos \alpha$$

O volume de cana (V_c) alimentado e a densidade aparente da cana (d_c) naquele ponto definem o peso de cana a ser processado

$$Q_c = d_c \times L \times C \times v \times \cos \alpha$$

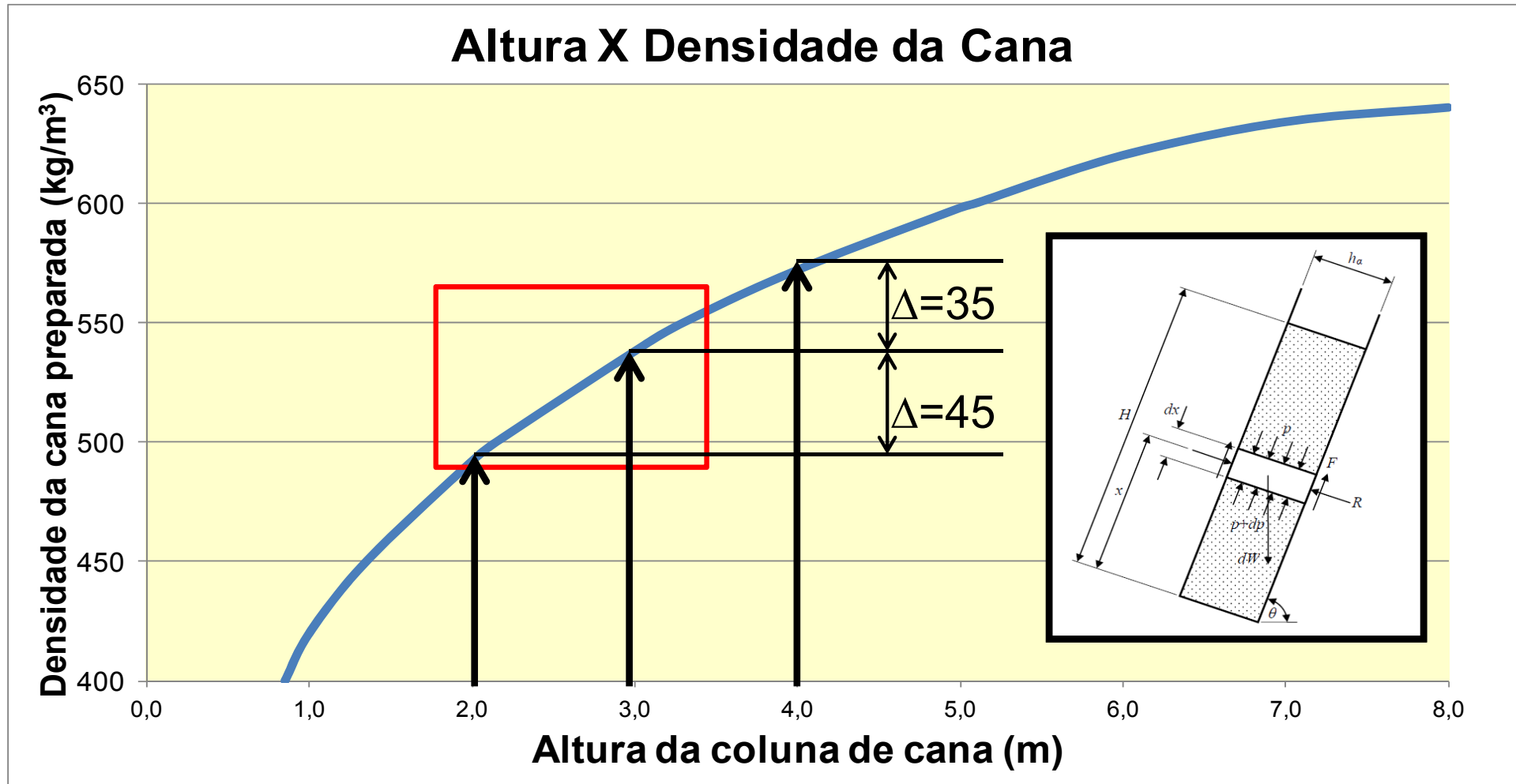
Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Densidade da cana no 1º terno



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Densidade da cana no 1º terço

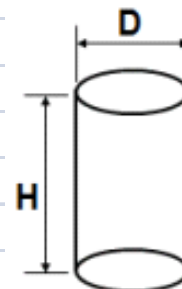


Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Impureza vegetal X densidade cana preparada

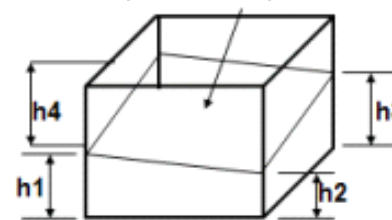


Variáveis	Valores	UM
D (Diâmetro do tambor)	0,64	m
Pt (Tara tambor vazio)	180	kg
Ptc (Tambor cheio de cana)	480	kg
Pac1 (Peso da amostra)	300	kg
At (Área transversal tambor)	0,3215	m ²
Pt (Pressão da cana na base do tambor)	933,0	kg/m²
Pcv (Peso caixa vazia)	12,75	kg
Ata (Área da tampa)	0,072	m ²
Pta (Peso tampa)	2,72	kg
Pch (Peso das chapas)	64,46	kg
F (Força exercida sobre a cana preparada)	67,2	kg
Pc (pressão na cana na caixa)	933,0	kg/m²
Pcc (Peso da caixa cheia de cana)	17,65	kg
Pac2 (Peso da amostra)	4,9	kg
h1 (altura encontrada após chapa)	0,13	m
h2 (altura encontrada após chapa)	0,12	m
h3 (altura encontrada após chapa)	0,12	m
h4 (altura encontrada após chapa)	0,121	m
Vcc (Volume de cana compactada)	0,009	m ³
dc (densidade cana compactada)	554,42	kg/m³



Densidade da cana preparada

Cana com baixo teor de impureza vegetal

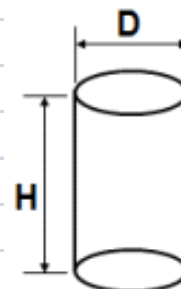


Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – impureza vegetal X densidade cana preparada



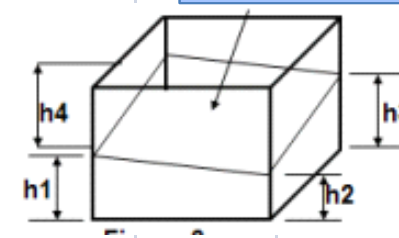
Variáveis	Valores	UM
D (Diâmetro do tambor)	0,64	m
Pt (Tara tambor vazio)	180	kg
Ptc (Tambor cheio de cana)	280	kg
Pac1 (Peso da amostra)	100	kg
At (Área transversal tambor)	0,3215	m ²
Pt (Pressão da cana na base do tambor)	311,0	kg/m²
Pcv (Peso caixa vazia)	12,75	kg
Ata (Área da tampa)	0,072	m ²
Pta (Peso tampa)	2,72	kg
Pch (Peso das chapas)	19,67	kg
F (Força exercida sobre a cana preparada)	22,4	kg
Pc (pressão na cana na caixa)	311,0	kg/m²
Pcc (Peso da caixa cheia de cana)	18,25	kg
Pac2 (Peso da amostra)	5,5	kg
h1 (altura encontrada após chapa)	0,18	m
h2 (altura encontrada após chapa)	0,18	m
h3 (altura encontrada após chapa)	0,19	m
h4 (altura encontrada após chapa)	0,19	m
Vcc (Volume de cana compactada)	0,013	m ³
dc (densidade cana compactada)	412,91	kg/m³



Densidade da cana preparada



Cana com alto teor de impureza vegetal



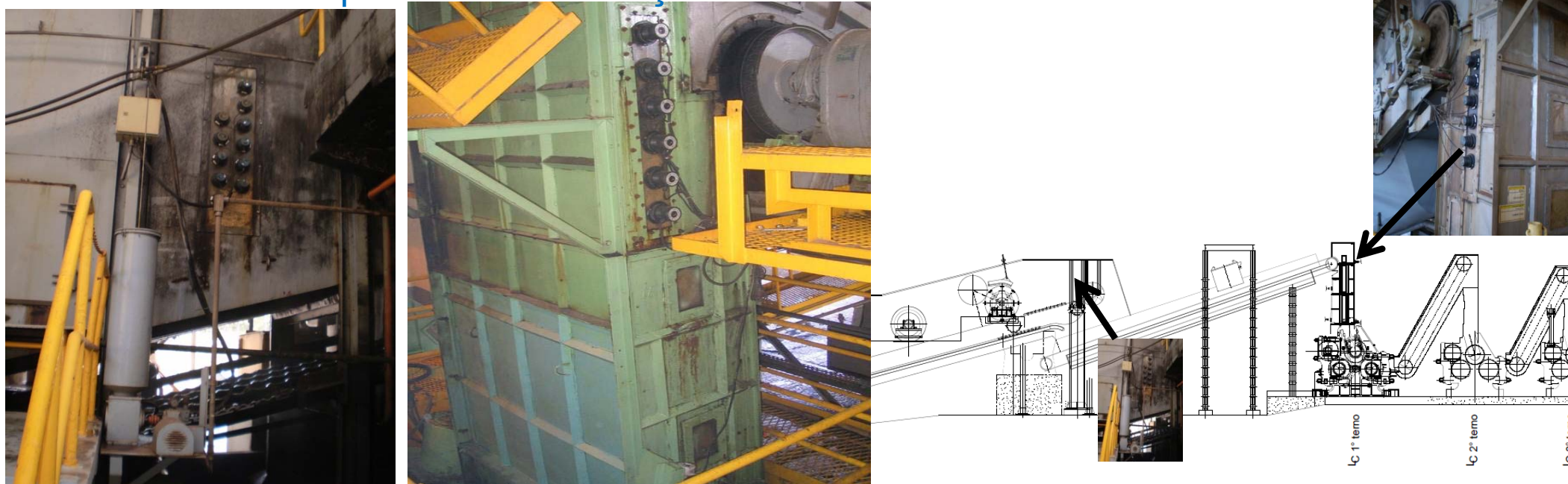
554,42 → 412,91 → **- 25%**

Não se conhece a relação entre teor de impureza e queda da densidade

Fatores de desempenho e avaliação



Fatores de desempenho – Alimentação da cana no 1º terno



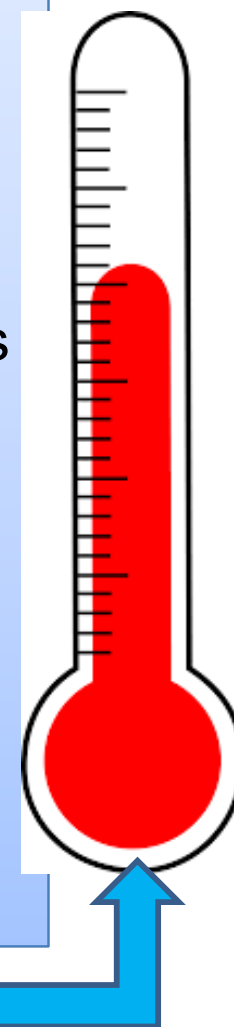
- Fluxo da cana desde a balança, através da descarga, preparo da cana até a alimentação do 1º terno tem que ser eficiente, sem falhas e depende do layout, dimensionamento, operação e automação)
- Função principal da calha Donnelly → adensar cana preparada na entrada da moenda (1º terno) pelo peso da coluna de cana em seu interior.
- Segunda função da calha Donnelly → Corrigir pequenas falhas no fluxo da cana desde a balança até a calha Donnelly do 1º terno (pulmão pequeno) cujo resultado seria a queda da capacidade e da extração.

Avaliação do desempenho do processo

Fatores de desempenho – Nível de cana na calha Donnelly do 1º terno



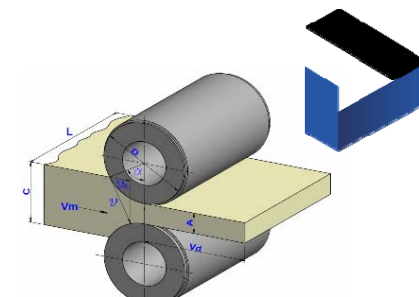
- Variações excessivas do nível de cana na calha
 - Variação da taxa de fibra com possibilidade de perda de oscilação nas moendas
- Dificuldade em manter o nível no set-point ajustado
 - Variação da taxa de moagem com dificuldade para controle de outros parâmetros com taxa de embebição
- Perda total da coluna de cana no interior do Chute Donnelly
 - Perda da oscilação (compactação) em todos os ternos
 - Umidade elevada no bagaço final
 - Queda muito elevada da extração



Sintomas que indicam febre mas não identificam a doença

Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Compactação da cana / bagaço



Parcela da extração devido à compactação

Cana

Pol % Cana (S_c) = 15,0

Brix % Cana (B_c) = 17,5

Fibra % Cana (F_c) = 13,0

Bagaço Final

Umidade % bagaço (U_b) = 42,0

Pureza do bagaço (P_b) = 65,0

Pol % bagaço (S_b) = ?

Fibra % bagaço (F_b) = ?

Brix do Caldo da cana (B_{Jc}) = $100 \times 17,5 / (100 - 13) = 20,1$

Brix do Caldo do bagaço (B_{Jb}) = $B_{Jc} = 20,1$

Brix % bagaço (B_b):

$100 \times B_b / (B_b + U_b) = 20,1 \rightarrow 100 \times B_b / (B_b + 42) = 20,1$

$B_b = 10,6$

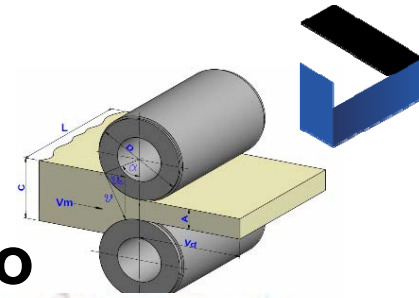
$F_b = 100 - U_b - B_b \rightarrow F_b = 100 - 42 - 10,6 = 47,4$

$S_b = B_b \times P_b / 100 \rightarrow S_b = 10,6 \times 65,0 / 100 = 6,9$

Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Compactação da cana / bagaço

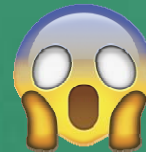
Parcela da extração devido à compactação / diluição



Extração % Pol ($\mathcal{E}$):

$$\mathcal{E} = \frac{15,0 \mid 13,0 - 6,9 \mid 47,4}{15,0 \mid 13,0} \times 100$$

$$\mathcal{E} = 87,5 \%$$



$$\mathcal{E} = 97,0 \rightarrow \text{Compactação} = 87 \%$$

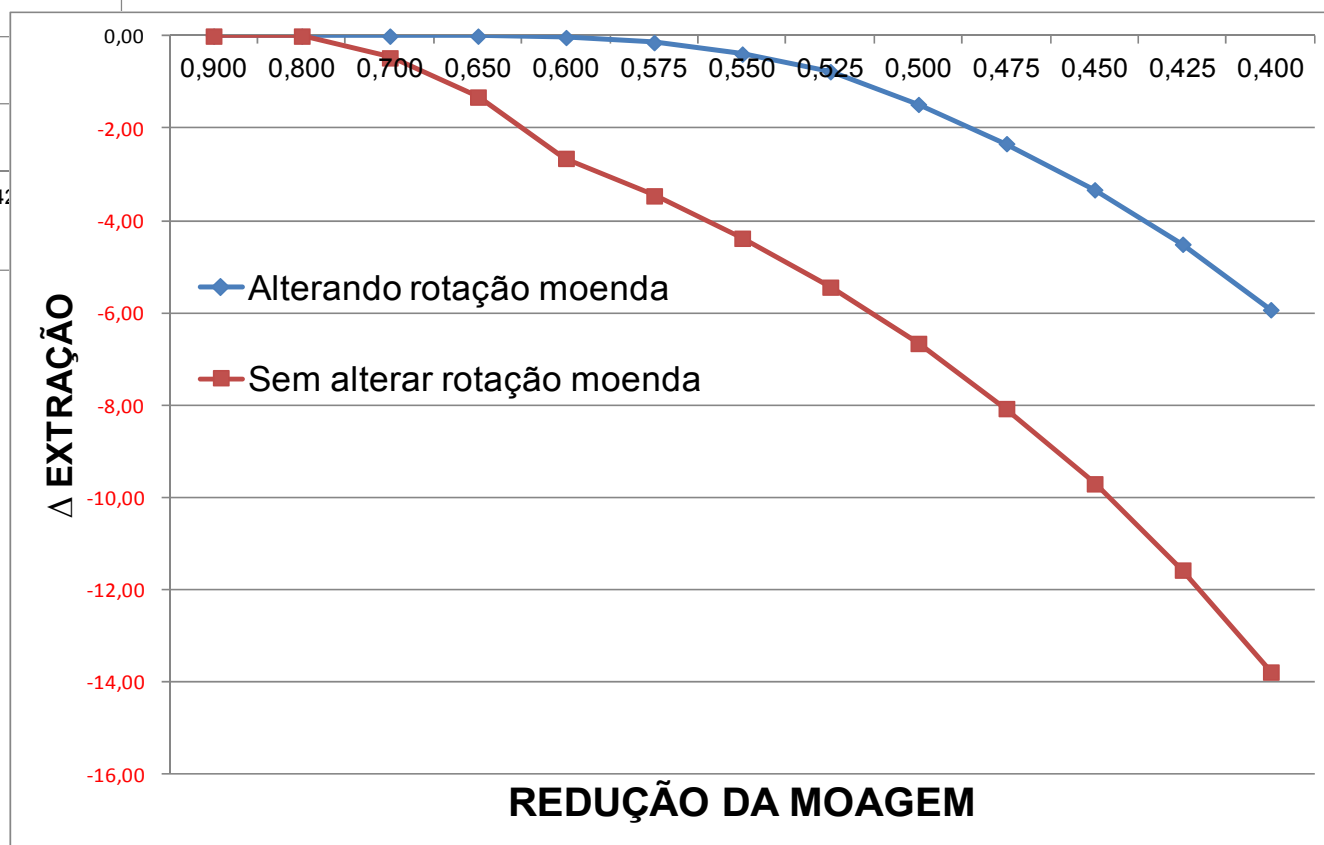
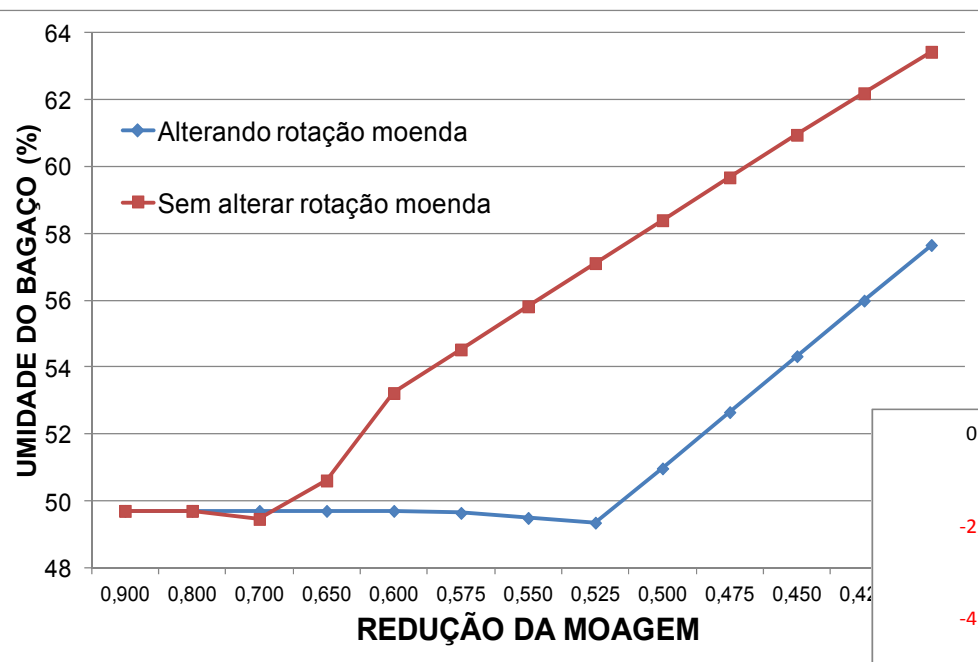


$$\text{Diluição (Embebição)} = 10\%$$

Fatores de desempenho e avaliação



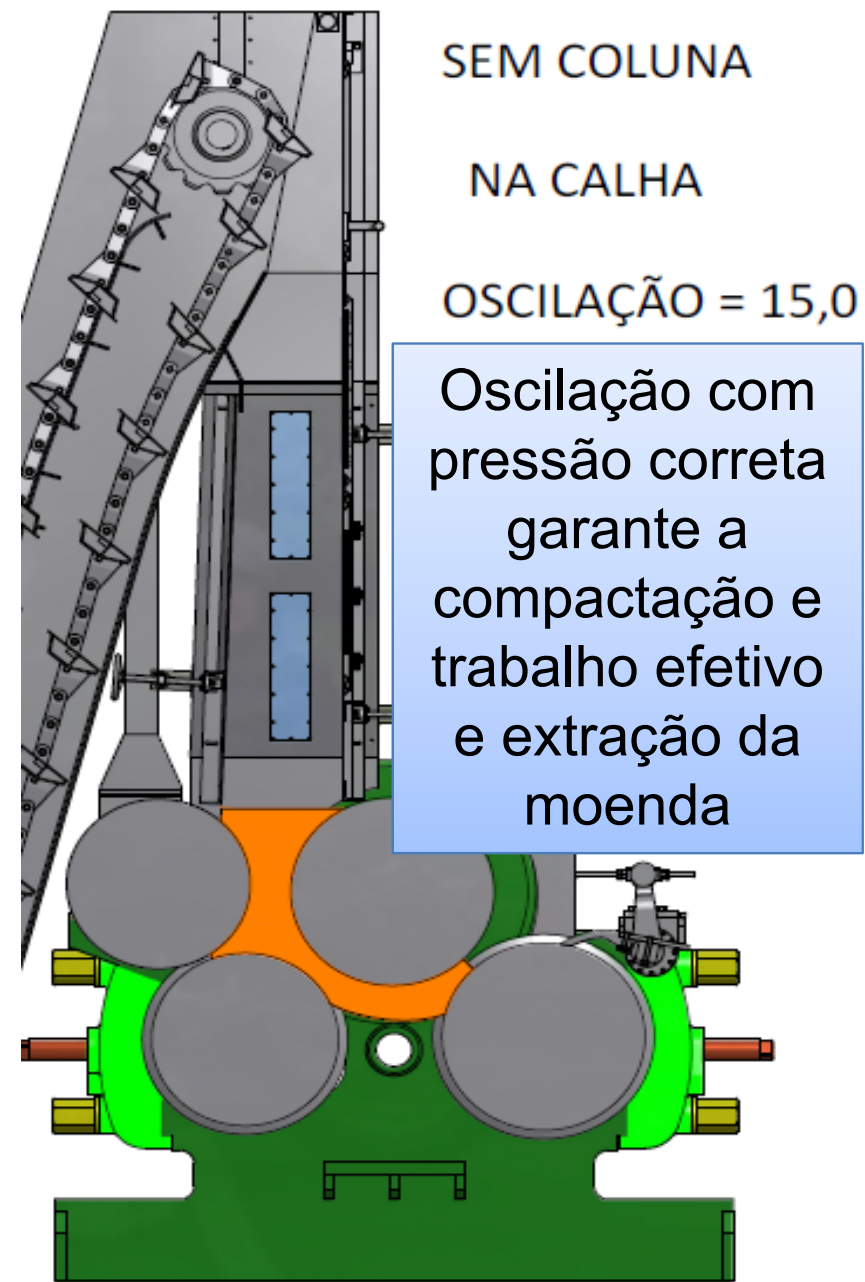
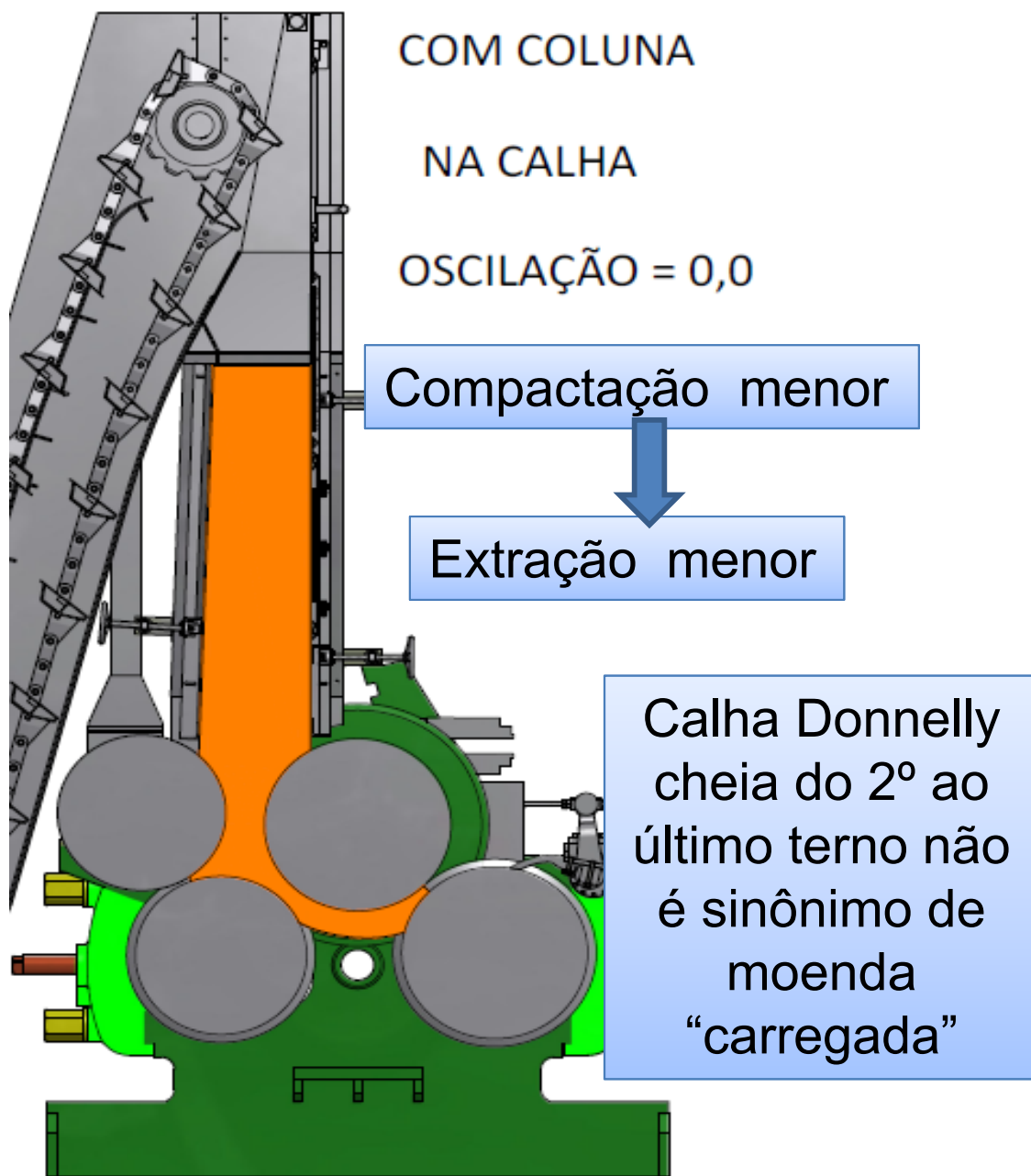
Fatores de desempenho – Desempenho em transientes de falta de cana na alimentação



Fatores de desempenho e avaliação



Fatores de desempenho – Perda parcial ou total do nível de compactação



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – O fator de reabsorção nas moendas



$$V_b > V_d$$

$$\frac{V_b}{V_d} = K = \text{Reabsorção}$$

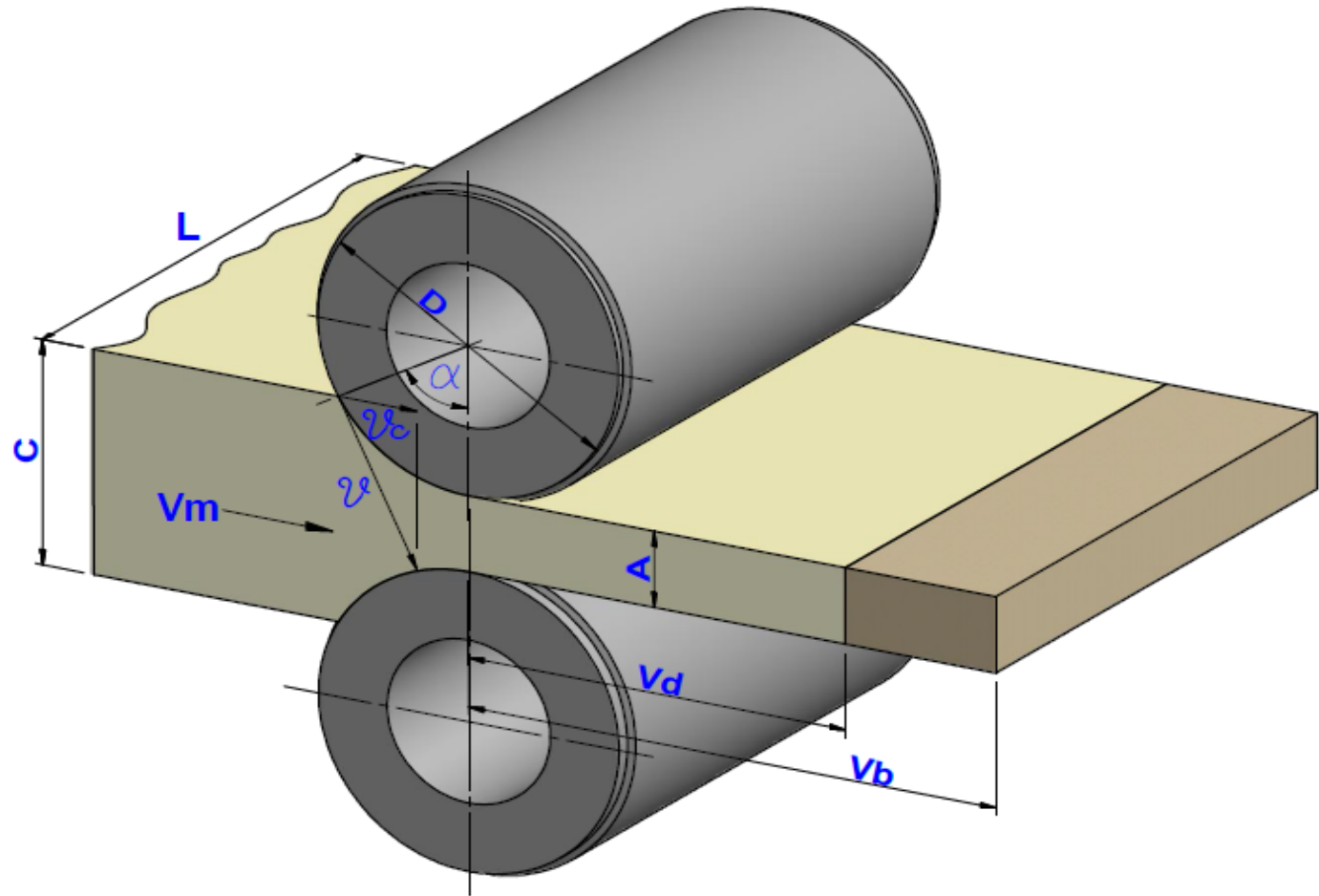
$$K > 1,0$$

$$\text{Tipicamente } k = 1,40$$

$$V_{je} = V_m - V_b$$

$$V_b = K \times V_d$$

$$V_{je} = V_m - k \times V_d$$



Quanto maior a reabsorção (K), menor a extração de caldo

Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Como ocorre o fenômeno da reabsorção nas moendas

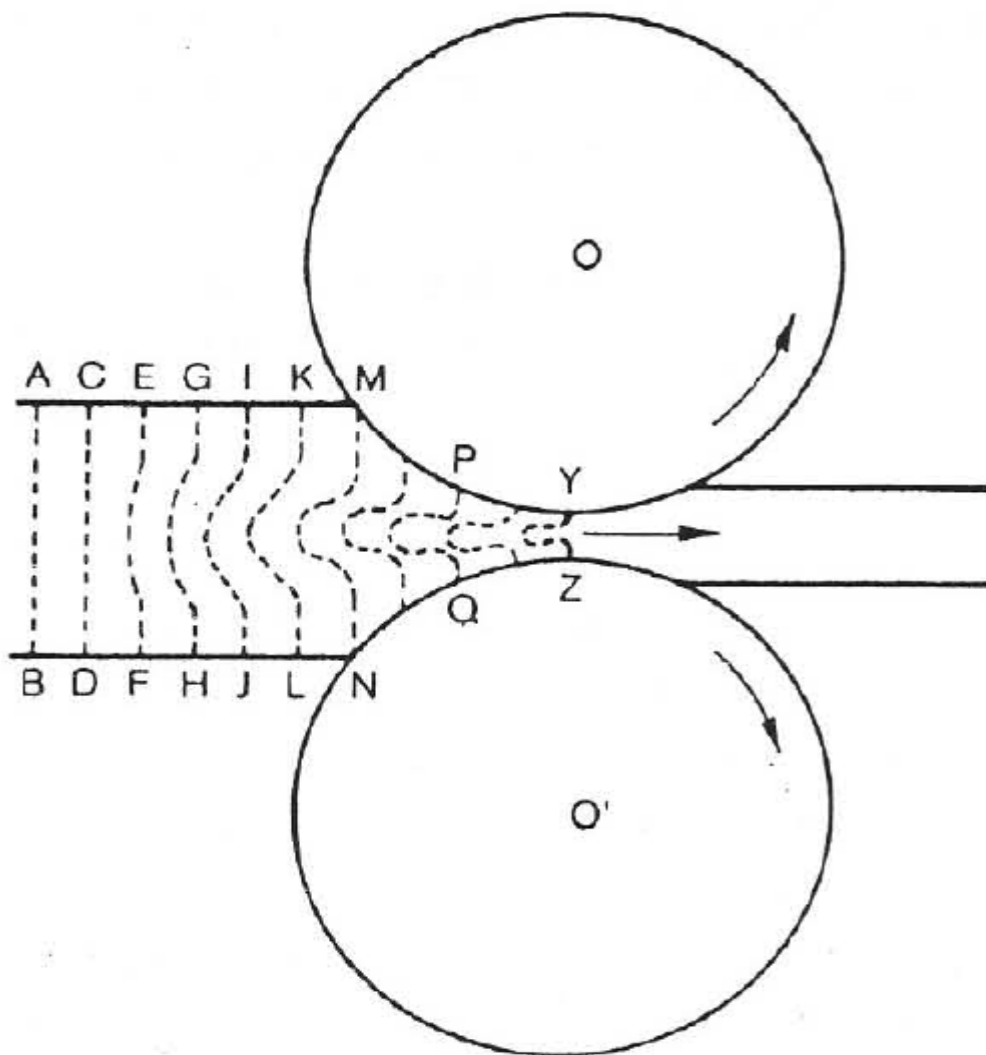


Fig. 10.13. Formation of semi-liquid pocket.

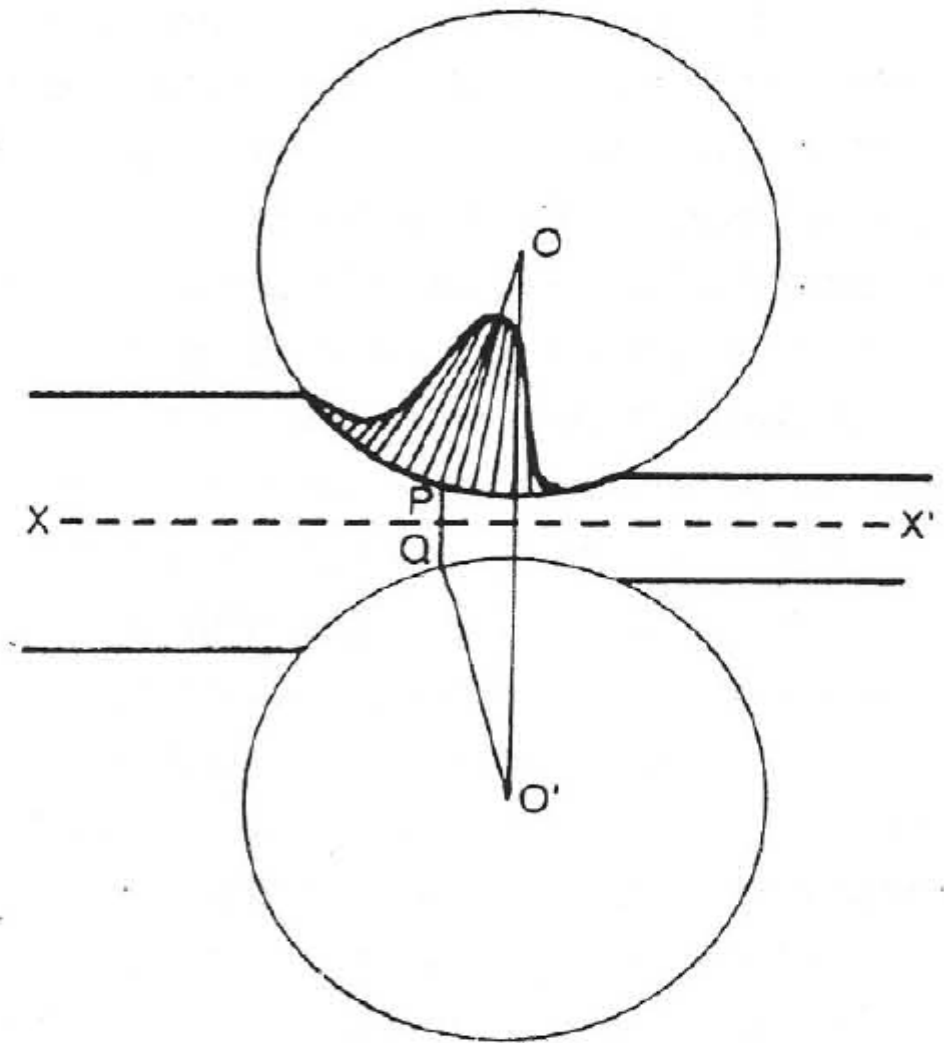


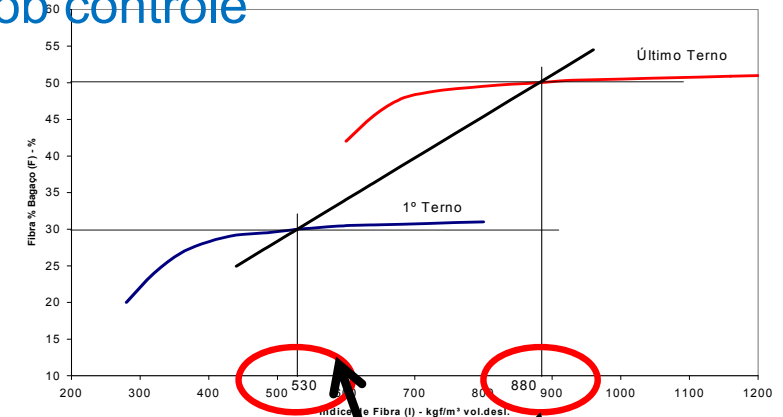
Fig. 10.14. Distribution of pressures on the roller.

Fatores de desempenho e avaliação

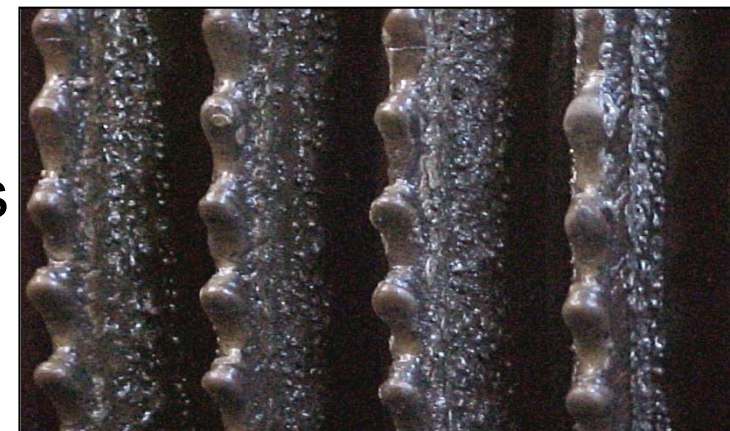
Fatores de desempenho – Como manter a reabsorção sob controle



- Utilizar cargas hidráulicas adequadas.
- Manter solda tipo chapisco em boas condições.
- Garantir as melhores condições de drenagem.
- Utilizar critérios de regulação adequados.
- Rolos de moenda com camisas perfuradas



Valores considerados para a compactação do 1º e último terno



Fatores de desempenho e avaliação



Fatores de desempenho – Processos de aplicação da solda chapisco

→ Manual – Eletrodo

- Apresenta granulometria melhor quando comparado com os outros processos

→ Manual (tocha) – Arame

- Preenche satisfatoriamente o flanco dos frisos, mas apresenta granulometria fina e baixa durabilidade

→ Automático (robô) – Arame

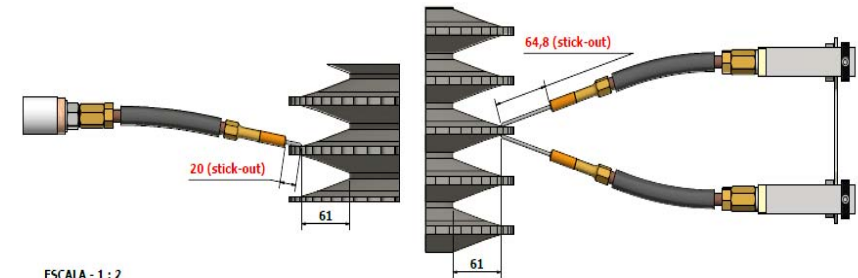
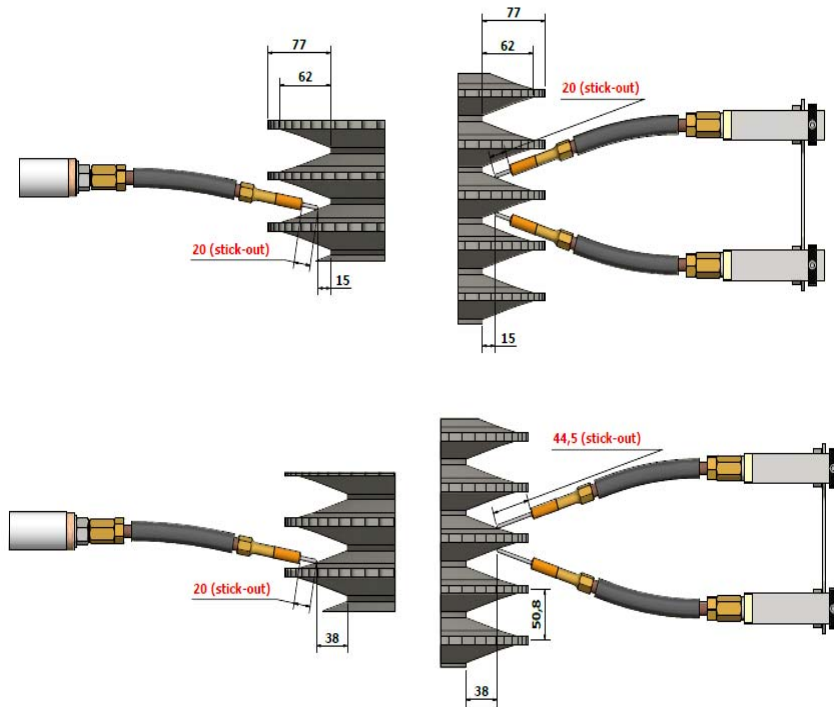
- Preenche satisfatoriamente o flanco dos frisos, mas apresenta granulometria fina e baixa durabilidade
- Nova geração, com arames maiores, que identificam a posição de trabalho, fazem o ajuste e parametrizam (profundidade do friso, passo, número de passes de chapisco) mantendo “stick-out” constante com resultados melhores

→ Automático (robô) – Eletrodo

- Qualidade do chapisco muito semelhante ao chapisco manual com eletrodo, resultado satisfatório, utilização limitada ao rolo superior – em desenvolvimento para os inferiores
- Outra versão ainda em desenvolvimento em bancada, atualmente sem aplicação de campo

Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Processos de aplicação da solda chapisco



ESCALA - 1 : 2
UNIDADE - MM



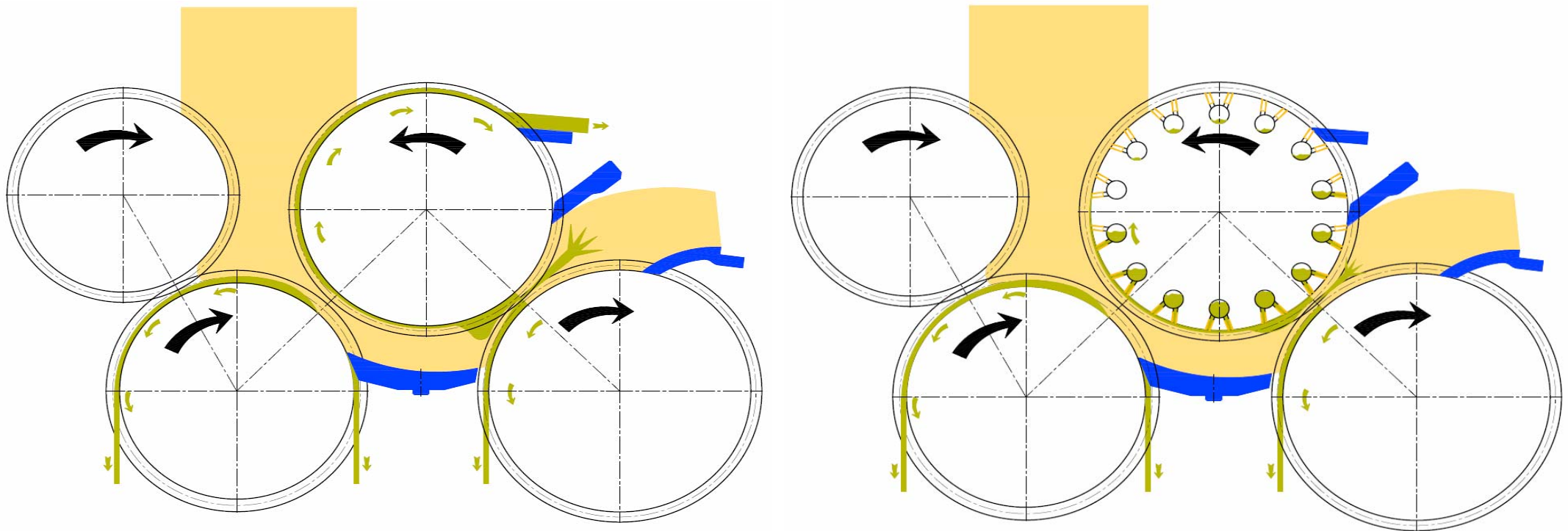
Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Processos de aplicação da solda chapisco



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Utilização de camisas perfuradas



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Rolo Lotus descrito como rolo anti-reabsorção



THE LOTUS ROLL -

INSTALLATION, OPERATING AND MAINTENANCE INSTRUCTIONS

SECTION 1
INTRODUCTION
Page 1

Introduction

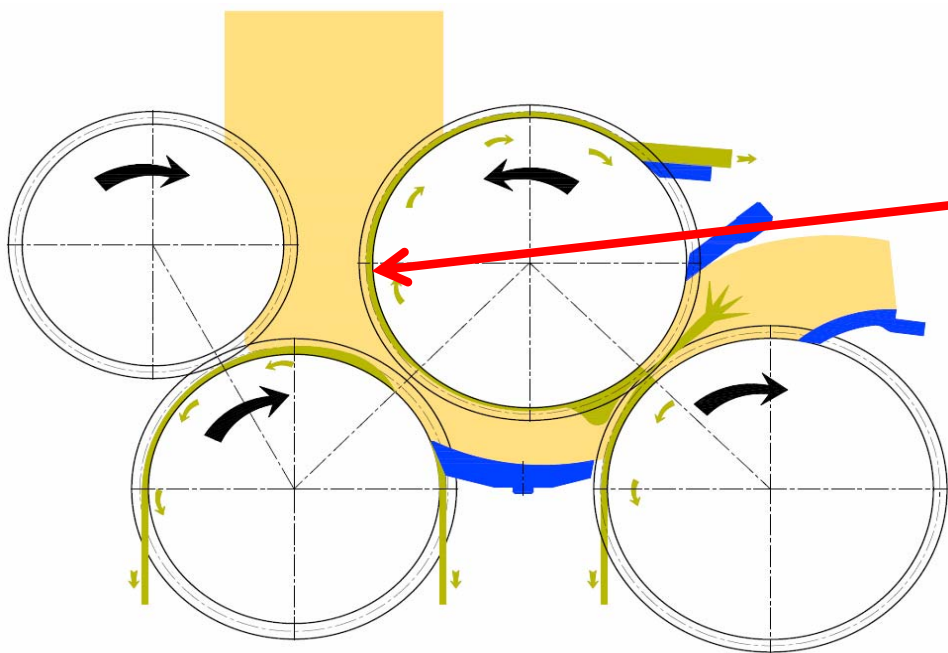
The Lotus Roll can best be described as an "ANTI-REABSORPTION" roll, and, as such, it is likely to bring about profound benefits to the miller of sugar cane

Reabsorption increases the bagasse pol and moisture and limits the grinding rate. To make matters worse, the harder a mill with conventional rolls is made to work, the greater is the reabsorption problem.

By installing the Lotus Roll, the reabsorption will be reduced and one can expect drastic changes in mill performance. We anticipate that the standard 3-roll mill will be able to grind up to 40% more cane, at an improved level of performance, without any other change to the tandem than the replacement of the top rolls by Lotus Rolls

Fatores de desempenho e avaliação

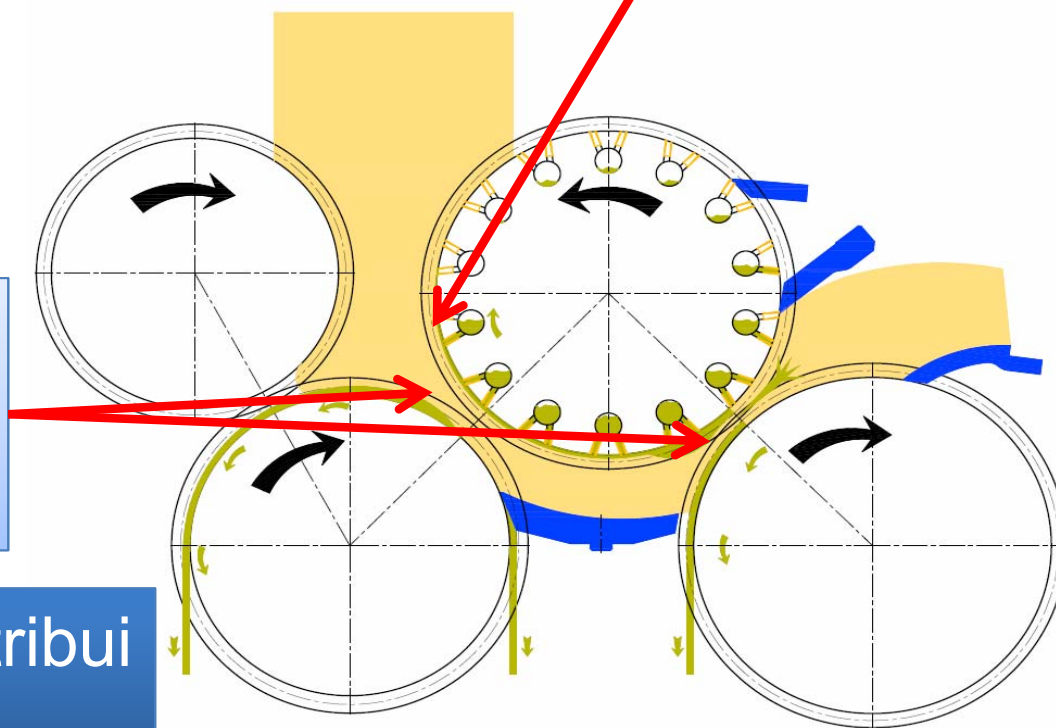
Fatores de desempenho – Efeito da camisa perfurada na capacidade



Diminuição do volume de material a ser alimentado nas aberturas de compactação

Beneficiando a capacidade, contribui para melhorar a extração

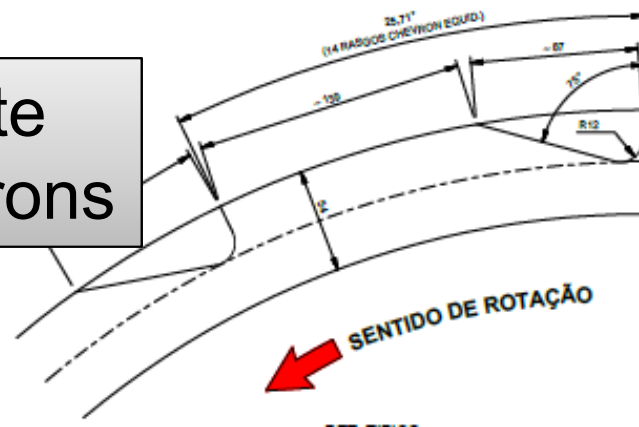
Eliminação e/ou redução da quantidade de caldo entre a camada de cana/bagaço e a superfície da camisa



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Importância da solda picote

A solda tipo picote substituiu os Chevrons

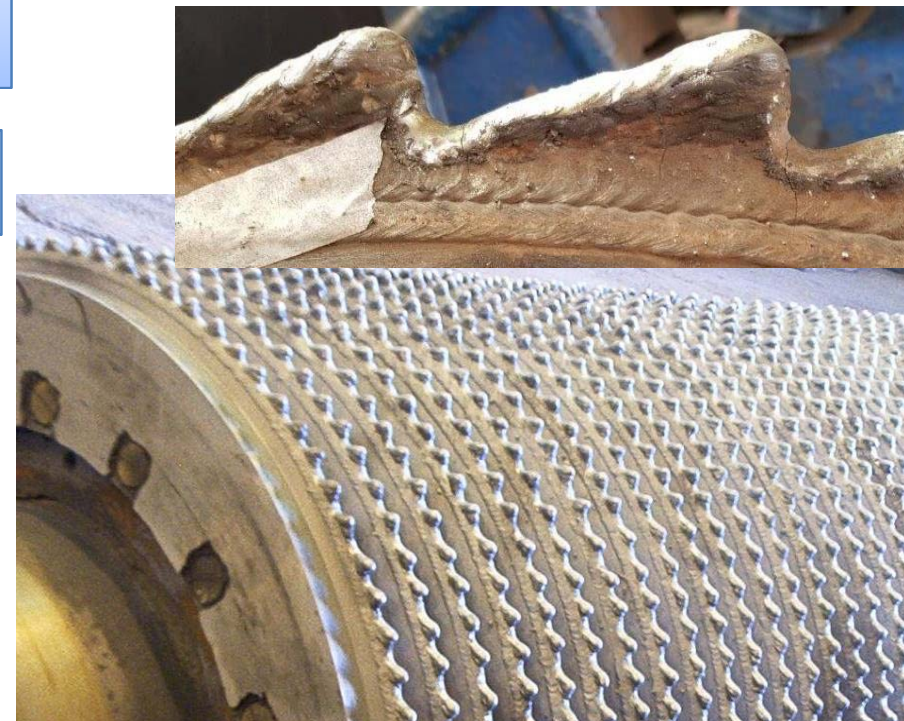


Necessário devido à velocidade de operação

Trabalho nas regiões de baixa pressão

Importante para garantia do processo volumétrico de alimentação

Sem destacamento e desgaste mínimo durante a safra



Fatores de desempenho e avaliação

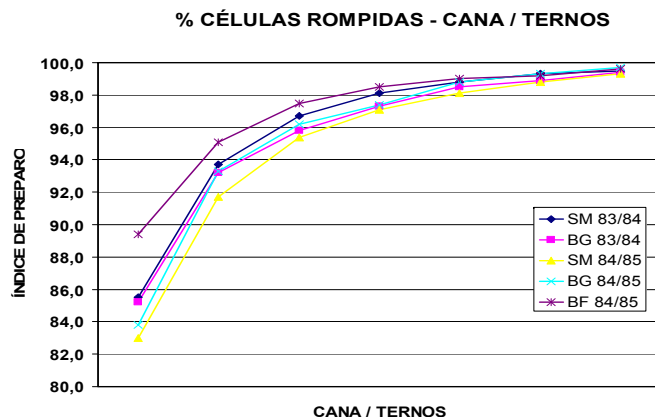


Fatores de desempenho – Índice de Preparo da cana para o processo de moagem

Caldo disponível para deslocamento X extração do 1º Terno

Índice de Preparo = 80 a 85 % X Extração 1º T = 70 a 75%

- Importância do tamanho médio das partículas (Alimentação)
- Moendas continuam o processo de ruptura das células



- Avaliação do Índice de Extração
 - o Amostragem, manipulação, análise
 - o Avaliação visual “in loco”
 - o Verificar granulometria do bagaço



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Sistema de embebição



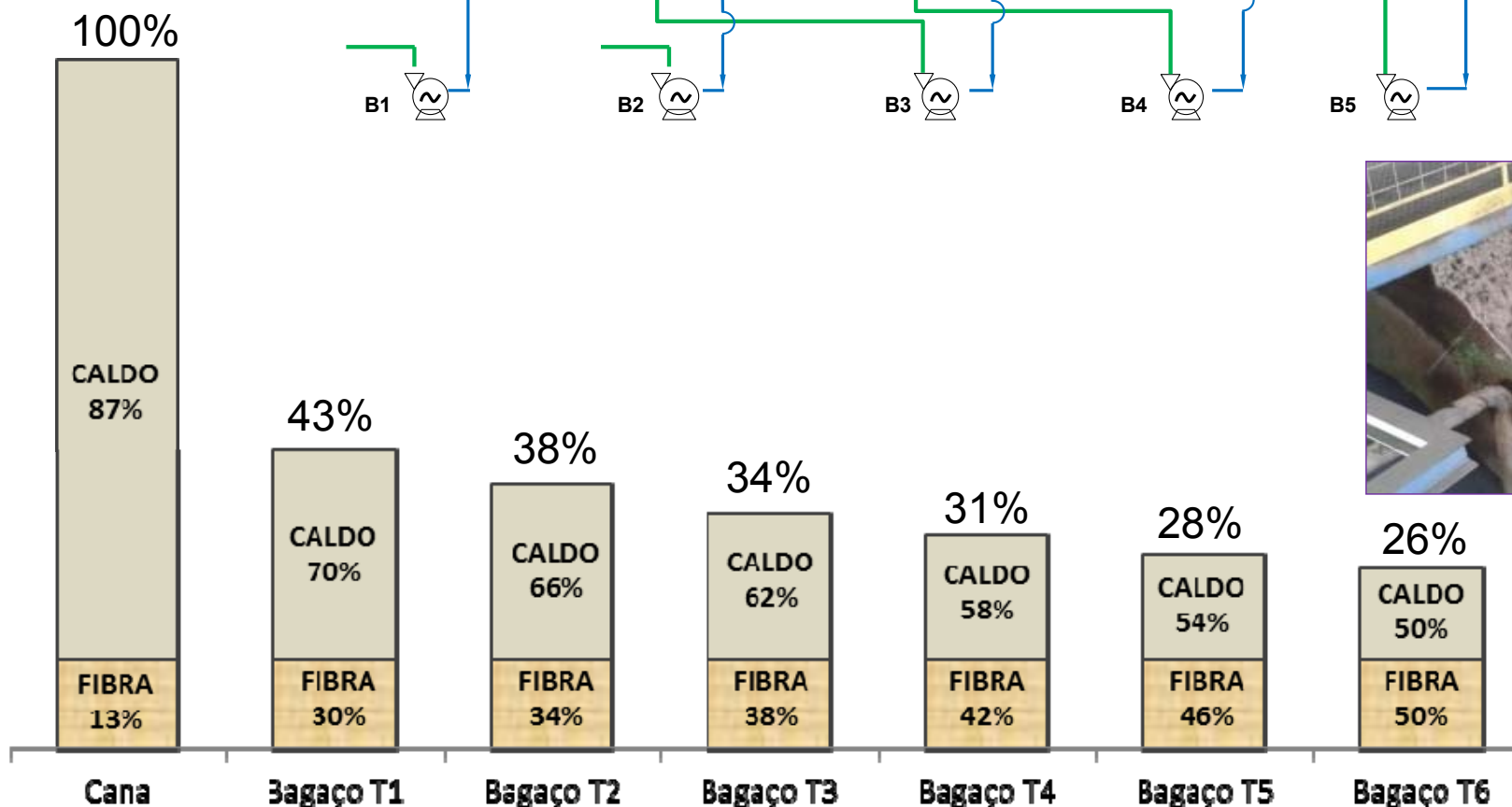
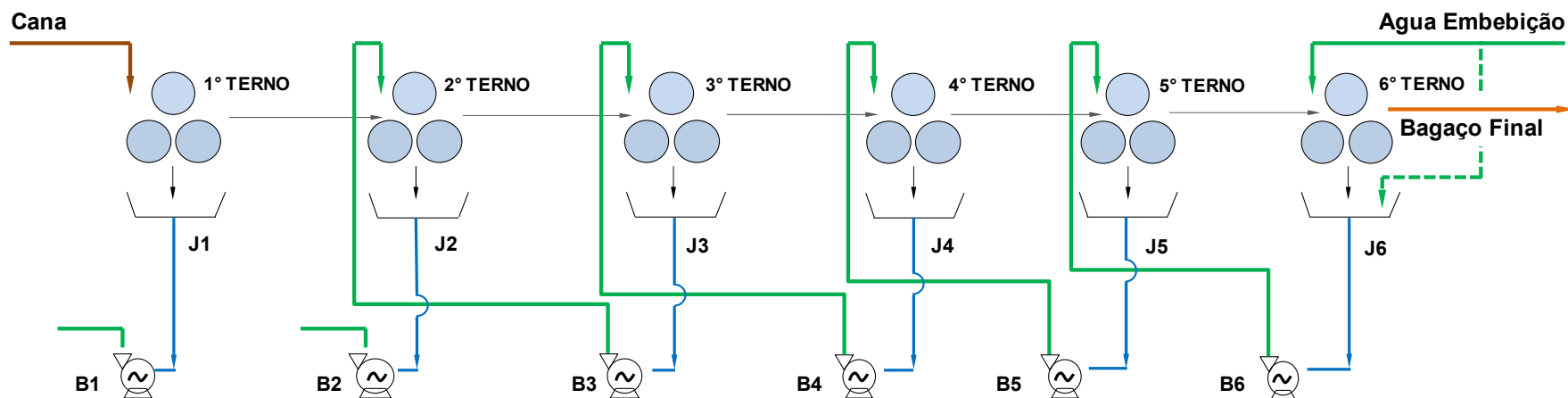
Objetivo da Embebição

Adição de água no processo de moagem para diluir o caldo original da cana reduzindo a quantidade de açúcar que ficará retido no caldo residual do bagaço final em benefício da **extração**



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Sistema de embebição – diluição do caldo residual bagaços



Quanto mais diluído
↓
Menor será a perda

Fatores de desempenho e avaliação



Fatores de desempenho – Eficiência do sistema de embebição

- Eficiência de cada estágio de embebição
 - o Relação Extrações Real / Teórica de Brix de cada terno
 - o Eficiência do 2º ao 6º ternos – embebição composta:

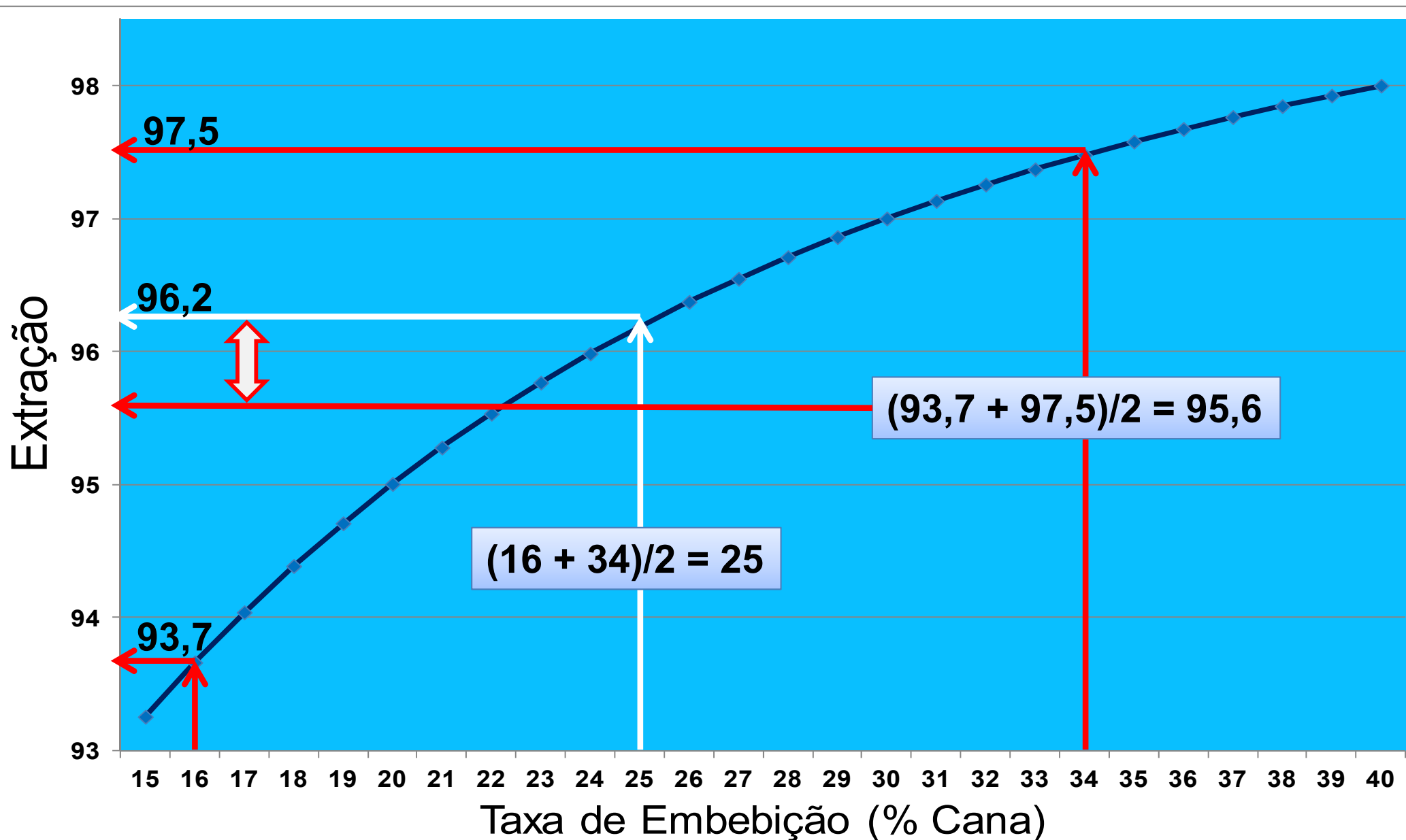
COEFICIENTES DE EMBEBIÇÃO					
TERNO	2	3	4	5	6
Ke	0,85	0,75	0,65	0,60	0,50

- Maior eficiência: simples → composta → recirculação
- Taxa de embebição maior → melhor eficiência
- Distribuição da água e dos caldos no bagaço
 - o Ponto de aplicação
 - o Distribuição na largura da camada de bagaço (-0,5)
- Variação de fluxo dos caldos de embebição (golfadas)
- Temperatura da água de embebição



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Variação do fluxo dos caldos de embebição (golfadas)



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Efeito da temperatura da água de embebição



RESUMO DA LITERATURA

Em todos os trabalhos, a possibilidade de aumento da extração só ocorre com temperaturas acima de 60° C

Na maioria dos estudos o ganho de extração com temperaturas acima de 60°C nem sempre é evidente e comprovado

A possibilidade de maior compactação com maiores temperaturas ocorre devido à redução da resistência (“amolecimento”) da fibra, mesmo fator que prejudica a condição de “pega” e alimentação da moenda

Ao analisar a questão da capacidade é importante considerar que as condições das moendas citadas podem ser muito diferentes das existentes no Brasil



Fatores de desempenho e avaliação

Fatores de desempenho – Temperatura da água – vantagens e desvantagens

Vantagens

- Aproveitamento dos condensados da fábrica;
- Aumento da temperatura do bagaço final, que pode levar a uma pequena diminuição da umidade na alimentação da caldeira;
- Pequeno ganho da extração acima de 60°C (??) - difícil de medir e controverso entre técnicos e publicações.

Desvantagens

- Aumento da dificuldade na alimentação das moendas;
- Dificuldade na aplicação de solda nas moenda, devido às condições de trabalho dos soldadores.

ent, G.A.

Proc. Int. Soc. Sugar Cane Technol., Vol. 27, 2010

Literatura recomendada



THE EFFECT OF ADDED WATER TEMPERATURE ON
MILLING TRAIN OPERATION AND PERFORMANCE

By

G.A. KENT

Fatores de desempenho e avaliação

Parâmetros de avaliação – Resultados esperados



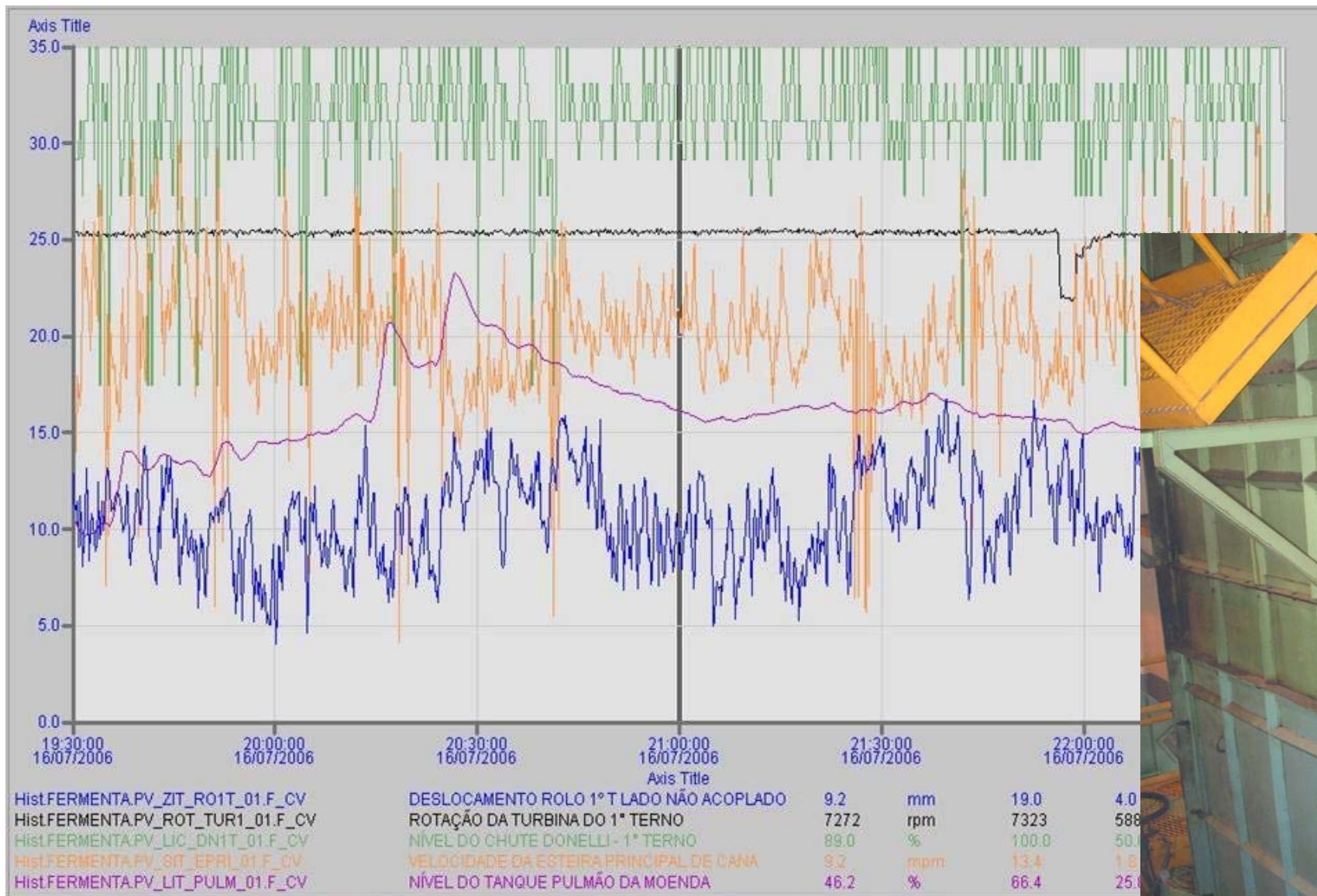
Moagem horária efetiva

Umidade do bagaço final

Extração / Perda no bagaço final

Fatores de desempenho e avaliação

Parâmetros de avaliação – Monitoramento da calha Donnelly do 1º terno



Fatores de desempenho e avaliação



Parâmetros de avaliação – Oscilação garantindo a compactação de cada terno

- Os indicadores de oscilação precisam ser confiáveis e precisos
- Os transdutores eletrônicos de oscilação devem sofrer calibração constante.
- A calibração deve verificar o zero e toda a escala da oscilação
- Sem o indicador manual em perfeito funcionamento não há como garantir uma medição correta pelo transdutor eletrônico e ajuste correto da rotação de cada terno para manter a compactação.



Fatores de desempenho e avaliação



Parâmetros de avaliação – Condições superficiais dos frisos dos rolos das moendas

Solda picote sem destacamento e mantendo formato para tração da cana

Não existe um parâmetro quantitativo para avaliação da solda tipo chapisco

Avaliação qualitativa da solda tipo chapisco



FRACO – Granulometria fina e alguns frisos sem chapisco



REGULAR



BOM

Fatores de desempenho e avaliação

Parâmetros de avaliação – Condições superficiais dos frisos dos rolos das moendas



Camisa perfurada e solda chapisco atuam
contra a reabsorção de forma distinta
Um recurso não substitui o outro

Desgaste dos flancos dos
frisos com a falta de solda
chapisco → perda dos
picotes



Fatores de desempenho e avaliação



Parâmetros de avaliação – Composição do bagaço de cada terno

O bagaço é constituído basicamente de 3 parcelas:

- Brix (sólidos dissolvidos)
- Umidade (com o Brix formam o caldo no bagaço)
- Fibra (todo material sólido não solúvel)

A função de cada moenda é separar o caldo da fibra

O desempenho de cada terno está então relacionado com o teor de fibra resultante no bagaço de cada terno

A umidade é uma consequência da quantidade de caldo extraído e da concentração do caldo retido no bagaço

Dessa forma o melhor parâmetro para medir o desempenho de extração de caldo de cada terno é o teor de fibra em cada bagaço

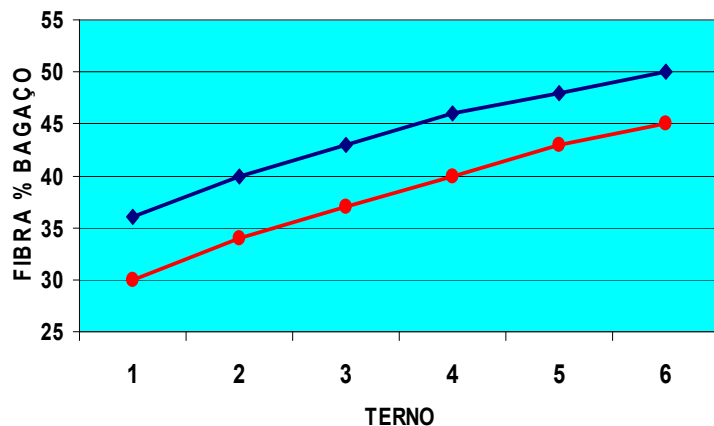
Fatores de desempenho e avaliação

Parâmetros de avaliação – Referências do teor de fibra no bagaço de cada terno

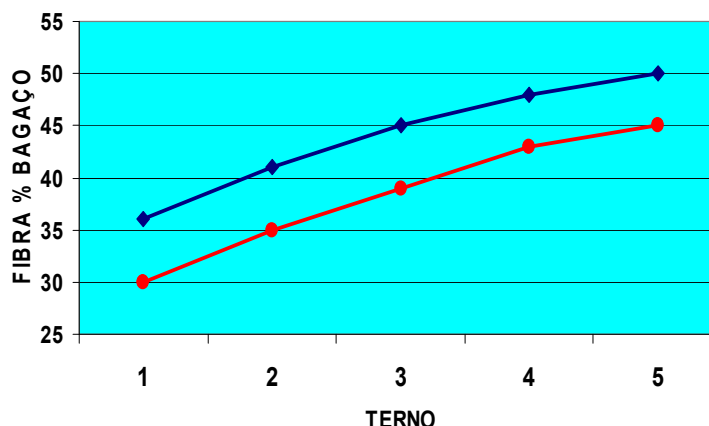


TEOR DE FIBRA NO BAGAÇO DE CADA TERNO - REFERÊNCIA							
TERNOS		1º	2º	3º	4º	5º	6º
4	MÁX	36	42	47	50		
	MÍN	30	36	42	45		
5	MÁX	36	41	45	48	50	
	MÍN	30	35	39	43	45	
6	MÁX	36	40	43	46	48	50
	MÍN	30	34	37	40	43	45

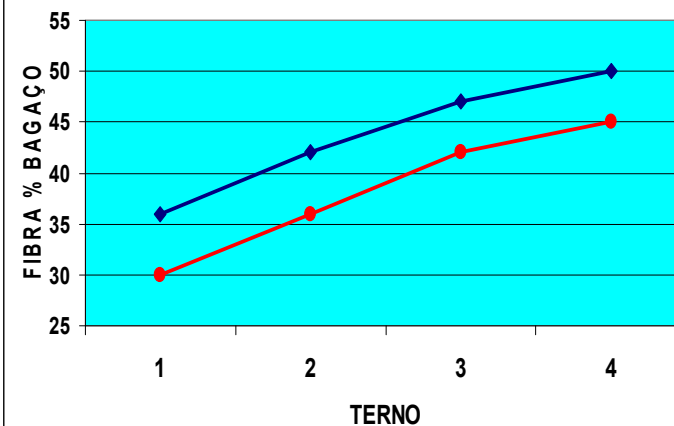
FIBRA % BAGAÇO - REFERÊNCIA - 6 TERNOS



FIBRA % BAGAÇO - REFERÊNCIA - 5 TERNOS



FIBRA % BAGAÇO - REFERÊNCIA - 4 TERNOS

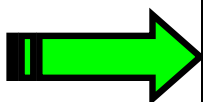


Fatores de desempenho e avaliação



Parâmetros de avaliação – Referências de curvas de Brix para taxas de embebição de 20 a 30 % cana

6 TERNOS



RETORNO BAGACILHO	EMBEBIÇÃO % CANA	TERNO					
		1	2	3	4	5	6
2º TERNO	30	1,00	0,70	0,50	0,37	0,26	0,19
	20	1,00	0,79	0,64	0,52	0,40	0,31
1º TERNO	30	1,00	0,65	0,47	0,34	0,24	0,17
	20	1,00	0,76	0,61	0,50	0,38	0,29

5 TERNOS



RETORNO BAGACILHO	EMBEBIÇÃO % CANA	TERNO				
		1	2	3	4	5
2º TERNO	30	1,00	0,70	0,48	0,34	0,23
	20	1,00	0,80	0,62	0,48	0,35
1º TERNO	30	1,00	0,66	0,45	0,31	0,21
	20	1,00	0,76	0,59	0,45	0,33

4 TERNOS



RETORNO BAGACILHO	EMBEBIÇÃO % CANA	TERNO			
		1	2	3	4
2º TERNO	30	1,00	0,68	0,48	0,30
	20	1,00	0,77	0,61	0,42
1º TERNO	30	1,00	0,64	0,45	0,28
	20	1,00	0,74	0,58	0,40

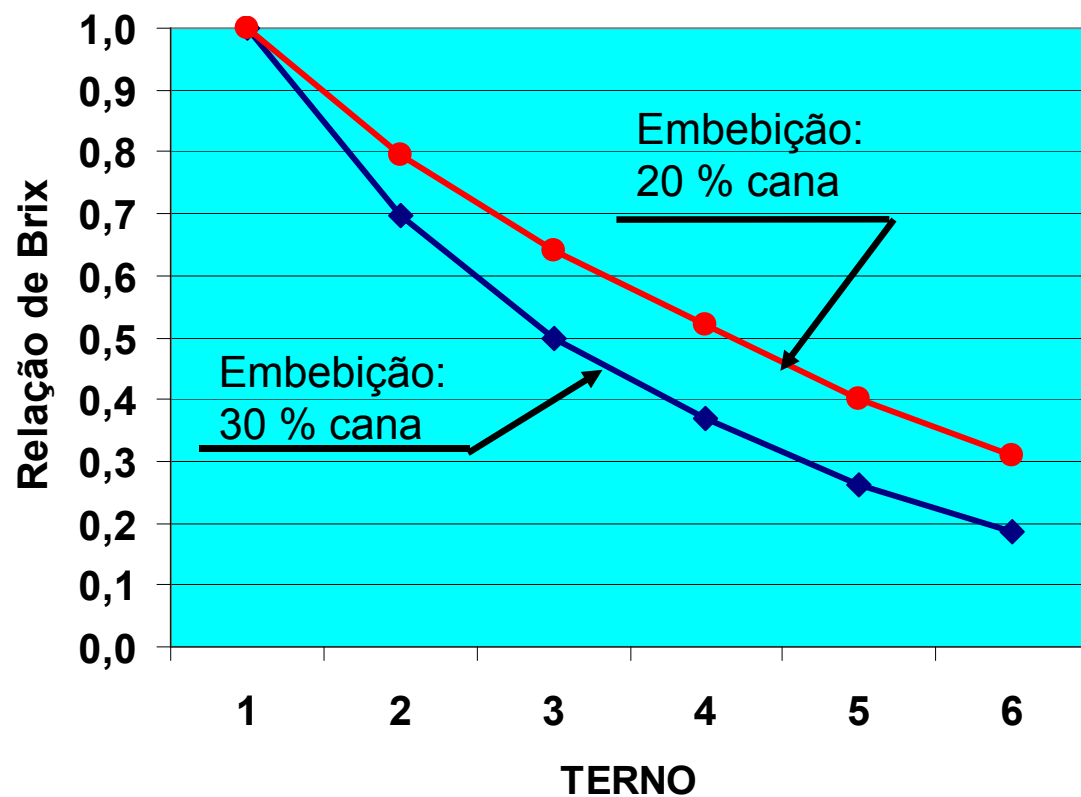
OBS. – Valores de referência para Brix do caldo do bagaço extraído na prensa

Fatores de desempenho e avaliação

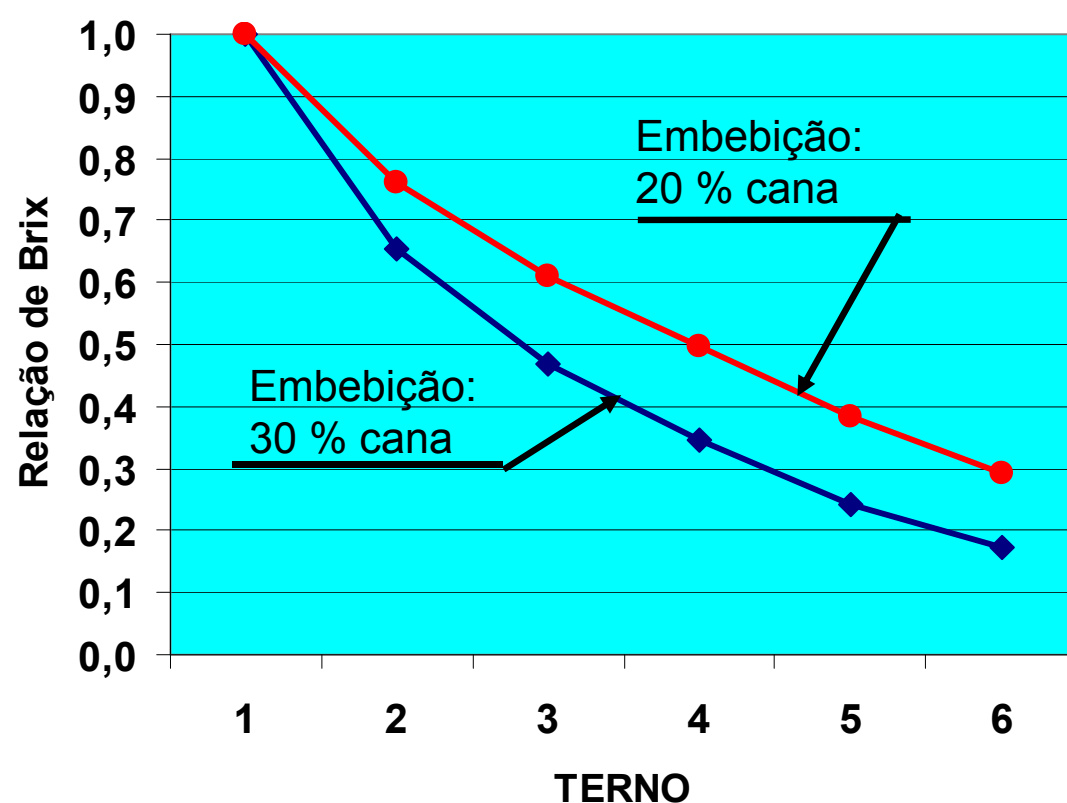


Parâmetros de avaliação – Referências de curvas de Brix – 6 ternos – para taxas de embebição de 20 a 30 % cana – Retorno antes e após 1º terno

Curvas de Brix - 6 Ternos - Bagacilho 1º/2º T



Curvas de Brix - 6 Ternos - Bagacilho 1º T

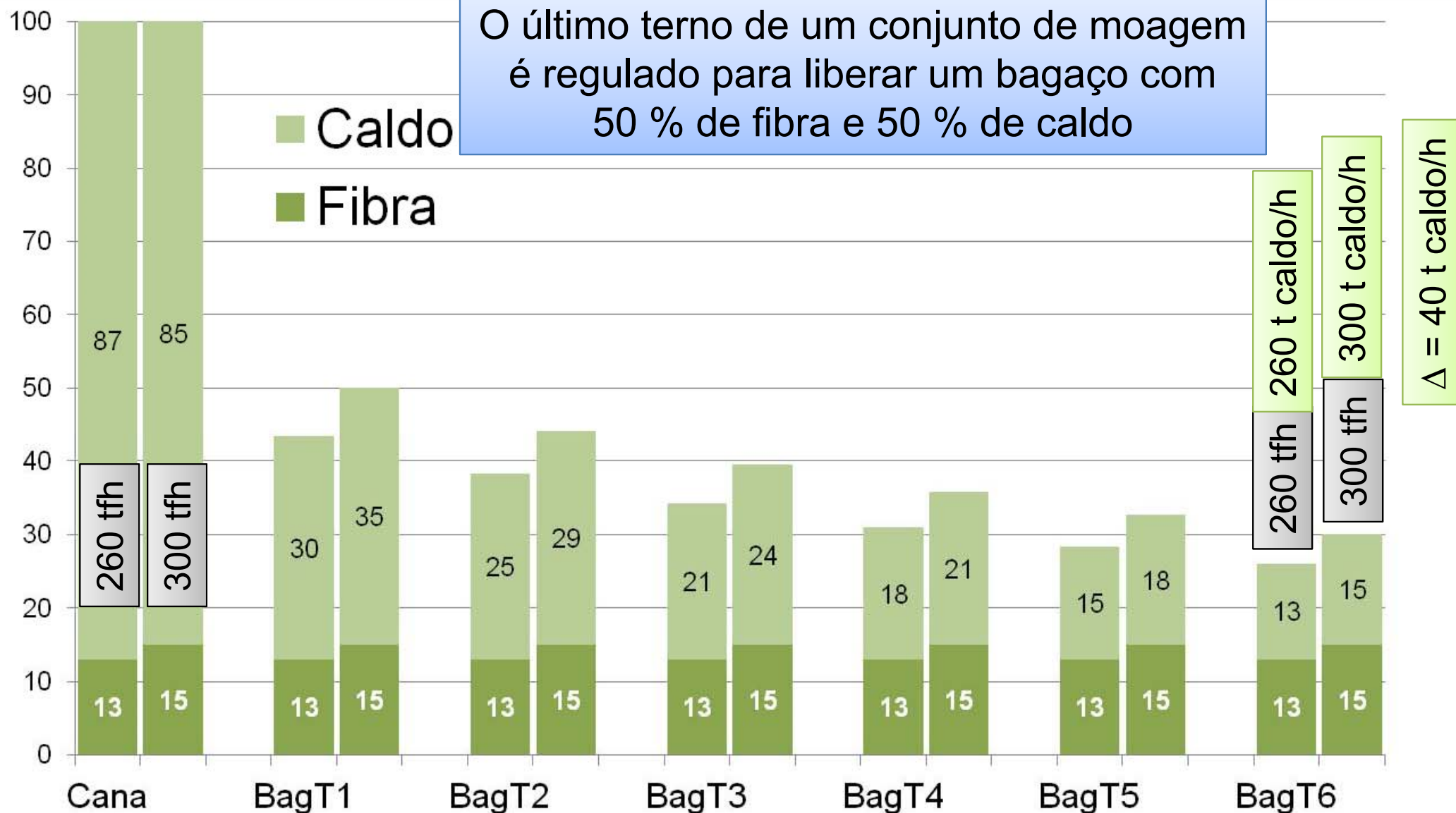


Fatores de desempenho e avaliação



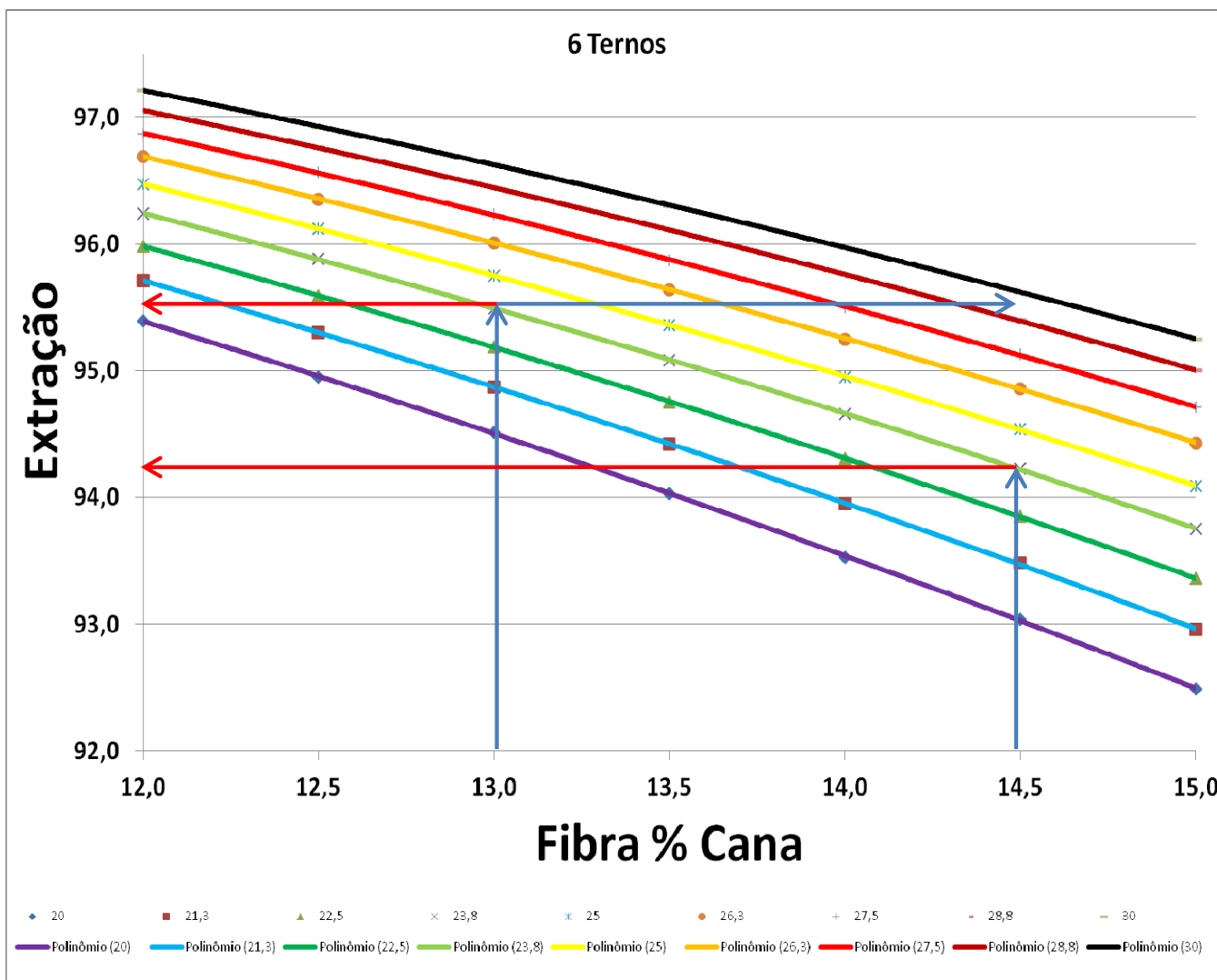
Parâmetros de avaliação – Monitorar embebição % cana ou % fibra?

O último terno de um conjunto de moagem é regulado para liberar um bagaço com 50 % de fibra e 50 % de caldo



Fatores de desempenho e avaliação

Parâmetros de avaliação – Monitorar embebição % cana ou % fibra?



Embebição % cana = 24 %
Fibra %cana = 13%
Embebição % fibra = **185 %**
Extração = **95,5 %**

Embebição % cana = 24 %
Fibra %cana = 14,5%
Embebição % Fibra = **165 %**
Extração = **94,2 %**

Embebição % cana = 29 %
Fibra %cana = 14,5%
Embebição % fibra = **200 %**
Extração = **95,5 %**

Fatores de desempenho e avaliação

Parâmetros de avaliação – Resumo - O que controlar no operação das moendas



Alimentação da cana

Sistema de preparo de cana

Carga hidráulica nas moendas

Oscilação dos rolos superiores

Condições superficiais dos rolos e boquilhas

Operação do sistema de embebição

**FÁCIL...
...NÃO?**

Atuando nestes processos para
garantir os resultados esperados



Moagem horária efetiva

Umidade do bagaço final

Extração / Perda no bagaço

Fatores importantes para o desempenho da extração e parâmetros de avaliação



OBRIGADO



paulo@delfini.com.br
+ 55 19 98166-7000