

CONTRIBUIÇÃO DE 60 ANOS DA STAB

EXTRAÇÃO DE CALDO POR MOENDAS

DESENVOLVIMENTO NO BRASIL

SIDNEI BRUNELLI
RICARDO BRUNELLI
DEZEMBRO 2023

Introdução

“Para que viver muito valha a pena alguma serventia deve ter, como, por exemplo, dar testemunho de fatos ou de pessoas que ficaram desconhecidas ou esquecidas no tempo” (Ferreira Gullar).

Título da Palestra

MENINOS EU VI... (Juca Kfourri)

As origens da técnica atual

Década 1970

Austrália

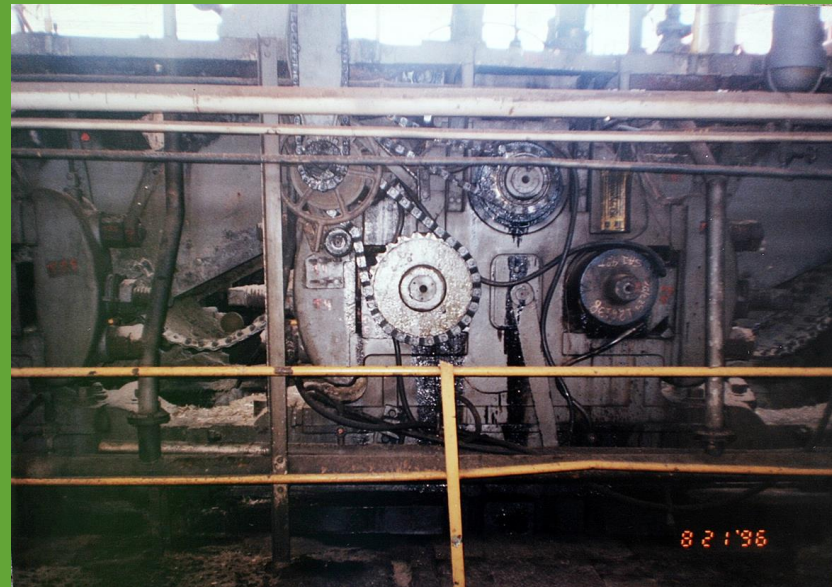
África do Sul

Copersucar

Equipe Deon Hullet

Década de 70

- Moendas com 3 rolos, na sua maioria tipo Fulton;
- Muitas das moendas acionadas por motor a vapor;
- Tandens compostos por 4 a 6 ternos, e em alguns casos precedidos por 2 rolos esmagadores;
- Alimentação do 1º terno com esteira de alimentação forçada metálica;
- Alimentação dos demais ternos com transportador de lona tipo alimentação forçada;
- Transportadores metálicos acionados por motor a vapor tipo “gêmeo”;
- Iniciava-se a instalação de preparo de cada com facas mais robustas e acionadas por turbinas a vapor e redutor duplo;
- Utilizava-se frisos de grande passo nos primeiros ternos (3”x55°) e grandes chevrons, para poder alimentar cana mal preparada.
- Embebição simples com água em todos os ternos.



Resultados nessas condições

Laboratório Volante da
Divisão Industrial
Coopersucar

Usina	Safrá 1973 São Paulo					Safrá 1975 São Paulo					
	Cana			Bagaço		Cana			Bagaço		Ext. Red.
	Pol	Fibra	IP	Umid	Pol	Pol	Fibra	IP	Umid	Pol	
1	13,7	10,6	-	52,0	4,4	-	-	-	-	-	-
2	14,8	11,6	69,0	49,6	3,8	13,8	10,8	55,1	53,1	3,8	91,3
3	14,0	12,0	70,4	46,8	3,6	14,3	11,5	80,3	49,1	3,5	91,2
4	13,7	12,5	61,7	51,2	4,0	14,3	12,8	64,8	48,9	4,1	91,5
5	14,9	12,3	-	50,0	4,5	-	-	-	-	-	-
6	14,3	11,9	48,3	47,6	4,3	-	-	-	-	-	-
7	16,1	12,1	69,7	50,1	5,4	14,6	11,8	76,5	50,3	3,4	92,6
8	15,8	12,8	-	48,3	4,2	14,8	11,7	-	50,8	4,2	91,6
9	17,0	12,2	48,3	46,2	6,5	-	-	-	-	-	-
10	16,4	12,7	79,5	52,0	4,9	15,4	12,4	68,6	46,8	4,0	91,6
11	16,1	12,1	65,3	48,9	4,7	-	-	-	-	-	-
12	16,3	12,0	70,6	50,6	5,6	-	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	15,9	11,8	78,3	49,8	4,5	90,0
14	-	-	-	-	-	14,6	13,1	-	48,4	3,6	91,9
15	17,8	11,1	71,3	46,9	5,8	16,9	11,5	75,0	47,5	5,0	91,1
16	15,5	10,9	49,8	51,3	4,8	15,3	13,7	57,4	51,3	4,1	91,3
Média	15,2	11,8	56,3	48,9	5,2	15,3	12,0	60,8	49,0	4,6	91,4

Enquanto isso na África do Sul

Summary of Laboratory
Reports - SMRI

Safrá 1974 – África do Sul					
Usina	Cana		Bagaço		Extra.
	Pol	Fibra	Umidade	Pol	
Malelane-D	13,36	13,96	54,84	1,92	95,47
Unfulozi-M	13,97	14,37	54,40	2,29	94,55
Unfulozi-D	13,39	13,83	53,63	1,81	95,91
Felixton-M	13,10	13,55	52,51	1,79	95,03
Felixton-M	16,91	17,03	52,41	1,61	95,64
Darnall-M	13,90	15,39	53,57	1,53	96,25
Tongaat-M	13,02	15,54	53,41	1,77	95,28
Tongaat-M	12,91	15,69	54,66	1,31	96,41
Mount Edgombe	13,08	15,19	51,36	1,26	96,92
Média	13,74	14,95	53,42	1,70	95,72
No Brasil em 1975 era				4,6	91,4

Para atingir e superar os números da África do Sul

H.D. Donnelly em 1958 (Austrália):

- “Marcante aumento de moagem em Queensland a baixo custo”
- “Ao lado da boa preparação, o problema de altas moagens e alta extração de caldo depende da efetiva alimentação da moenda...”

SMRI South Africa – 1964:

- “Tandens equipados com Shredders tem sua performance aumentada”.
- “Altas pressões e baixas velocidades são necessárias para mais eficientes moagens...”
- “Chutes de Gravidade (Donnelly) e Rolos Alimentadores (Press Roller) tem contribuído para o aumento de eficiência”.
- “Custos mais que compensados pelo ganho de desempenho”.

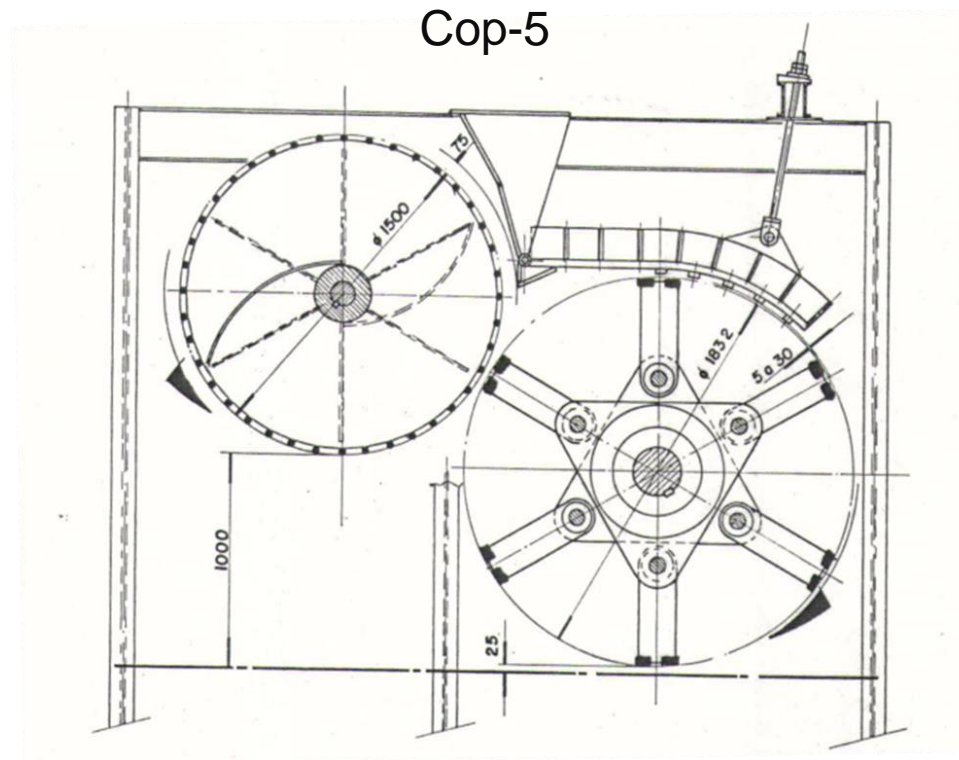
Qual caminho a seguir

- 1 - Melhora do preparo de cana.
- 2 - Introdução de uma alimentação efetiva da moenda.
- 3 - Superfície dos rolos devidamente preparadas.
- 4 - Aumento da taxa de embebição, adotando o tipo Composta.
- 5 - Uso de corretas aberturas entre rolos, apropriadas para as novas condições de moagens.

Melhora do preparo de cana

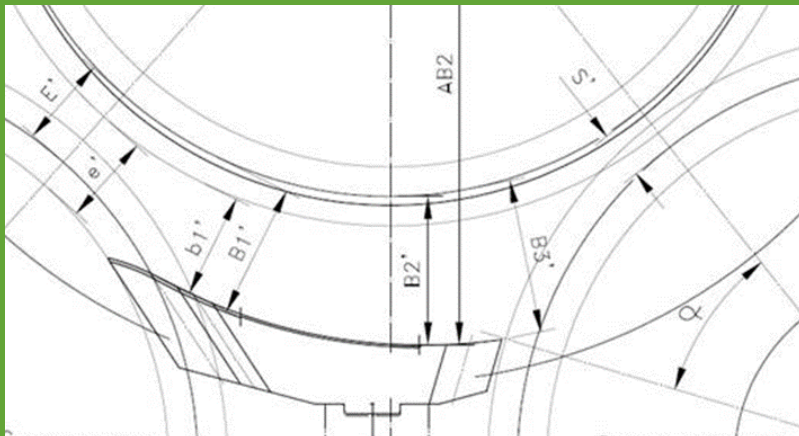
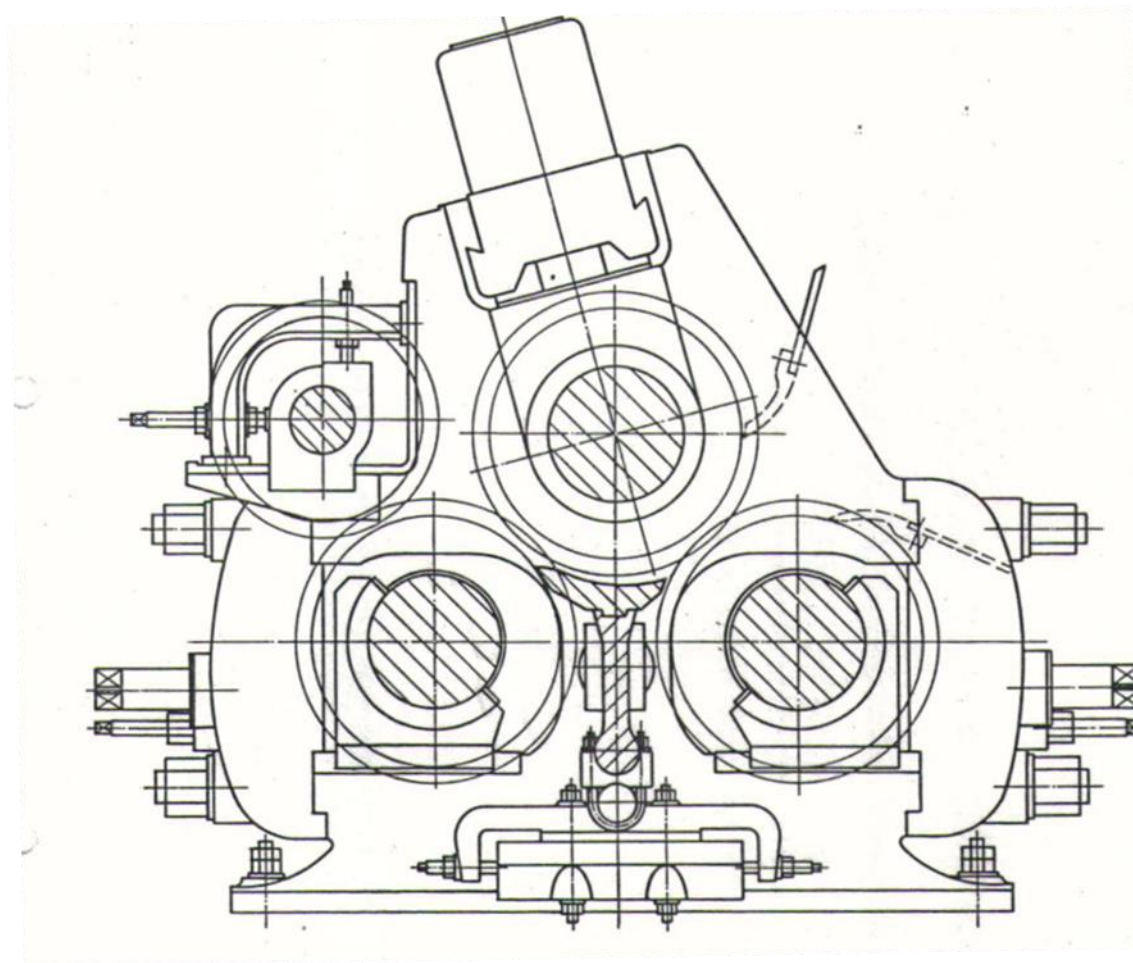
	Rotação Rpm	Diâmetro Externo mm	Veloc. Perif. m/s	Potência Instal. cv/TFH	Índice de Preparo %
COP-5	630	1830	60	32	80/85
COP-10	1000	1800	94,2	50	90/92
DH-1	1000	1778	93,1	50	90/92
TONG/ZANINI	1200	1524	95,7	50	90/92

Cop-5



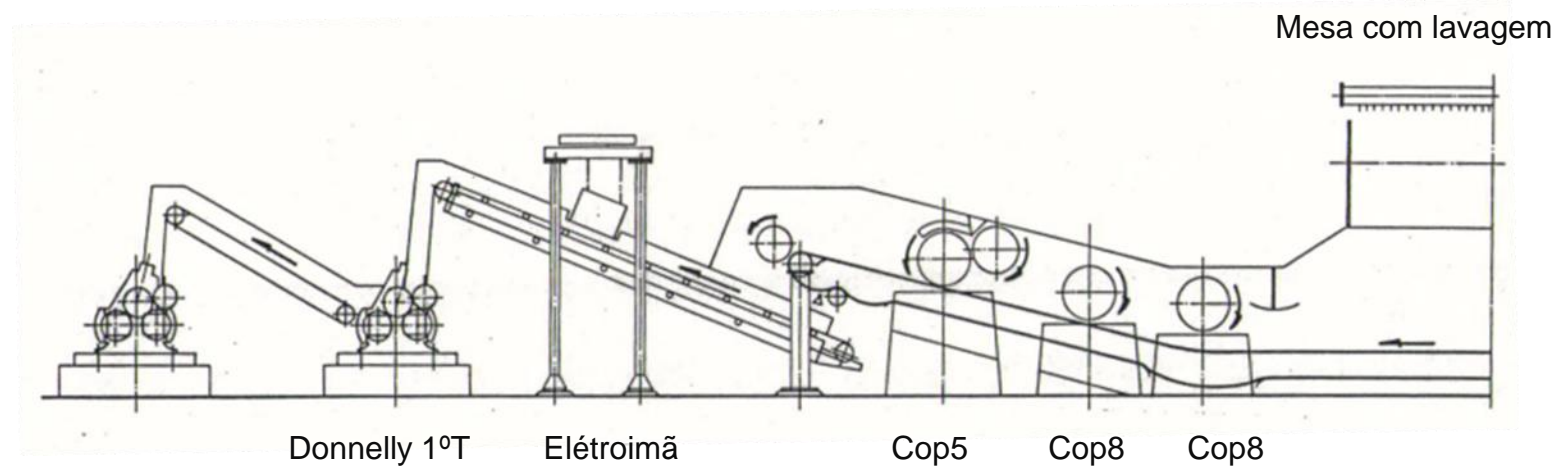
Rolo de Pressão

Alimentação efetiva da moenda

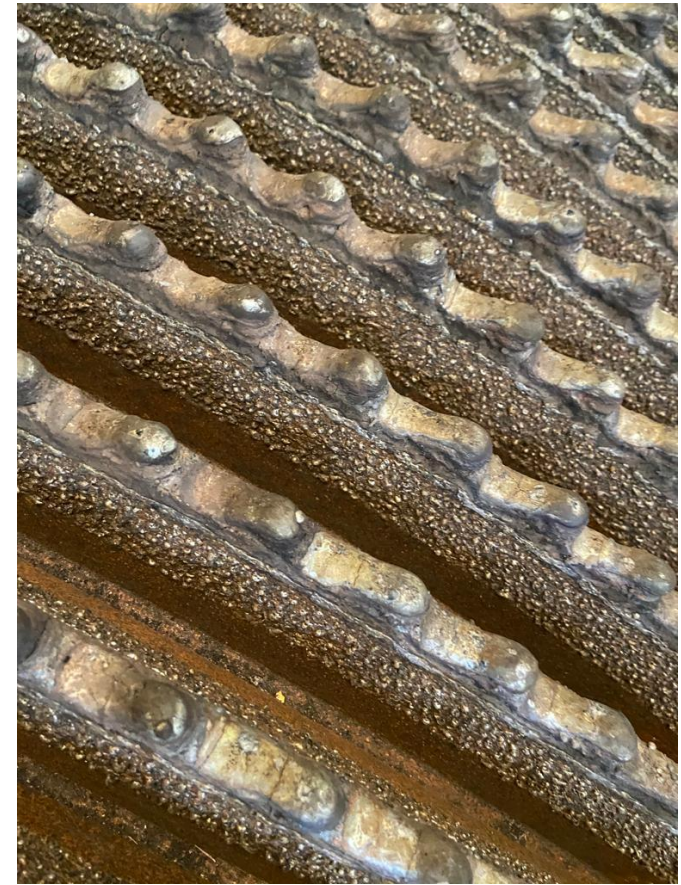
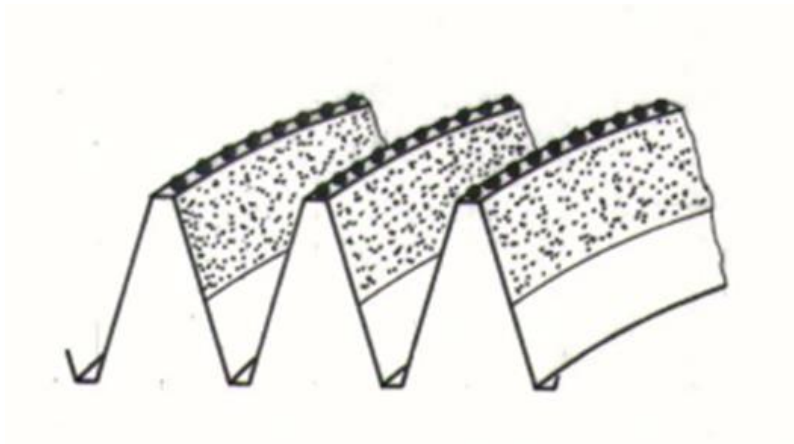


Alimentação de Cana

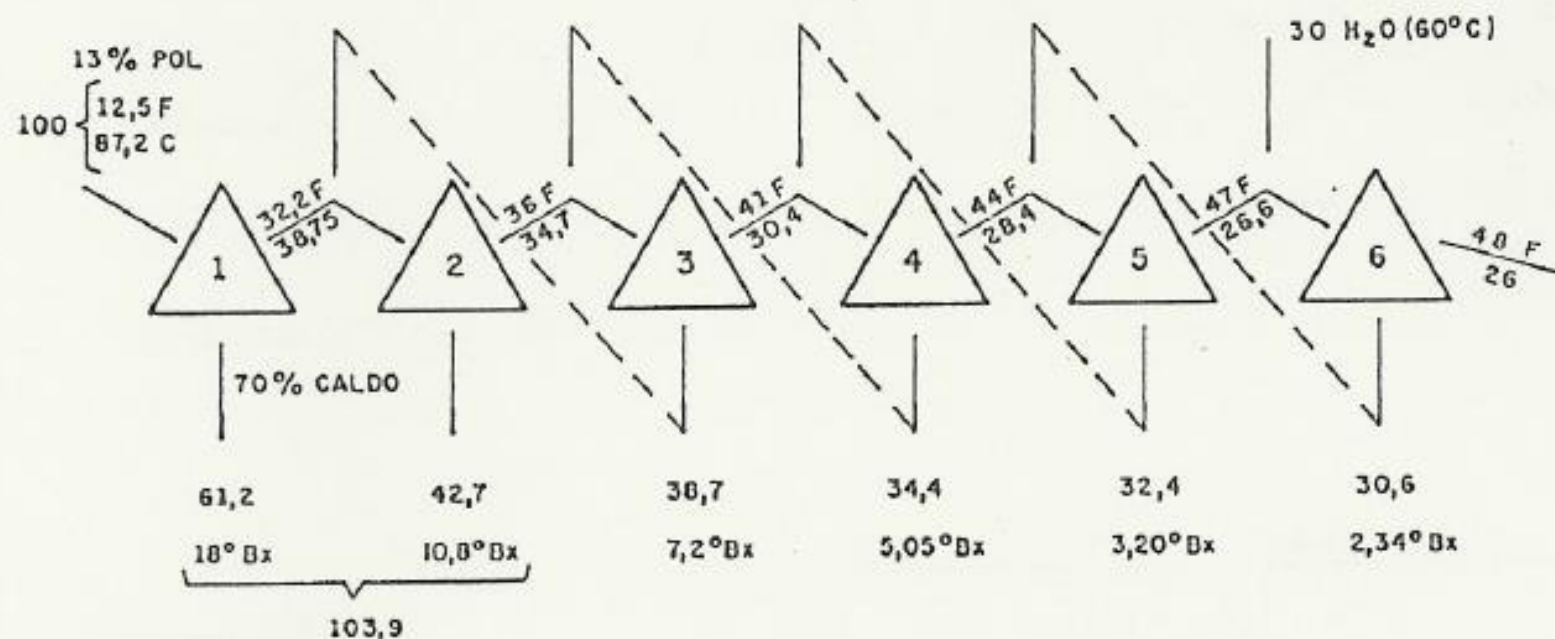
Alimentação efetiva da moenda



Superfície
dos rolos
devidamente
preparadas.



Aumento da taxa de embebição, adotando o tipo Composta.

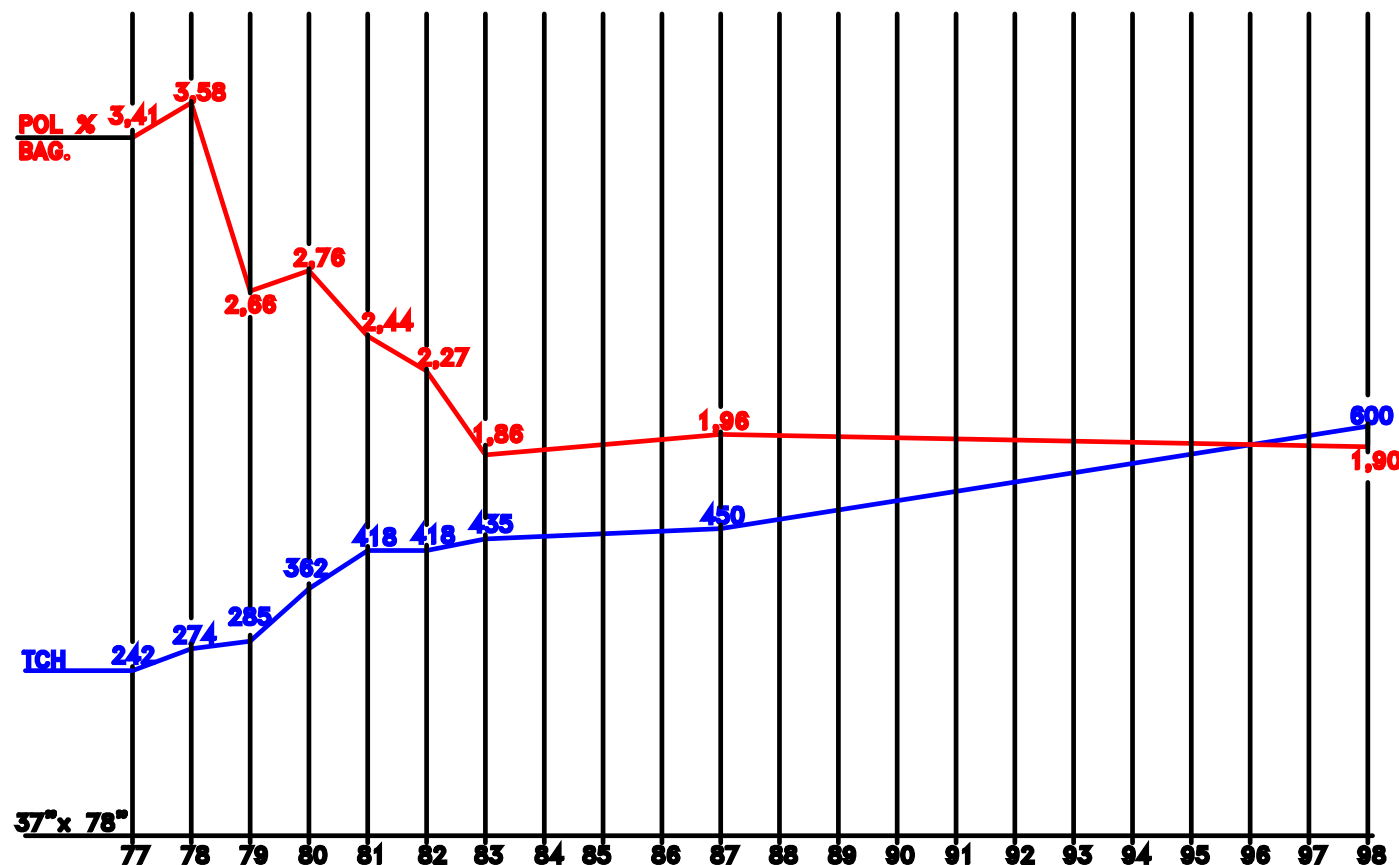


Resultados obtidos de imediato

	Brasil	África do Sul	Austrália	Flórida
Velocidade Periférica (m/min)	18	10	15	25
Relação fibra/volume rolos (kg/h.m ³)	1500	930	1300	1400
Embebição – Água%cana	30	50	30	20
Pol % Bagaço	1,81	0,77	1,8	3,5
Extração	96,4	97,99	96,8	92

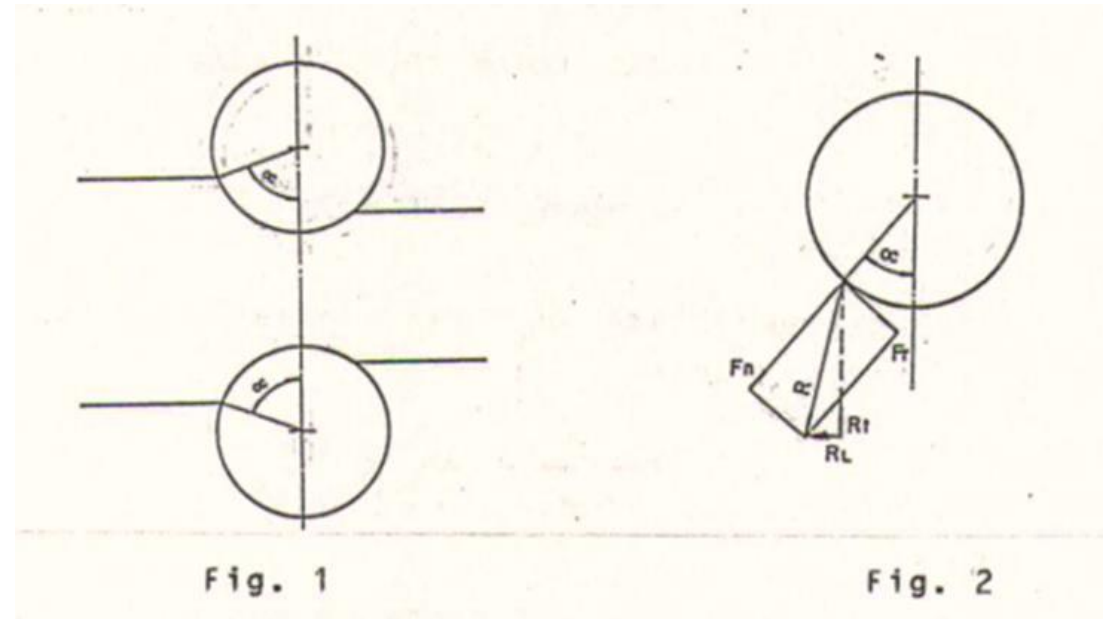
Resultados obtidos de imediato

O gráfico ao lado de uma linha de seis (6) moendas 78" exemplifica bem esse desenvolvimento



Capacidade de moagem

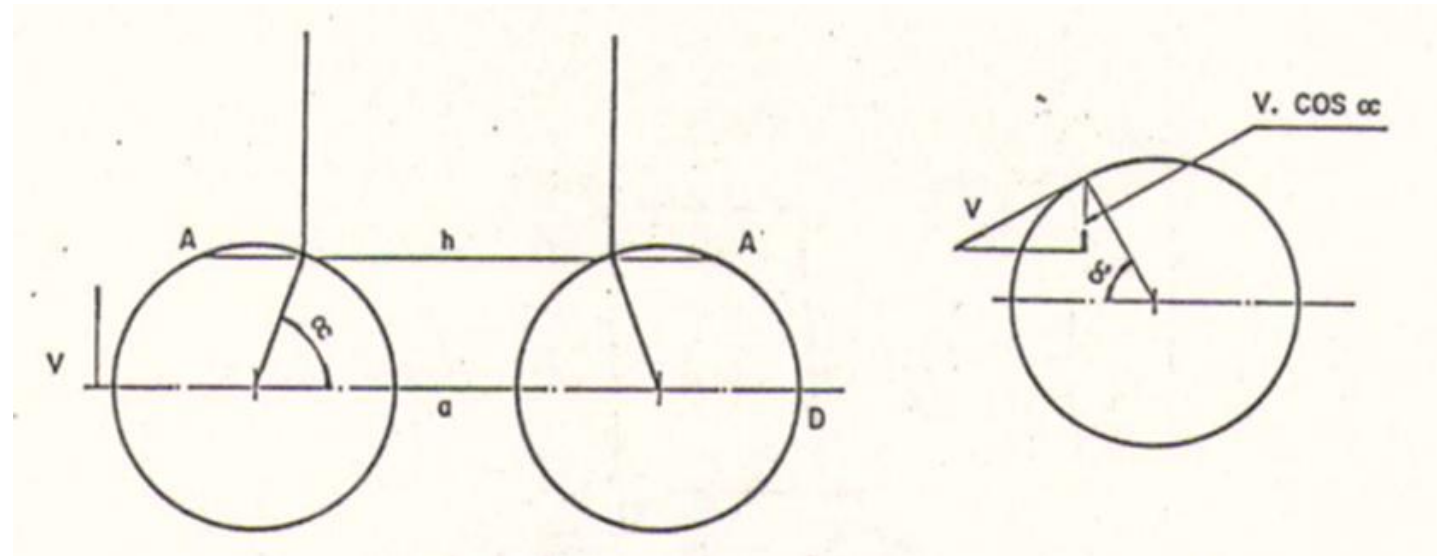
Ângulo de pega



$$\text{tg } \alpha = \mu$$

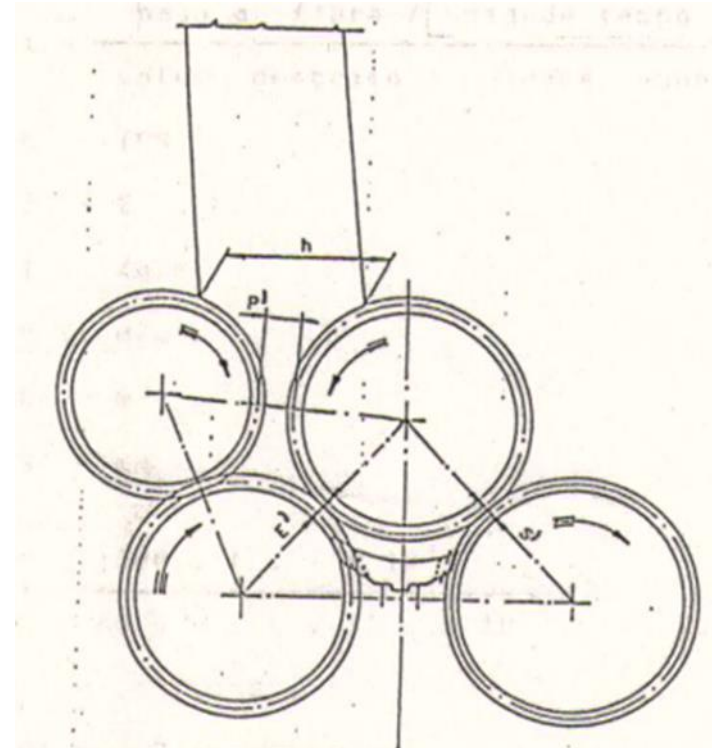
Capacidade de moagem

Condição de máxima
alimentação



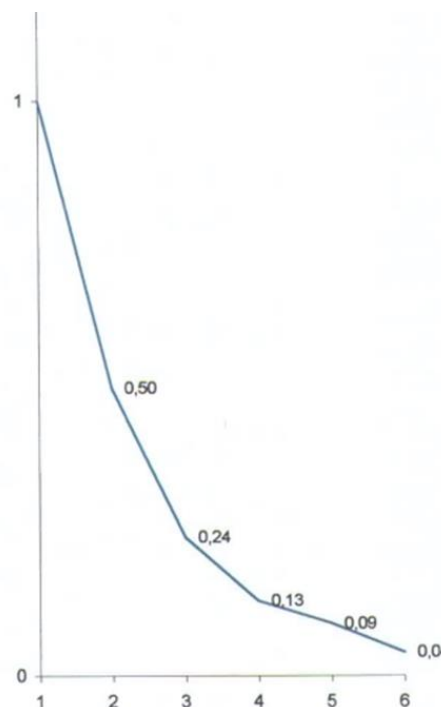
Capacidade de moagem

Geometria da Alimentação



Fatores que influenciam na Extração

- ↓ ↓ rotação
- ↑ embebição % fibra
- ↑ eficiência da embebição
- ↑ pressão hidráulica específica
- ↓ passo dos frisos
- ↓ fator de reabsorção



Moagem: 460 TCH

Moenda: 6 x 37"x78"

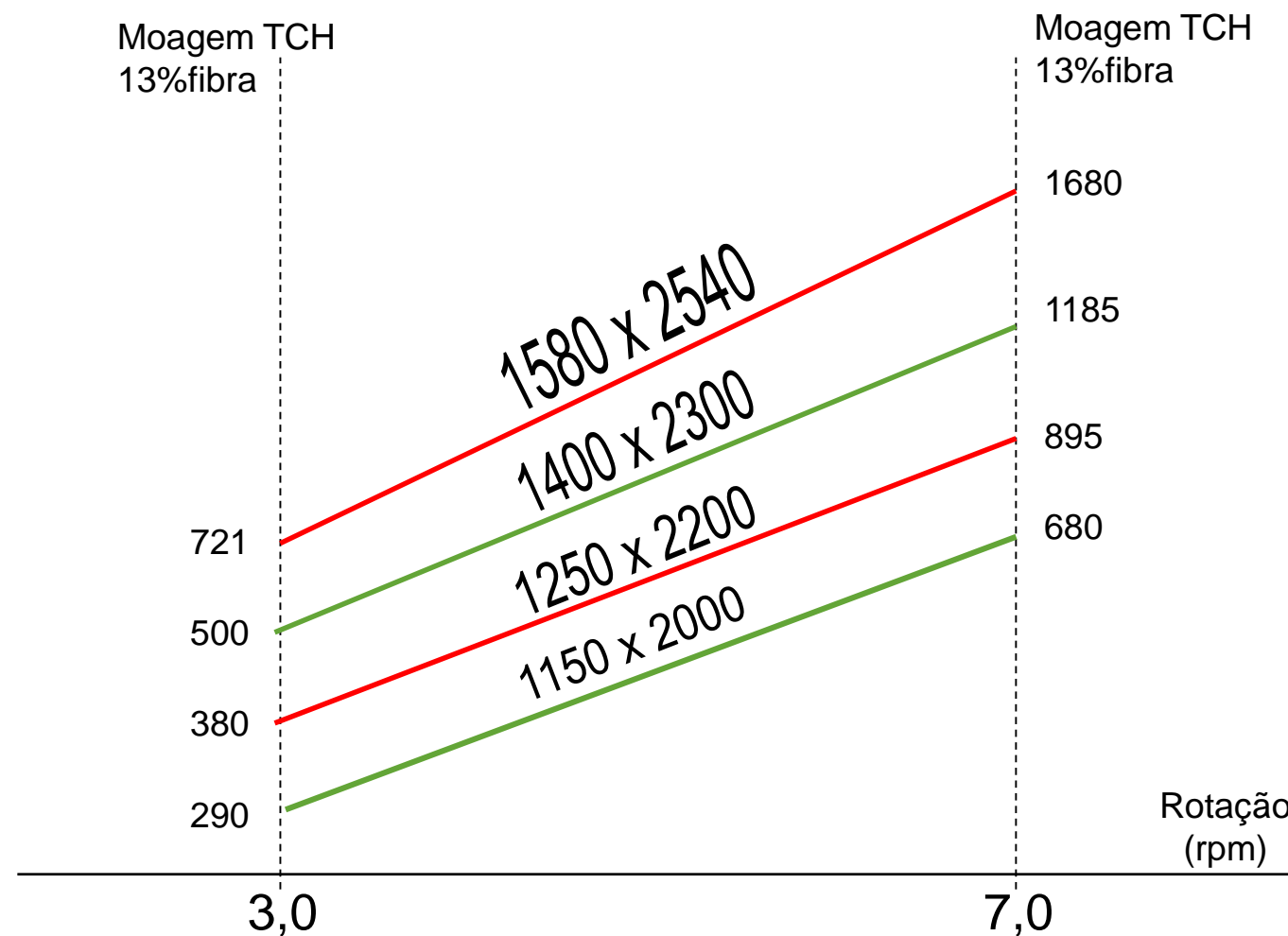
Rotação: 6,0 rpm

Cana: Brix: 19
Pureza: 85%
Pol: 16%
Fibra: 12,5

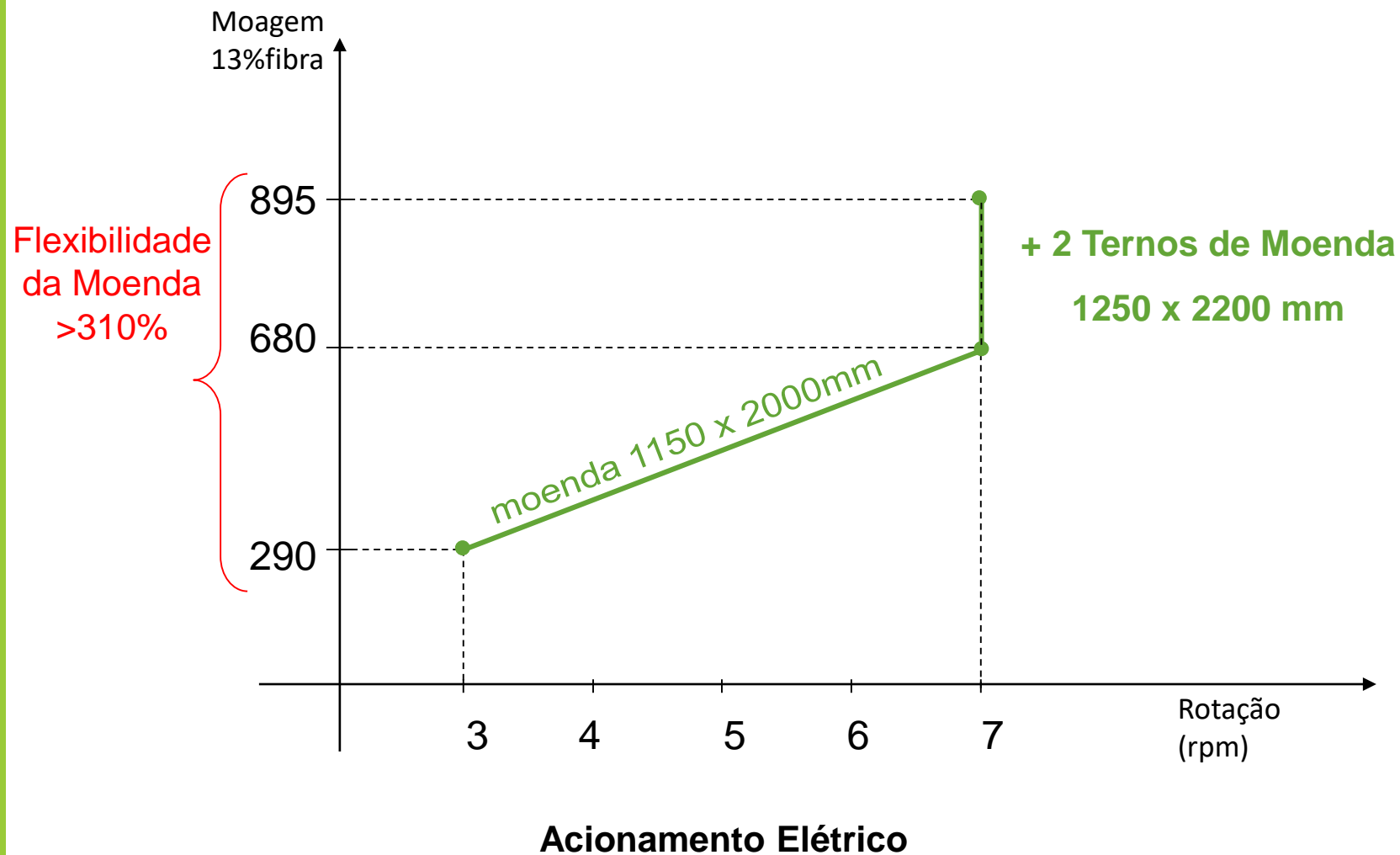
Bagaço: Brix: 2,33
Pureza: 75%
Pol: 1,75
Fibra: 48,4

Extração: 97,2%

Tamanho das moendas e moagem



Composição de Ternos

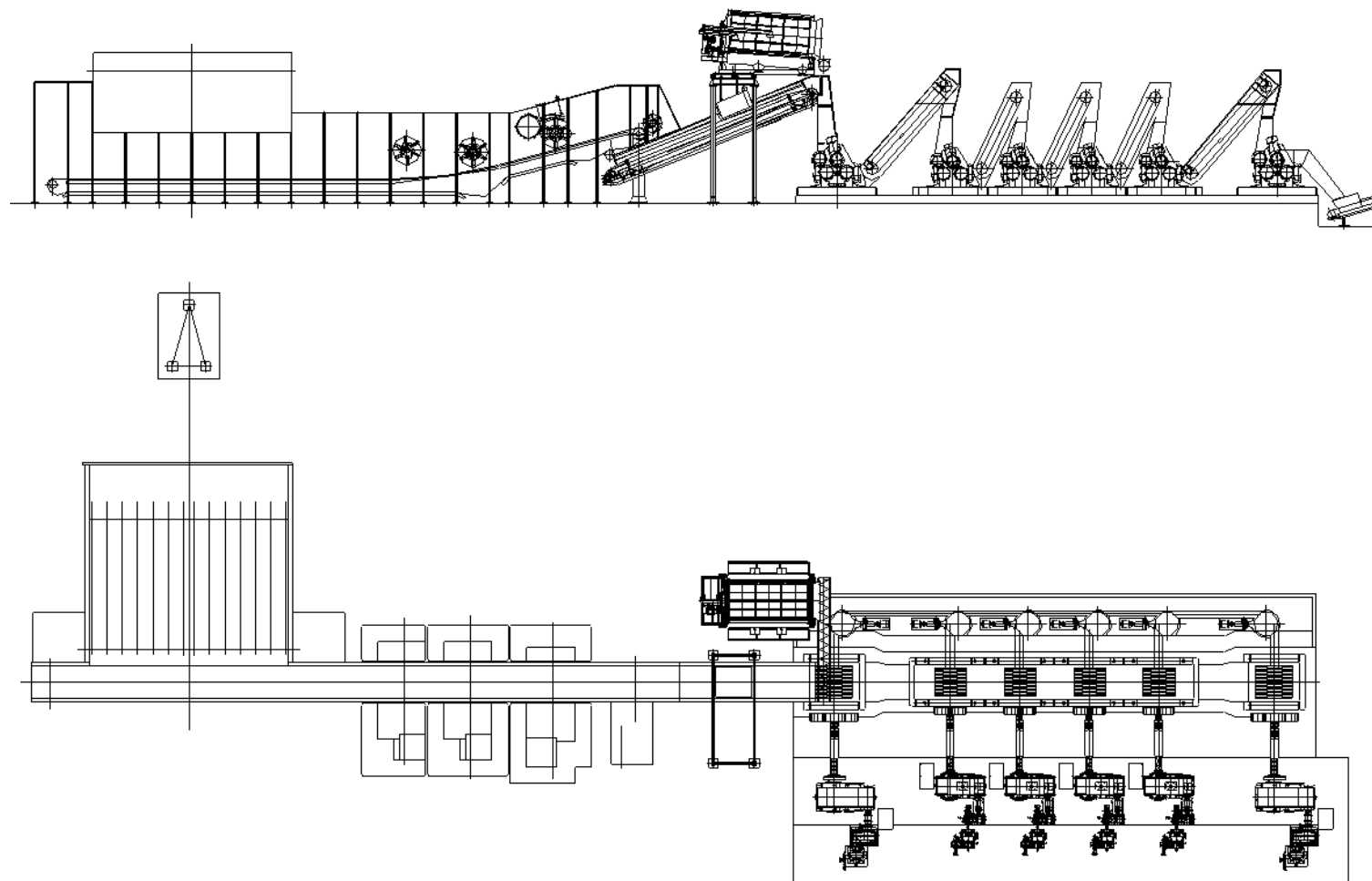


Mandamentos para uma boa moagem e extração

- Rolo superior sempre oscilando.
- Cargas hidráulicas 22,5 a 25 PHE.
- Donnelly 1º terno com mais de 3m de coluna de cana desfibrada.
- Trabalhar com rotação do 1º terno fixa.
- Extração de Caldo%Caldo de Cana no 1º terno superior a 70%, buscar 75%.
- Embebição: água na taxa de 250% fibra a 60°C.
- Soldas do Picote e Chapisco sempre mantidas.
- Preparo de Cana mínimo: 80% OC

Instalação Típica do final dos anos 90

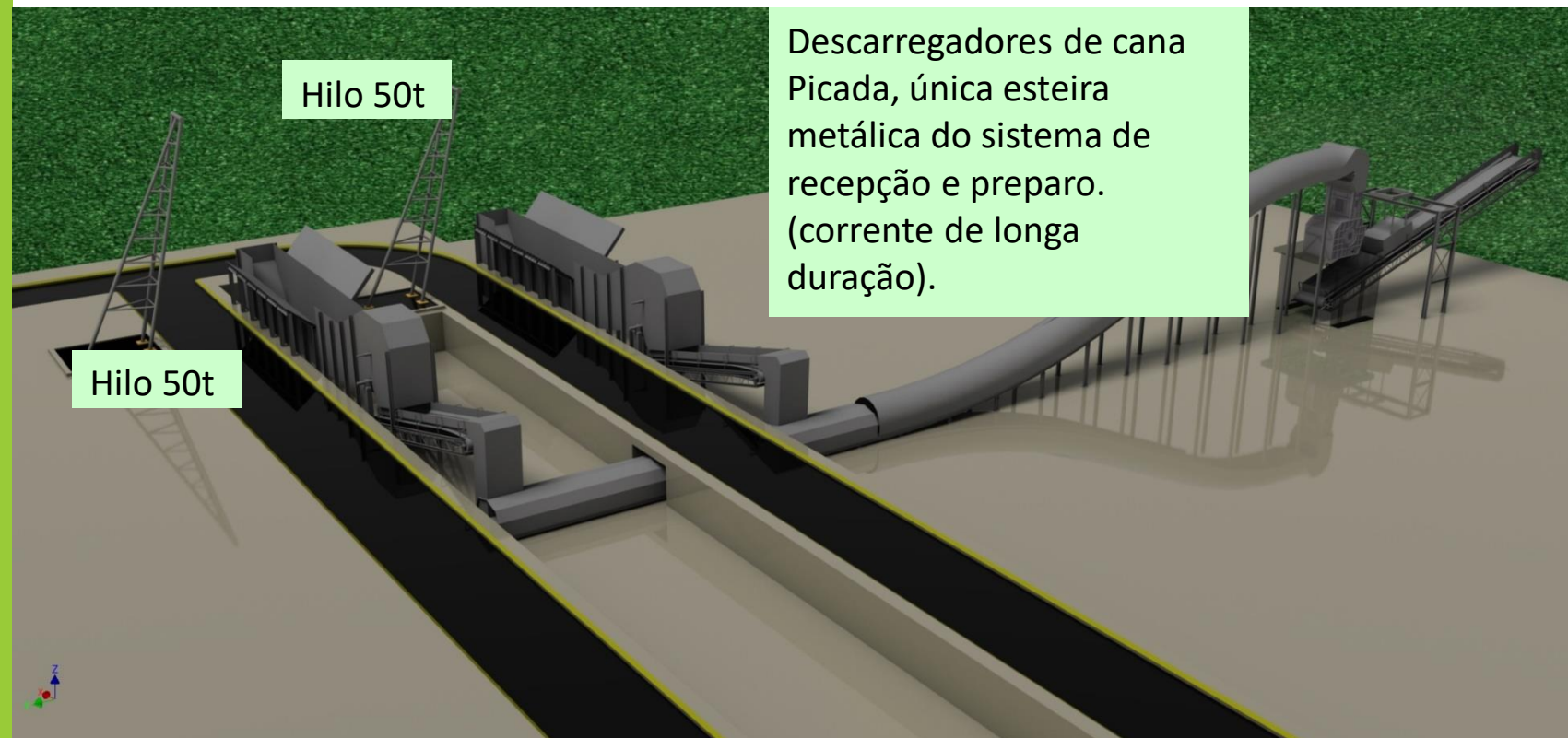
Final dos anos 90



A Partir de
2003
100% cana
picada



A Partir de
2003
100% cana
picada



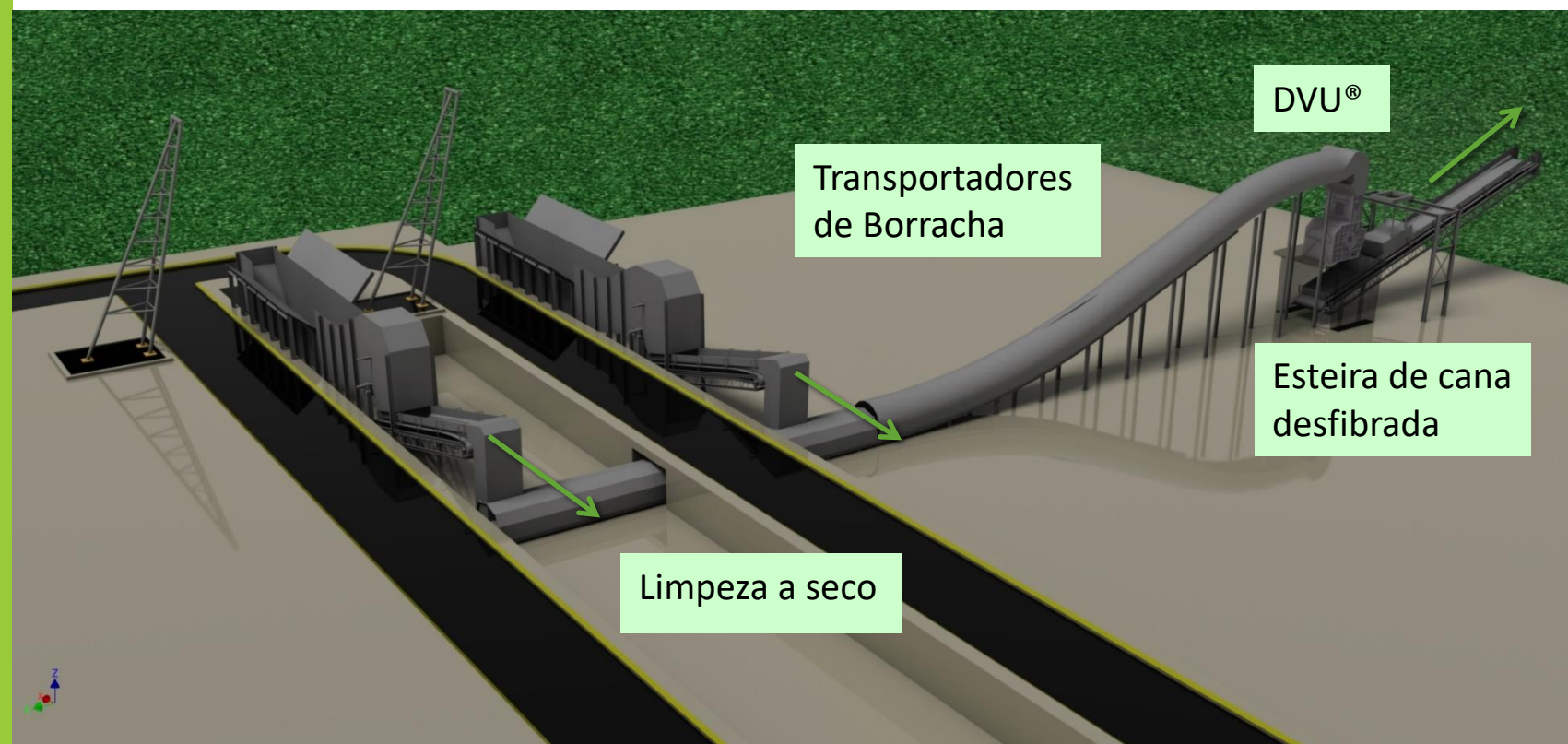
**A Partir de
2003
100% cana
picada**



**A Partir de
2003
100% cana
picada**



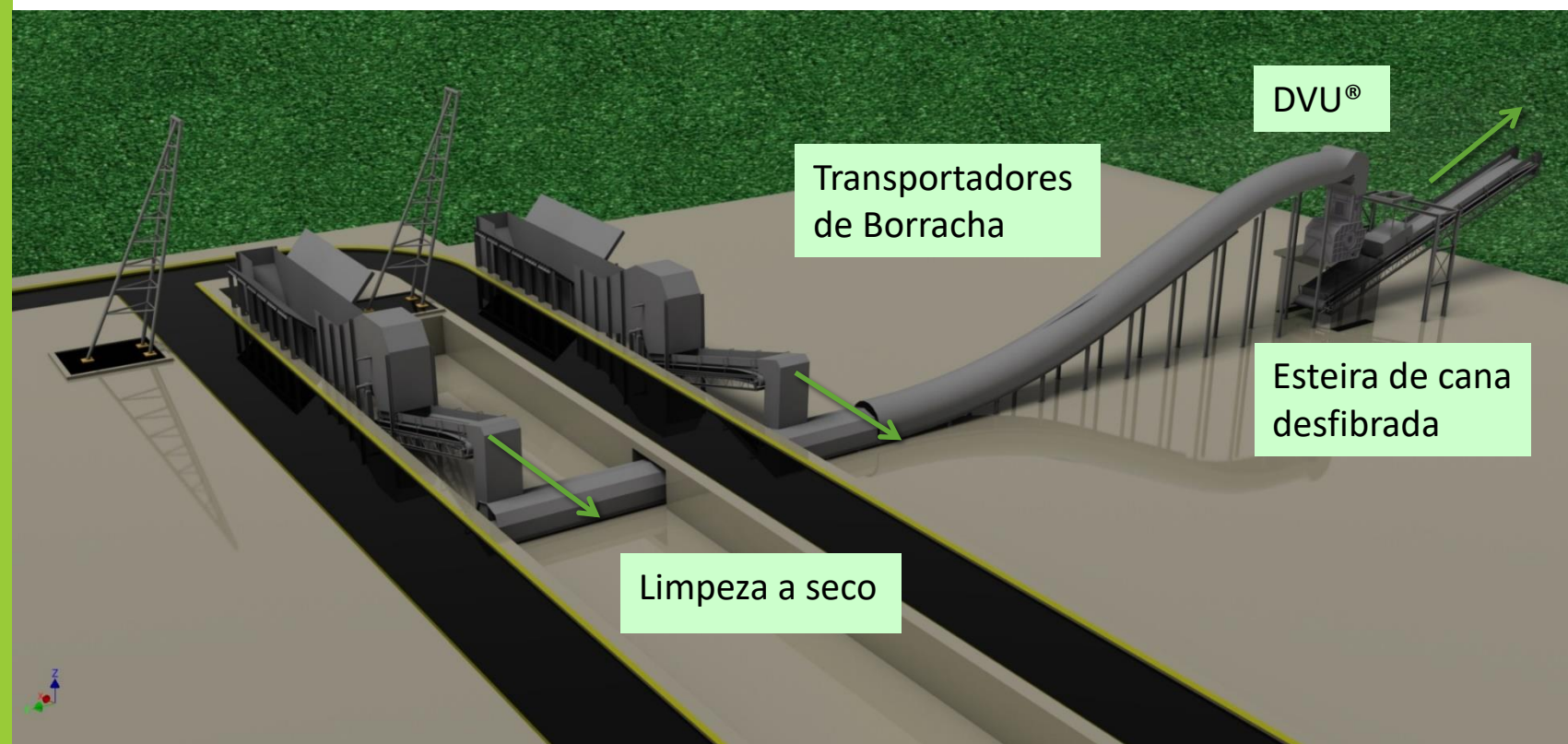
A Partir de
2003
100% cana
picada



**A Partir de
2003
100% cana
picada**



A Partir de
2003
100% cana
picada



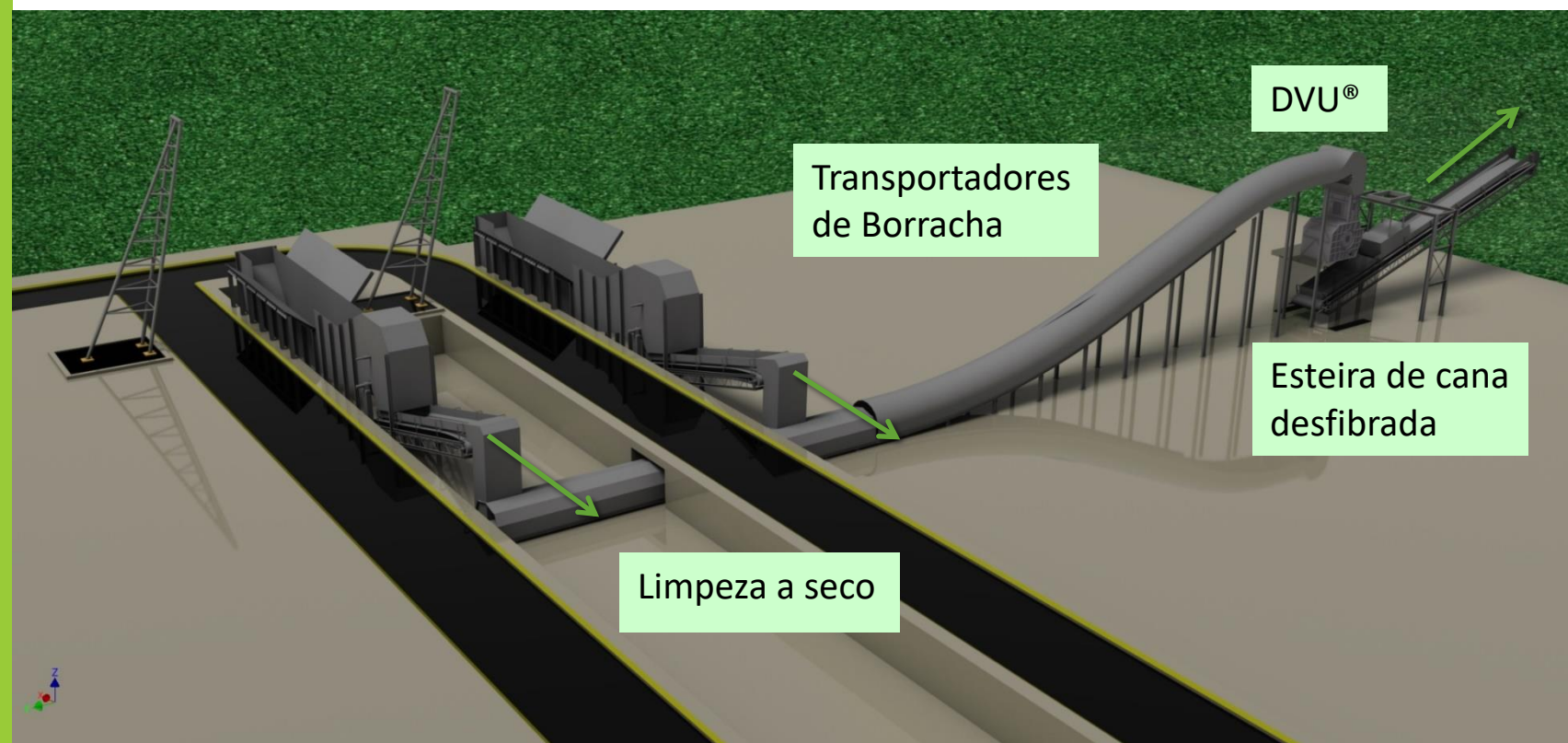
A Partir de
2003
100% cana
picada



A Partir de
2003
100% cana
picada

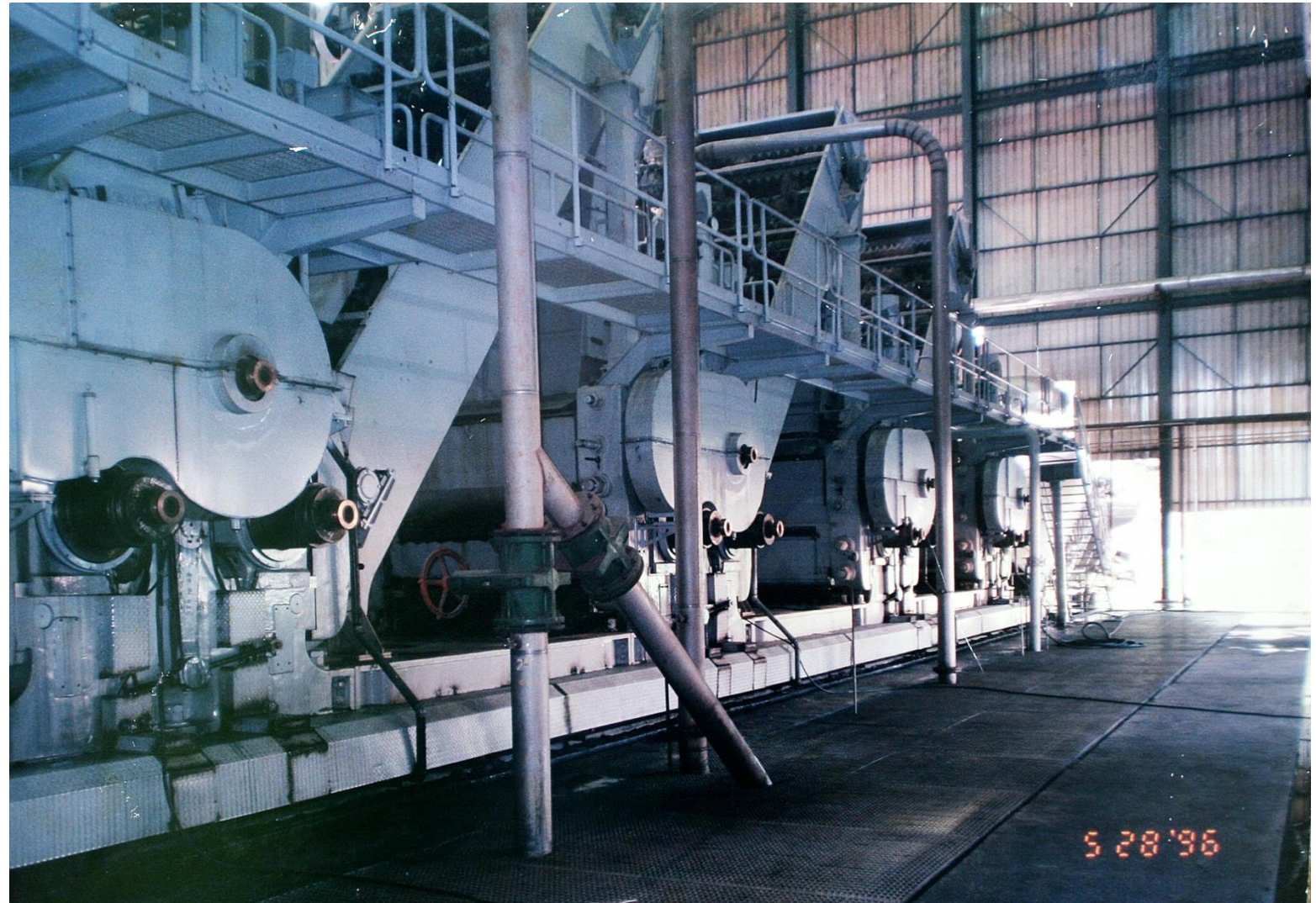


A Partir de
2003
100% cana
picada



1º Geração Moendas Empral

Moenda Castelo Fundido



2º Geração Moendas Empral

Moenda Castelo Fundido



3º Geração Moendas Empral

Moenda Castelo
Caldeirado



3º Geração Moendas Empral

Moenda Castelo
Caldeirado



3º Geração Moendas Empral

Moenda Castelo
Caldeirado



3º Geração Moendas Empral

Moenda Castelo
Caldeirado



3º Geração Moendas Empral

Moenda Castelo
Caldeirado

62"x100"

1580x2540 mm



4º Geração Moendas Empral

Pensamos:

- Com o Desenvolvimento das ferramentas de elementos finitos para cálculos estruturais.
- Com o desenvolvimento da siderurgia a disponibilidade de chapas super grossas, de 10" a 20" de espessura.

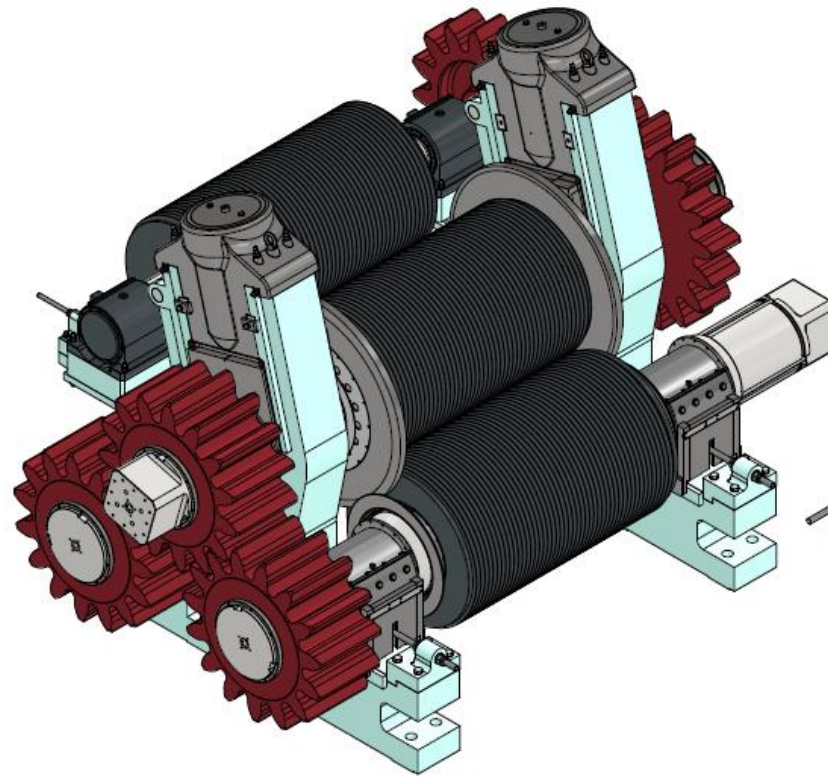
O que poderíamos Fazer de diferente ?

Comparação Castelos das Gerações de Moendas Empral

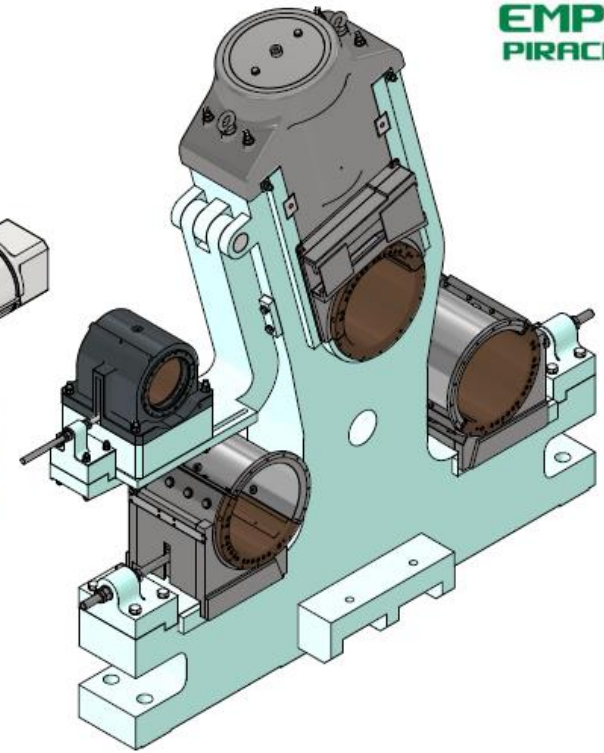
Geração	1ª e 2ª Gerações	3ª Geração	4ª Geração
Fabricante Licenciado	Simisa até 2018	Mausa	?
Construção Castelo	Fundido	Caldeirado	Maciço
Tensões em pontos críticos	-	-15%	-15%
Resistencia mecânica	-	+15%	+15%
Peso Total	100%	92%	80%
Confiabilidade cálculo estrutural. Fabricação. Durabilidade.	Pouco confiável	confiável	muito confiável

4º Geração Moendas Empral

**PATENTE
JÁ
REQUERIDA**



OPEN MILL®



O Legado

Pessoas que merecem ser lembradas como um reconhecimento póstumo, pois sem elas não teria havido o desenvolvimento descrito:

- Jorge Volney Atala
- Pierre Chenu
- Deon Hullet

Obrigado por
seu tempo

Sidnei Brunelli

Diretor da Empral Piracicaba

Ricardo Brunelli

Gerente de engenharia da Empral Piracicaba

secretaria@empralpiracicaba.com