

SEMINÁRIO STAB – FENASUCRO
AGROIDUSTRIAL

“DESEMPENHO DE CALDEIRAS COM PALHA
DE CANA DE AÇÚCAR”

ERICSON MARINO
CONSULTOR
SERTÃOZINHO
28/08/2014

UM “NOVO” COMBUSTÍVEL

- **É SABIDO QUE DO TOTAL DE ENERGIA CONTIDA NA CANA INTEGRAL, 1/3 ESTÁ SOB A FORMA DE AÇÚCARES, 1/3 SOB A FORMA DE FIBRA E 1/3 É REPRESENTADO PELA PALHA DA CANA.**
- **A COLHEITA DA CANA SEM QUEIMA NOS TROUXE A POSSIBILIDADE DE EXPLORARMOS INDUSTRIALMENTE A ENERGIA CONTIDA NA PALHA DA CANA QUE ERA PERDIDA.**
- **A PALHA EM MISTURA COM O BAGAÇO É UM COMBUSTÍVEL COM CARACTERÍSTICAS DIFERENTES DAS DO BAGAÇO QUE ERA ISENTO OU QUASE ISENTO DE PALHA.**
- **OS EFEITOS DESTES “NOVO COMBUSTÍVEL” E A QUEIMA DA PALHA EM CALDEIRAS COMO COMBUSTÍVEL COMPLEMENTAR NA GERAÇÃO DE VAPOR, SÃO OS OBJETIVOS DESTA APRESENTAÇÃO. (TALVEZ SEJA MUITA PRETENSÃO).**

ALGUMAS CONSIDERAÇÕES

- **A PALHA CHEGA À INDÚSTRIA INEVITAVELMENTE COM A CANA COLHIDA SEM QUEIMA. A PALHA CHEGARÁ EM QUANTIDADE, MENOR, DA ORDEM DE 5 A 8 % QUANDO NÃO SE PRETENDE TRAZE-LA DESTA FORMA E EM ATÉ 15 % SOBRE A CANA QUANDO O OBJETIVO FOR PROPOSITAMENTE TRAZE-LA COMO COMBUSTÍVEL SUPLEMENTAR.**
- **JÁ HÁ EM SÃO PAULO VÁRIAS UNIDADES RECOLHENDO A PALHA NO CAMPO APÓS A COLHEITA PARA USO COMO COMBUSTÍVEL SUPLEMENTAR .**
- **A GERAÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA NA ENTRESSAFRA É UMA TENDÊNCIA IRREVERSÍVEL E ISTO EXIGE USO ASSOCIADO DE PALHA E BAGAÇO TANTO DURANTE A SAFRA QUANTO NA ENTRESSAFRA.**

COMO A PALHA CHEGA ÀS USINAS/DESTILARIAS

- **COMO CANA INTEGRAL COLHIDA MANUALMENTE SEM QUEIMA.**
- **MISTURADA AOS TOLETES DE CANA COLHIDA MECANICAMENTE SEM QUEIMA.**
- **RECOLHIDA NO CAMPO APÓS TÉRMINO DA COLHEITA, PRINCIPALMENTE QUANDO A CANA FOI COLHIDA MECANICAMENTE. NESTE CASO A PALHA É ENFARDADA . AO CHEGAR Á INDÚSTRIA OS FARDOS SÃO DESMANCHADOS E A PALHA É TRITURADA EM OPERAÇÃO SIMULTANEA.**

SOB A FORMA DE CANA INTEGRAL INTEIRA





OU CONTIDA NA CANA COLHIDA MECANICAMENTE





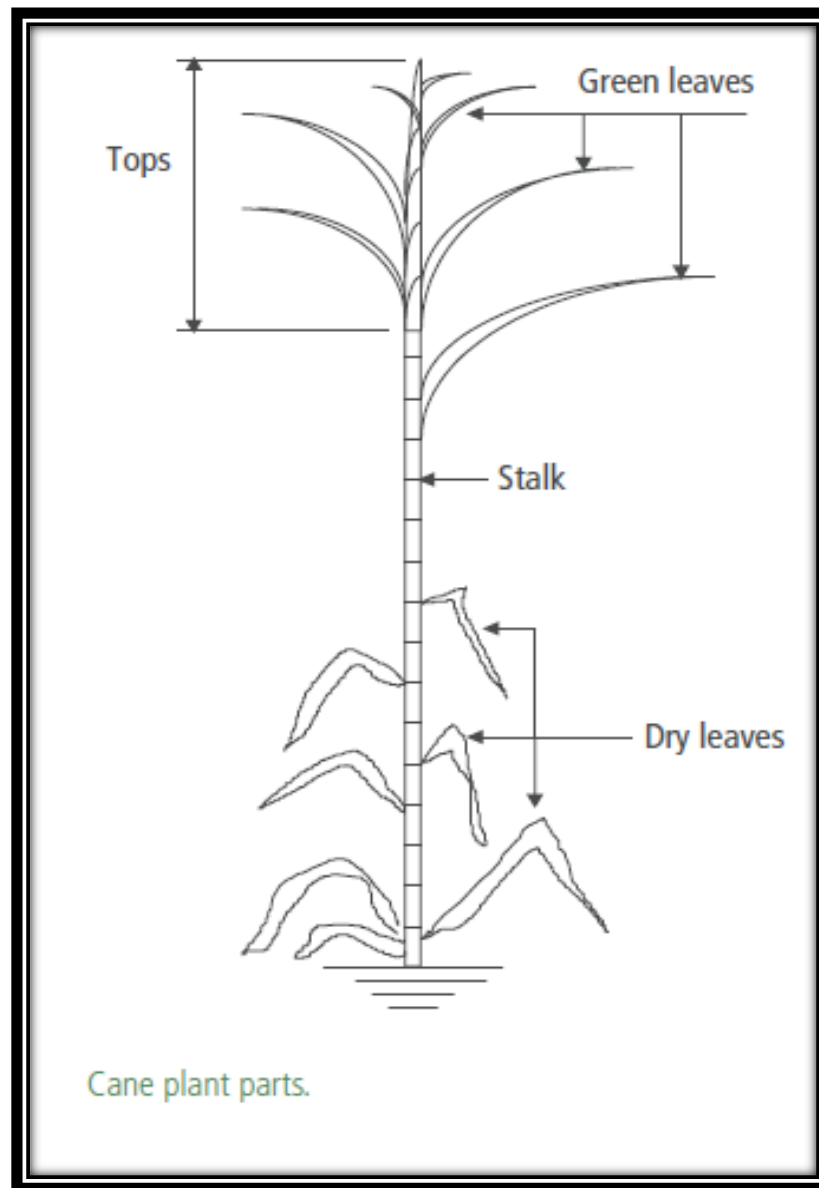
PALHA ENFARDADA



**ALGUMAS COMPARAÇÕES ENTRE BAGAÇO E PALHA
E MISTURAS**

**PORQUE É IMPORTANTE CONSIDERAR A PALHA
COMO COMBUSTÍVEL COMPLEMENTAR**

PARTES DE UM COLMO DE CANA



PALHA NO CAMPO

DEFINIÇÕES

- **PALHA SECA: FOLHAS SECAS E BAINHAS QUE CAEM NATURALMENTE DURANTE O CRESCIMENTO DA CANA - 11,79 (8,23 a 14,01) TMS/HA**
- **FOLHAS VERDES: FOLHAS CONCENTRADAS NO TOPO DO COLMO – PRÓXIMAS AO PONTEIROS - 1,56 (1,25 a 1,93) TMS/HA**
- **PONTEIROS OU PONTA DA CANA: 0,32 (0,17 a 0,49) TMS/HA**
- **PALHIÇO OU PALHADA: É O QUE FICA NO CAMPO APÓS A COLHEITA SEM QUEIMA – 12 A 18 TMS/HA**

COMPARAÇÃO BAGAÇO – PALHA

PODER CALORÍFICO SUPERIOR

FONTE: PNUD-CTC 2005 HASSUANI, J.S. ET ALL

Average Higher Heating Value (ASTM D 2015) for dry leaves, green leaves, tops and bagasse.

Sample	Higher Heating Value MJ/kg*
Dry leaves	17.4
Green leaves	17.4
Tops	16.4
Bagasse	18.1

COMPARAÇÃO BAGAÇO – PALHA

COMPOSIÇÃO % PESO – BASE SECA

FONTE: PNUD-CTC 2005 HASSUANI, J.S. ET ALL

Determination % weight*	Dry leaves	Green leaves	Tops	Bagasse
Moisture content	13.5	67.7	82.3	50.2
Ash	3.9	3.7	4.3	2.2
Fixed carbon	11.6	15.7	16.4	18.0
Volatile matter	84.5	80.6	79.3	79.9

* Dry basis

COMPARAÇÃO BAGAÇO – PALHA

COMPOSIÇÃO % PESO – BASE SECA

FONTE: PNUD-CTC 2005 HASSUANI,J.S. ET ALL

Determination*	Dry leaves	Green leaves	Tops	Bagasse
Carbon	46.2	45.7	43.9	44.6
Hydrogen	6.2	6.2	6.1	5.8
Nitrogen	0.5	1.0	0.8	0.6
Oxygen	43.0	42.8	44.0	44.5
Sulfur	0.1	0.1	0.1	0.1
Chlorine	0.1	0.4	0.7	0.02

* Dry basis

COMPARAÇÃO BAGAÇO – PALHA

ELEMENTOS MINERAIS – BASE SECA

FONTE: PNUD-CTC 2005 HASSUANI, J.S. ET ALL

Determination	Dry leaves	Green leaves	Tops	Bagasse
		Content (g/kg)*		
P ₂ O ₅	0.5	2.0	2.5	0.5
K ₂ O	2.7	13.3	29.5	1.7
CaO	4.7	3.9	2.6	0.7
MgO	2.1	2.2	2.5	0.5
Fe ₂ O ₃	0.9	0.5	0.2	2.3
Al ₂ O ₃	3.5	1.4	0.5	2.3
		Content (mg/kg)*		
CuO	< 0.06	< 0.06	< 0.06	-
ZnO	9	15	35	-
MnO ₂	169	120	155	62
Na ₂ O	123	128	119	45

CARACTERÍSTICAS DO BAGAÇO

FONTE: ENGENHARIA DO AÇÚCAR DE CANA-PETER REIN – 2013 ED.BARTENS

Tabela 27.2: Valores característicos para cinza de bagaço

Constituinte	Brix baixo no bagaço tipicamente 1,5–2,5 %	Brix médio no bagaço tipicamente 2,5–4,0 % em g/100 g cinza	Brix alto no bagaço tipicamente > 4,0 %
SiO ₂	92,80	75,20	54,40
Al ₂ O ₃	3,00	2,70	1,70
Fe ₂ O ₃	0,50	2,60	1,70
TiO ₂	0,01	0,01	0,00
P ₂ O ₅	0,27	1,46	5,02
CaO	0,40	6,90	9,10
MgO	0,70	1,70	4,40
Na ₂ O	0,01	0,60	0,01
K ₂ O	0,70	5,10	13,09
SO ₃	0,50	2,70	8,00
MnO ₂	0,02	0,02	0,04
Perda na ignição e oligoelementos	1,09	0,92	1,73
Total	100,00	100,00	100,00
Temperatura de fusão da cinza - atmosfera redutora em °C			
Temperatura de deformação	> 1 600	1 300	1 190
Temperatura de amolecimento	> 1 600	1 310	1 200
Temperatura hemisférica	> 1 600	1 330	1 210
Temperatura de fluidez	> 1 600	1 400	1 220
Temperatura de fusão da cinza - atmosfera oxidante em °C			
Temperatura de deformação	> 1 600	1 320	1 210
Temperatura de amolecimento	> 1 600	1 330	1 220
Temperatura hemisférica	> 1 600	1 350	1 230
Temperatura de fluidez	> 1 600	1 400	1 240
Cinza em g/100 g de bagaço seco	4,170	4,170	4,170
PCS em kJ/kg – seco	18 658	18 658	18 658
Índice de incrustação JdeK	0,008	0,076	0,241
Índice de incrustação DOE	0,016	0,127	0,293
Índice de incrustação JdeK =	$\frac{(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})}{\text{SiO}_2}$		
Índice de incrustação DOE =	$\frac{1\ 000\ 000}{H_0} \cdot \text{cinza \%} \cdot (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) \%$		
Potencial de Incrustação	Baixo	Médio	Alto
Índice de incrustação JdeK em kg/kg	< 0,1	0,1 a 1,0	> 1,0
Índice de incrustação DOE em kg álcali/GJ	< 0,17	0,17 a 0,34	> 0,34

QUALIDADE DA PALHA SEPARADA

USINA BOA VISTA

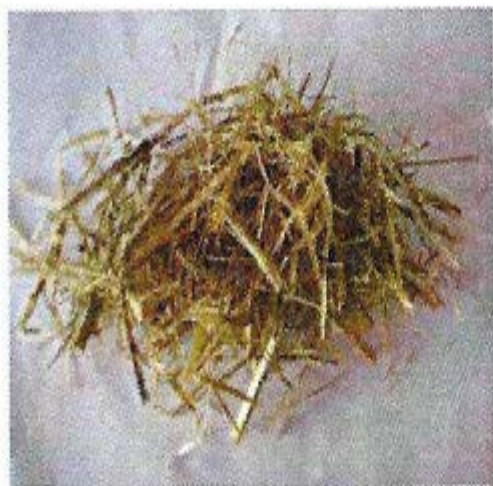
Palha				
DATA	P.AMOSTRA	P.INICIAL	P.FINAL	UMIDADE
07/10/2013	50,01	732,94	704,55	56,77
08/10/2013	50,02	733,34	702,52	61,62
Palmito				
Data	P.AMOSTRA	P.INICIAL	P.FINAL	UMIDADE
07/10/2013	50,03	726,34	690,78	71,08
08/10/2013	50,01	726,23	689,96	72,53
Palha + Palmito				
Data	P.AMOSTRA	P.INICIAL	P.FINAL	UMIDADE
07/10/2013	50,01	764,53	733,43	62,19
08/10/2013	50,01	764,74	733,3	62,87



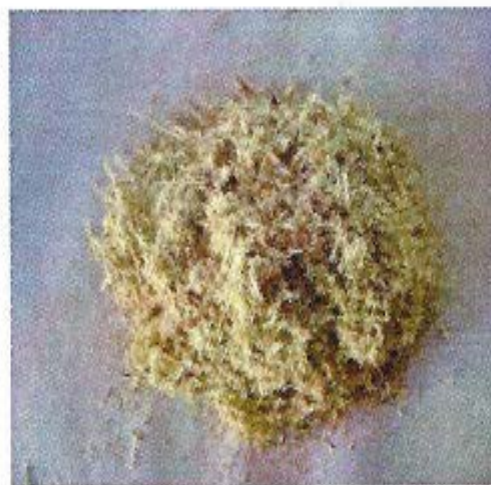
Impurezas Vegetais



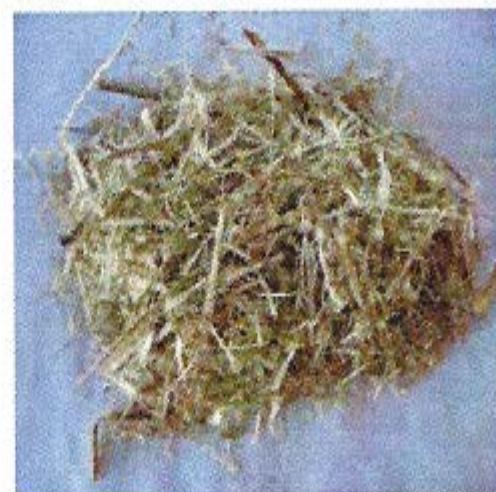
Impurezas Minerais



Palha Triturada



Bagaço



Bagaço + Palha

CARACTERÍSTICAS DA PALHA SOB AS DIFERENTES FORMAS DE APROVEITAMENTO

- **PALHA NÃO SEPARADA E MOÍDA JUNTO COM A CANA.**
- **PALHA SEPARADA POR DIFERENTES SISTEMAS E PREPARADA PARA SER ALIMENTADA ÀS CALDEIRAS.**

QUALIDADE DA PALHA SEPARADA



QUALIDADE DA PALHA SEPARADA E TRITURADA POR UM DOS SISTEMAS DISPONÍVEIS



QUALIDADE DA PALHA SEPARADA POR UM DOS SISTEMAS DISPONÍVEIS



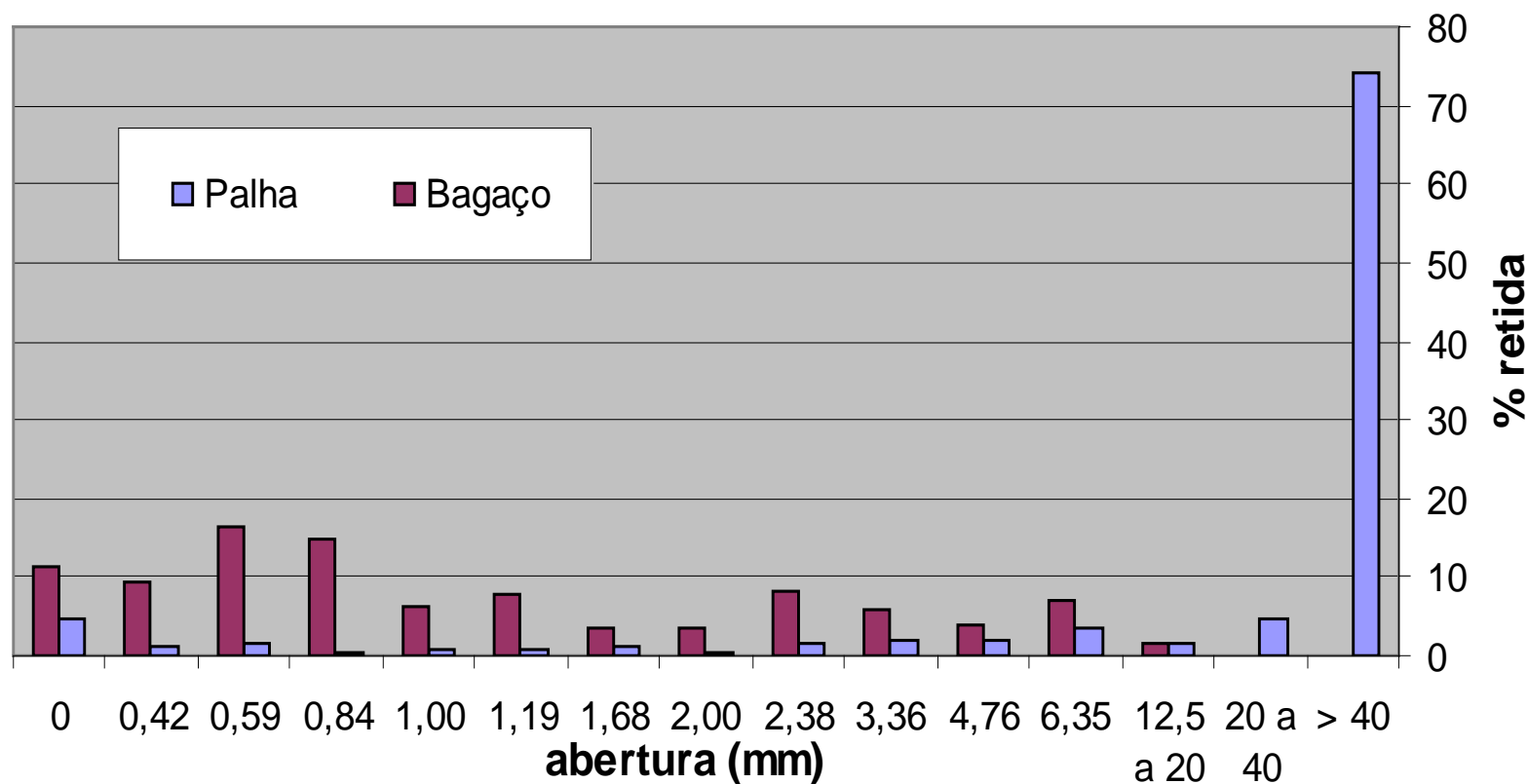
BAGAÇO AO SAIR DA MOENDA

USINA IRACEMA – FOTO ADRIANO ALVARINHO



Preparo da Palha para a Combustão

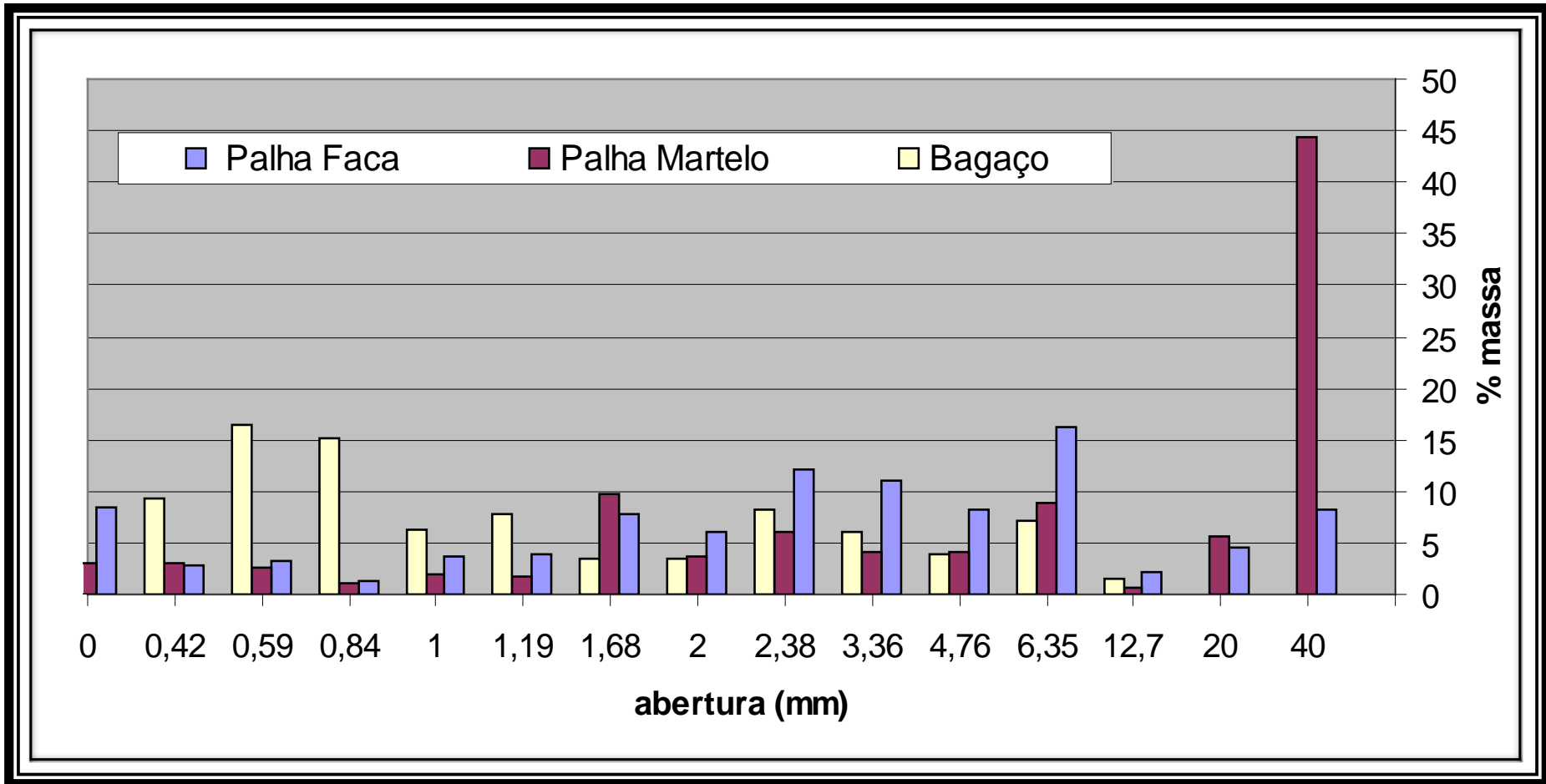
Tamanho das Partículas - Bagaço e Palha “In Natura”



Fonte: CTC – Seminário Tecnologia da Limpeza a Seco - CTC – 17/05/2007

Preparo da Palha para Combustão

Redução do Tamanho das Partículas – Facas X Martelos



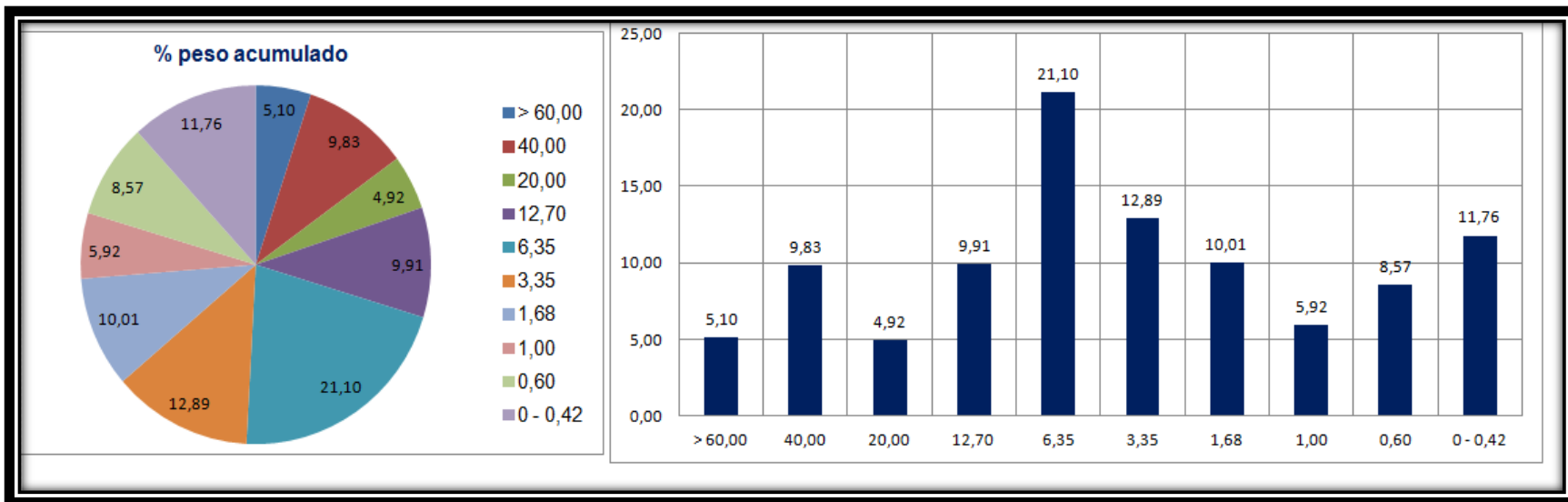
Fonte: CTC Seminário – Tecnologia da Limpeza a Seco - CTC – 17/05/2007

QUALIDADE DA PALHA SEPARADA

Tamanho Médio das Partículas – TMP

Usina Usina Da Barra – Cosan

Fonte: Paulo Delfini



USO DE DIFERENTES TIPOS DE BIOMASSA COMO COMBUSTÍVEL

- **CALDEIRAS E OPERADORES PRECISAM CONHECER AS CARACTERÍSTICAS DOS NOVOS COMBUSTÍVEIS DISPONÍVEIS E CONSIDERANDO A QUEIMA SIMULTÂNEA DE BAGAÇO E PALHA DA CANA.**
- **ESTUDO CUIDADOSO PELOS RESPONSÁVEIS PELA OPERAÇÃO DAS CALDEIRAS NAS USINAS DESTA NOVA REALIDADE.**
- **RECONHECER QUE HÁ NECESSIDADE DE EVOLUÇÃO NA TECNOLOGIA PARA USO DE COMBUSTÍVEIS DO TIPO “BIOMASSA”.**
- **CONHECER AS LIMITAÇÕES DOS SISTEMAS DE QUEIMA QUE PREDOMINAM NAS USINAS – CALDEIRAS COM GRELHAS E ANÁLISE DE ALTERNATIVAS NA DEFINIÇÃO DO TIPO DE FORNALHA A SER ADOTADO FERTE A ESTA REALIDADE.**

ASPECTOS A DESTACAR NA COMBUSTÃO DESTE “NOVO COMBUSTÍVEL”

- **DOSAGEM DE MATERIAL MULTIDISPERSO E COM AMPLA VARIAÇÃO DE GRANULOMETRIA, TAMANHO E FORMA DAS PARTÍCULAS E BAIXA DENSIDADE.**
- **A DENSIDADE DA IMPUREZA VEGETAL PODE VARIAR ENTRE 50 E 90 kg/m³.**
- **A DENSIDADE DO BAGAÇO PODE VARIAR ENTRE 100 E 130 kg/m³.**
- **A DENSIDADE DA MISTURA BAGAÇO/PALHA SERÁ RESULTANTE DAS PROPORÇÕES DA MISTURA PRATICADA.**
- **SEGUNDO FABRICANTES CONSULTADOS, OS SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO, COM ALGUMAS ADAPTAÇÕES, PODERIAM ALIMENTAR MISTURAS COM ATÉ 50 % DE PALHA, DESDE QUE ESTA PALHA ESTEJA BEM PREPARADA.**
- **COM OS SISTEMAS DE ALIMENTAÇÃO EXISTENTES NÃO É POSSÍVEL ALIMENTAR A CALDEIRA SÓ COM PALHA. SERIA DIFÍCIL MANTER A CARGA TÉRMICA NECESSÁRIA PARA GARANTIR A PRODUÇÃO DE VAPOR NA CAPACIDADE NOMINAL DA CALDEIRA.**

ASPECTOS A DESTACAR NA COMBUSTÃO DESTE “NOVO COMBUSTÍVEL”

- **COM O AUMENTO DAS IMPUREZAS MINERAIS HÁ NECESSIDADE DE MAIOR FREQUÊNCIA NA LIMPEZA DAS GRELHAS. AS GRELHAS EXISTENTES SÃO DIMENSIONADAS PARA REMOÇÃO DOS TEORES DE CINZAS NORMALMENTE CONTIDOS BAGAÇO TRADICIONAL, OU SEJA, O QUE CONTÉM EM TORNO DE 2,0 A 2,5 % EM BASE SECA.**
- **A PALHA PODE CONTER O DOBRO DESTE VALOR, OU SEJA, 4,0 A 5,0 % EM BASE SECA.**
- **O PROBLEMA COM ALTOS TEORES DE CINZAS É O ABAIXAMENTO DO PONTO DE FUSÃO QUE COMPONENTES MINERAIS PRINCIPALMENTE, Na, K, Ca e Mg e FÓSFORO PRODUZEM SOBRE A SÍLICA.**
- **A PULVERIZAÇÃO DA SÍLICA SOBRE OS ECONOMIZADORES E TUBOS DO ‘BOILER BANK’ MAIS EXPOSTOS PROVOCA INCRUSTAÇÕES.**

ASPECTOS A DESTACAR NA COMBUSTÃO DESTE “NOVO COMBUSTÍVEL”

- **EXEMPLO: NA CALDEIRA DA USINA BOA VISTA COM CAPACIDADE PARA 250 TVH, A CAPACIDADE DE REMOÇÃO DE CINZAS PELA GRELHA PIN-HOLE É DE 5 t/h. CONFORME INFORMAÇÃO DA CALDEMA, FABRICANTE DAS 2 CALDEIRAS LÁ INSTALADAS.**
- **“BAGAÇO” RESULTANTE DA MOAGEM COM 15 % DA PALHADA:
PRODUÇÃO DE VAPOR: 250 TVH. CINZAS POR HORA: 1.030 kg/h.**
- **“BAGAÇO” COM MISTURA DE 50 % DA PALHADA E 50 % DE BAGAÇO:
PRODUÇÃO DE VAPOR: 250 TVH. CINZAS POR HORA: 1.910 kg/h.**
- **EM AMBAS AS SITUAÇÕES A GRELHA PIN-HOLE CONSEGUE ELIMINAR AS CINZAS GERADAS NA FORNALHA, CUJA CAPACIDADE É DE 5.000 kg/h.**

ASPECTOS A DESTACAR NA COMBUSTÃO DESTE “NOVO COMBUSTÍVEL”

- **COM O AUMENTO DAS IMPUREZAS MINERAIS HÁ NECESSIDADE DE MAIOR FREQUÊNCIA NA LIMPEZA DAS GRELHAS. AS GRELHAS EXISTENTES SÃO DIMENSIONADAS PARA REMOÇÃO DE TEORES DE CINZAS NORMALMENTE CONTIDOS BAGAÇO TRADICIONAL, OU SEJA O QUE CONTÉM EM TORNO DE 2,0 A 2,5 % EM BASE SECA.**
- **A PALHA PODE CONTER O DOBRO DESTE VALOR, OU SEJA, 4,0 A 5,0 % EM BASE SECA.**
- **CO MO EXEMPLO, PARA CALDEIRA DA USINA BOA VISTA COM CAPACIDADE PARA 250 TVH, A CAPACIDADE DE REMOÇÃO DE CINZAS PELA GRELHA PIN-HOLE É DE 5 TON./H.**
- **O AUMENTO DAS IMPUREZAS VEGETAIS NA CANA LEVA AO AUMENTO DO TEOR DE CINZAS E DE CLORO NO BAGAÇO.**

ASPECTOS A DESTACAR NA COMBUSTÃO DESTE “NOVO COMBUSTÍVEL”

- OS TEORES DE CLORO NO BAGAÇO SEM PALHA NÃO SÃO ALTOS A PONTO DE CAUSAR SÉRIOS DANOS À CALDEIRA.
- OS TEORES DE CLORO NA PALHADA SÃO ELEVADOS E PROPORÇÕES ELEVADAS DE PALHA NA MISTURA BAGAÇO/PALHA PODEM ULTRAPASSAR OS LIMITES RECOMENDADOS.
- A CORROSÃO A QUENTE QUE OS CLORETOS PROVOCAM É A QUE DEVE SER CONSIDERADA.
- OS PONTOS PRINCIPAIS DE CUIDADOS SÃO: A PARTE INFERIOR DA FORNALHA, ONDE A TEMPERATURA DOS GASES É MAIS ALTA E A TEMPERATURA DE METAL DOS TUBOS MAIS BAIXA E O SUPERAQUECEDOR ONDE A TEMPERATURA DOS GASES É MAIS BAIXA, PORÉM A TEMPERATURA DO METAL É MAIS ALTA.
- A PRÁTICA TEM MOSTRADO QUE UM TEOR DE CLORETOS $\leq 0,05\%$, BASE SECA, COMO MÉDIA DA MISTURA DE COMBUSTÍVEIS, NÃO TEM APRESENTADO OCORRÊNCIAS DE CORROSÃO NA FORNALHA E/OU SUPERAQUECEDOR.

ASPECTOS A DESTACAR NA COMBUSTÃO DESTE “NOVO COMBUSTÍVEL”

- **COM TEOR MAIOR DE CLORETOS NO MIX DE COMBUSTÍVEIS, A VIDA ÚTIL COMEÇA A SER AFETADA.**
- **COM TEOR DE CLORETOS EM TORNO DE 0,3%, BASE SECA, PRATICAMENTE NÃO HAVERÁ PROBLEMAS RELEVANTES NA FORNALHA. (CLORO: FOLHAS SECAS – 0,1%; FOLHAS VERDES – 0,4% E PONTEIROS - 0,7%).**
- **INSPEÇÕES ANUAIS NA ÁREA DA FORNALHA IDENTIFICARÃO POSSÍVEIS ATAQUES CORROSIVOS E PODERÁ SER FEITA PROTEÇÃO ESPECIAL NESTAS ÁREAS COM REFROTÁRIOS OU COM APLICAÇÃO DE METAL ESPECÍFICO EM ‘OVERLAY’. PORÉM, O SUPERAQUECEDOR JÁ COMEÇA A SOFRER, SENDO ESPERADA SUA SUBSTITUIÇÃO ENTRE 7 E 10 ANOS.**
- **COM TEOR DE CLORETOS EM TORNO DE 0,8%, BASE SECA, A VIDA ÚTIL DA FORNALHA PODE SE REDUZIR ENTRE 80% E 90% DA SUA VIDA ÚTIL NORMAL, COM O APARECIMENTO DE ÁREAS DE CORROSÃO QUE PODERÃO SER MITIGADAS CONFORME SUGESTÃO ANTERIOR. JÁ O SUPERAQUECEDOR SECUNDÁRIO SOFRERÁ UM ATAQUE MAIS SEVERO, PODENDO SER NECESSÁRIA SUA SUBSTITUIÇÃO ENTRE 3 E 5 ANOS.**

ASPECTOS A DESTACAR NA COMBUSTÃO DESTE “NOVO COMBUSTÍVEL”

- **A VELOCIDADE DOS GASES NO SUPERAQUECEDOR E O ARRASTE DE MATERIAL PARTICULADO DEVEM MERECEER ATENÇÃO ESPECIAL NO PROJETO DA CALDEIRA POIS A EROSÃO PROVOCADA PELO MATERIAL ABRASIVO POTENCIALIZA O ATAQUE AOS TUBOS DO SUPERAQUECEDOR. O SISTEMA DE SEPARAÇÃO DE PARTICULADOS DOS GASES EXAUSTOS TAMBÉM FICA SOBRECARRREGADO.**
- **NA COMPRA DE UMA NOVA CALDEIRA AS ESPECIFICAÇÕES DEVEM CONSIDERAR PROJETOS COM BAIXAS VELOCIDADES DOS GASES E ARRANJOS ADEQUADOS DOS SUPERAQUECEDORES, NOS QUAIS A DIREÇÃO DO FLUXO DE VAPOR E O ESPAÇAMENTO ENTRE AS SERPENTINAS MINIMIZEM ESTAS OCORRÊNCIAS.**
- **DEVE SER CONSIDERADO QUE ESTES CUIDADOS AUMENTAM O CUSTO INICIAL DA CALDEIRA MAS CONTRIBUEM PARA REDUÇÃO SENSÍVEL NO CUSTO DE MANUTENÇÃO E NO PROLONGAMENTO DA VIDA ÚTIL DE PARTES IMPORTANTES DO EQUIPAMENTO.**

RESUMO DOS PRINCIPAIS ITENS

- **DENSIDADE DA MISTURA PALHA/BAGAÇO: ATÉ 50% SEM PROBLEMAS. ALIMENTADORES ATUAIS SÃO SUFICIENTES E PODEM SER MELHORADOS.**
- **QUANTIDADE DE CINZAS: SEM PROBLEMA PARA AS GRELHAS COMUNS ATÉ 50%.**
- **RISCOS DE PROBLEMAS CAUSADORES DE 'SLAGGING' E 'FOULING' REDUZIDOS COM CUIDADOS EM PROJETOS NOVOS E NA OPERAÇÃO DE CALDEIRAS EXISTENTES.**
- **RISCOS DE DESGASTE PREMATURO DAS PARTES INTERNAS DAS CALDEIRAS POR ABRASÃO, CORROSÃO E EROSÃO. SÃO OS QUE DEVEM SER MONITORADOS COM MAIOR CUIDADO DEVIDO AO AUMENTO DO CONTEÚDO NO BAGAÇO DE IMPUREZAS MINERAIS – SOLO/TERRA DE MODO GERAL.**
- **RISCO DE CORROSÃO INTENSIFICADA NA REGIÃO MAIS FRIA DA CALDEIRA: 'PRÉ-AR' 'ECONOMIZADOR' E 'LAVADOR DE GASES' PELA PRODUÇÃO DE ÁCIDOS ORGÂNICOS ALTAMENTE CORROSIVOS.**

CALDEIRAS

- **CALDEIRAS DE GRELHAS BASCULANTES**: SEM DÚVIDA AS QUE TÊM MAIOR DIFICULDADE NA QUEIMA DESTE “NOVO BAGAÇO”. VELOCIDADE DE GASES ELEVADA FAVORECENDO DESGASTE POR ABRASÃO .
- **CALDEIRAS COM GRELHA PIN- HOLE**: LIMITES NO TEOR DE CINZAS, PORÉM SEM MAIORES PROBLEMAS COM AS MISTURAS DE COMBUSTÍVEIS USADAS. PORÉM, TÊM O MESMO PROBLEMA DE VELOCIDADE DOS GASES.
- **CALDEIRAS COM GRELHA BASCULANTE**: COM MELHORES CONDIÇÕES PARA ADMINISTRAR MAIORES TEORES DE CINZAS NOS COMBUSTÍVEIS. IDEM VELOCIDADE DOS GASES.
- **CALDEIRAS COM FORNALHA DE LEITO BORBULHANTE**: A MAIS ADEQUADA PARA A COMBUSTÃO DE MISTURAS DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE ‘PALHA/BAGAÇO’, PELAS CARACTERÍSTICAS BEM DIFERENTES DO SISTEMA DE QUEIMA EM LEITO FLUIDIZADO BORBULHANTE, “LFB”.

CALDEIRAS

- **CALDEIRAS COM FORNALHA “LFB”: A MAIS ADEQUADA PARA A COMBUSTÃO DE MISTURAS DE DIFERENTES PROPORÇÕES DE ‘PALHA/BAGAÇO’. SUPORTAM TEORES MAIS ELEVADOS DE CINZAS DEVIDO À BAIXA TEMPERATURA DE COMBUSTÃO E À REMOÇÃO DAS CINZAS POR DRENAGEM CONSTANTE DO LEITO.**
- **TÊM CONTROLE AUTOMATIZADO DO AR SECUNDÁRIO E RECIRCULAÇÃO DE GASES EXAUSTOS NO LEITO GARANTINDO A UNIFORMIDADE DA TEMPERATURA DA COMBUSTÃO QUE FICA ENTRE 840° E 860°C.**
- **AS CALDEIRAS DE LEITO FLUIDIZADO BORBULHANTE AO QUEIMAR EM TEMPERATURAS MAIS BAIXAS E MELHOR CONTROLADAS ENTREGAM OS GASES AO SUPERAQUECEDOR A UMA TEMPERATURA MENOR**
- **POSSIBILITAM UM ARRASTE DE MATERIAL PARTICULADO 75% MENOR QUE EM UMA CALDEIRA CONVENCIONAL, CONTRIBUINDO PARA REDUZIR OS PROBLEMAS DE CORROSÃO/ABRASÃO JÁ CITADOS DEVIDO À VELOCIDADE MENOR DOS GASES.**

CALDEIRA COM GRELHA BASCULANTE

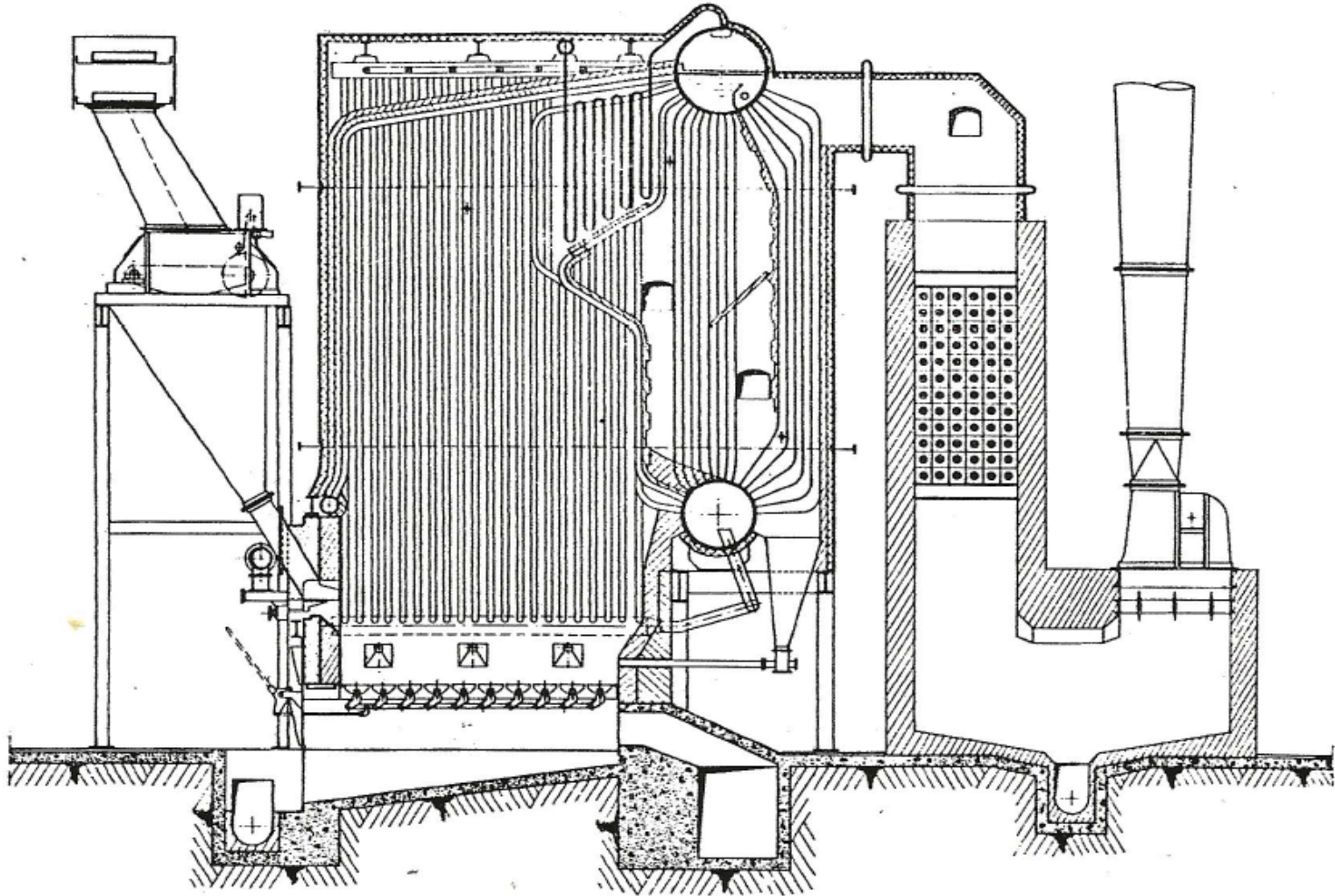


FIG. 42.15. — Chaudière Babcock Atlantique à projecteurs-répartiteurs avec grille basculante, type BR 1.

CALDEIRA COM GRELHA FIXA LIMPA A VAPOR – PIN HOLE

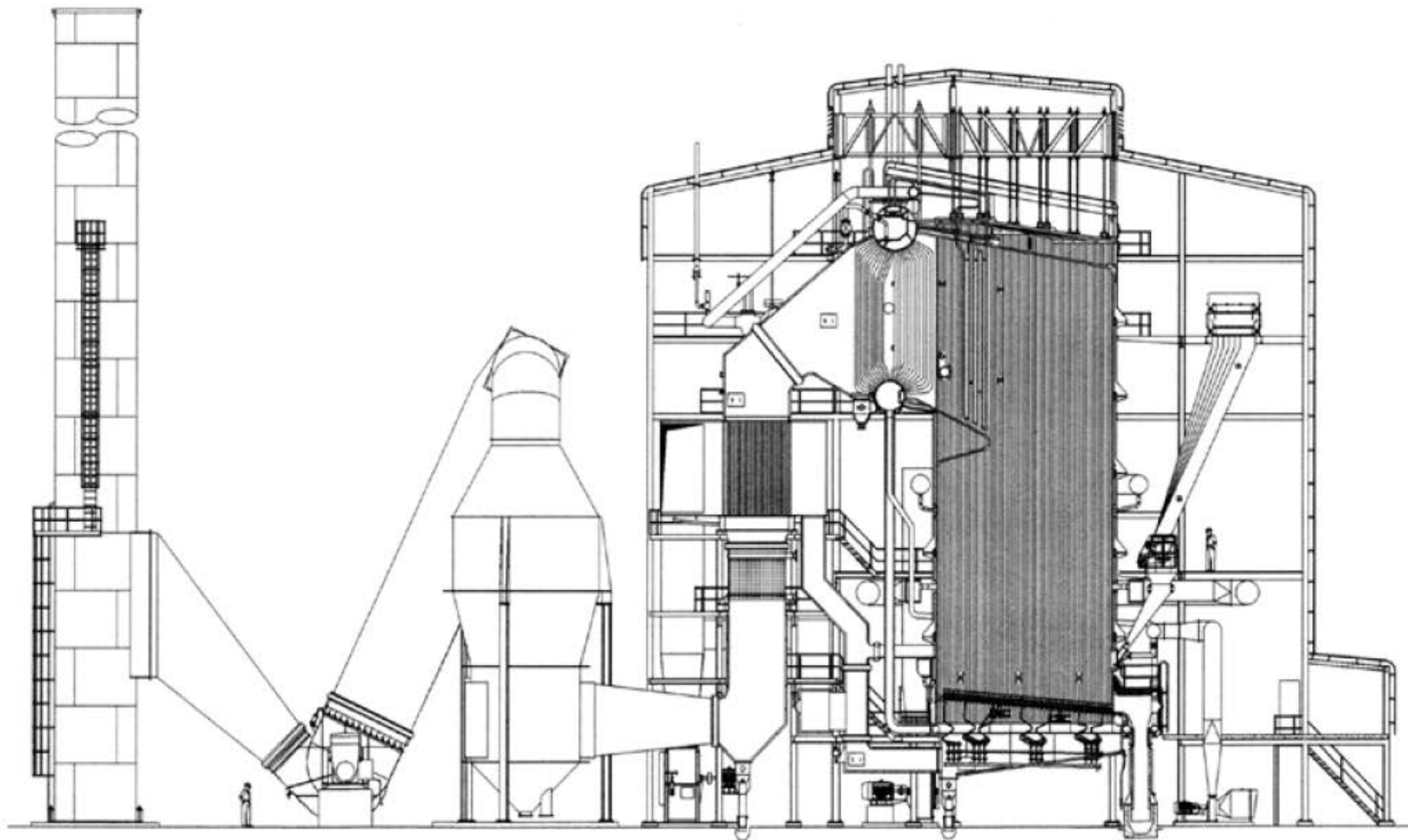
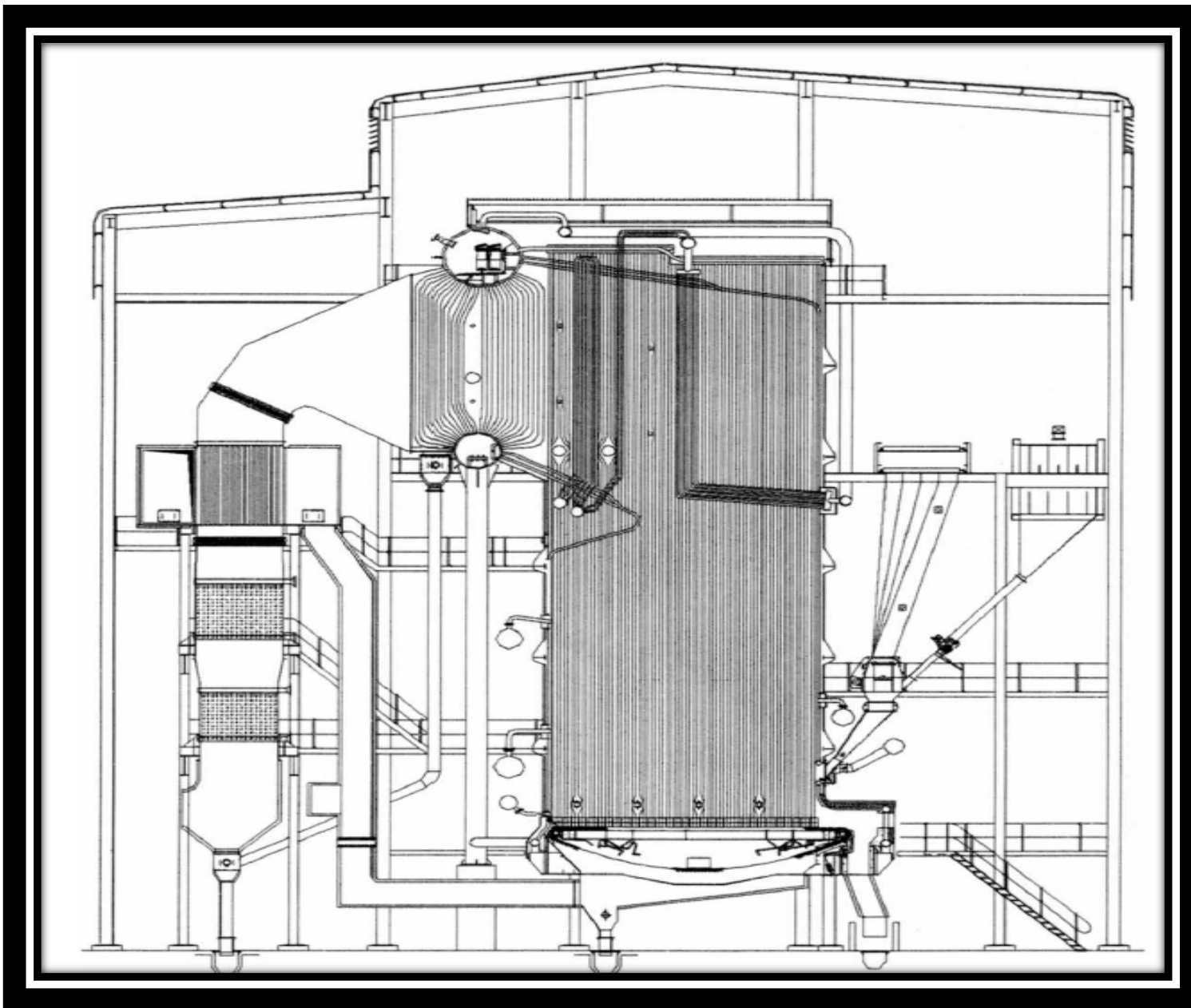


Figura 27.9: Caldeira com grelha limpa a vapor e lavador de gás úmido (cortesia de Thermal Energy Systems CC, Cidade do Cabo, África do Sul)

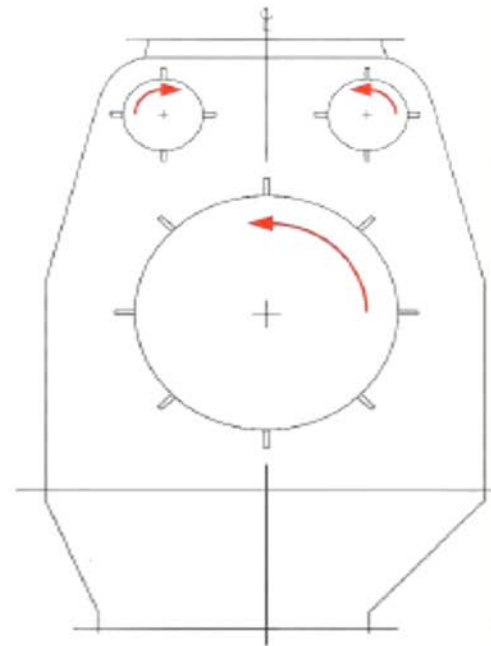
CALDEIRA COM GRELHA ROTATIVA



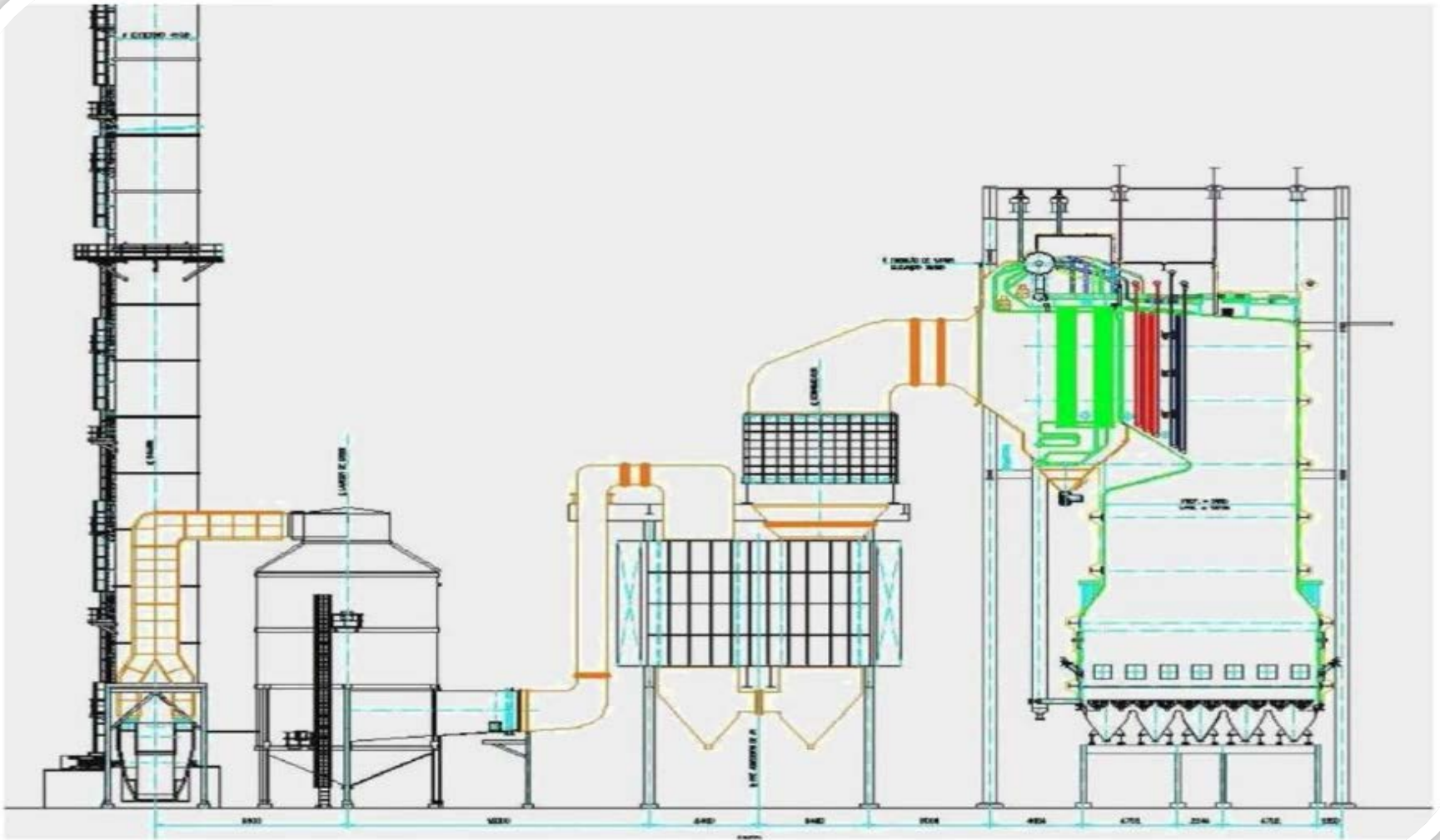
DOSADOR DE BAGAÇO



... sorvem menos de 1 kW se



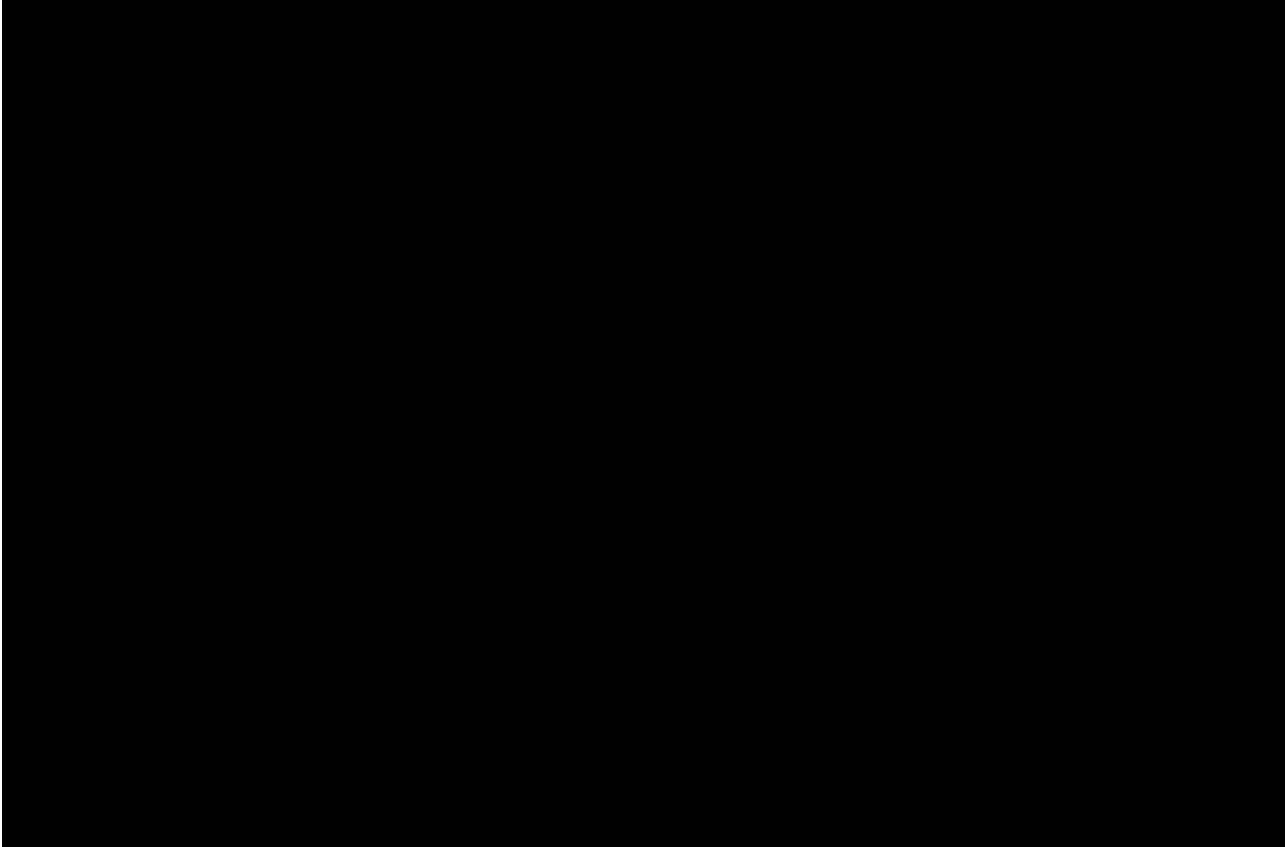
CALDEIRA-FORNALHA TIPO LEITO FLUIDIZADO BORBULHANTE



FORNALHA COM GRELHA



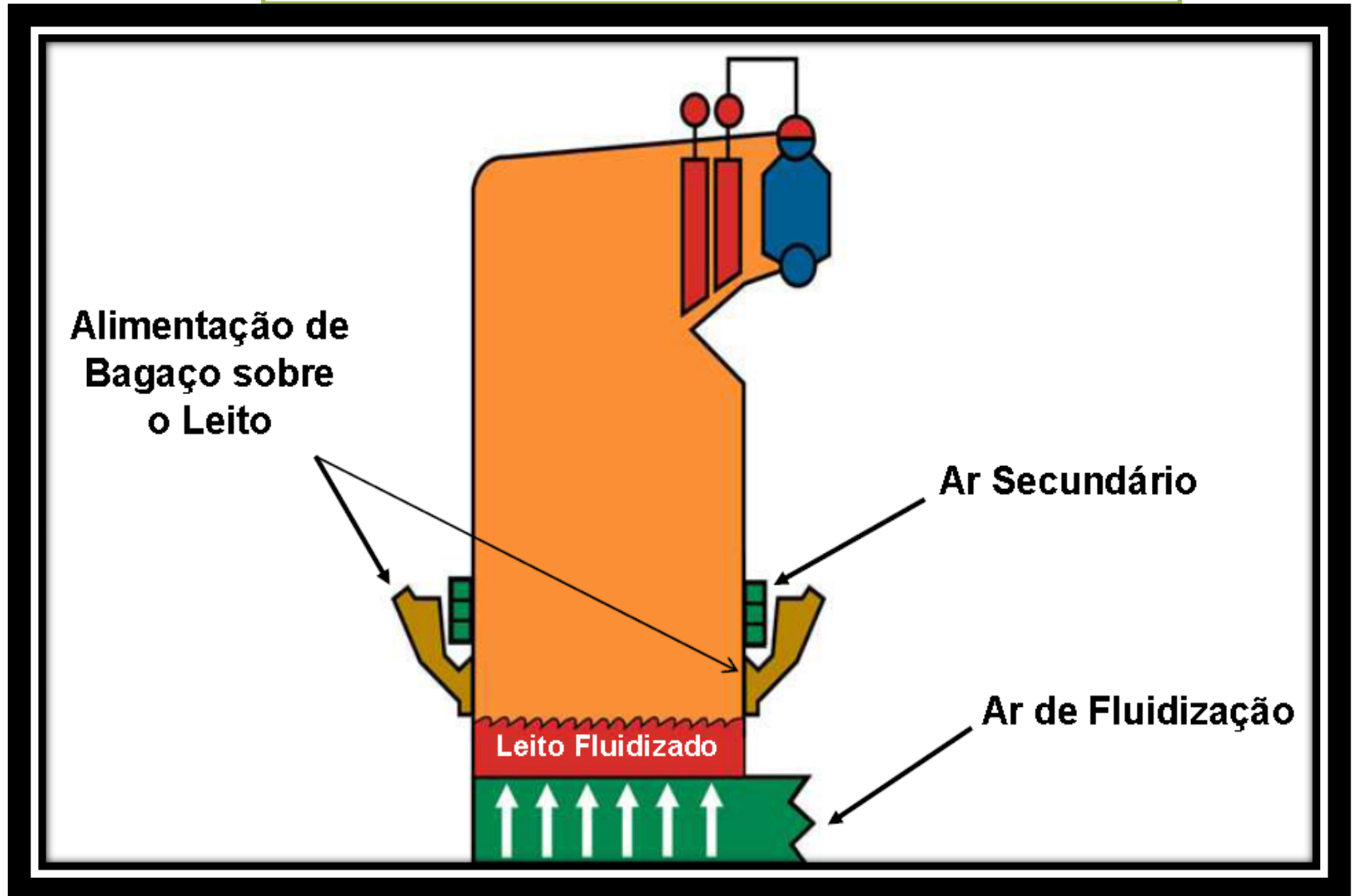
FORNALHA LEITO FLUIDIZADO



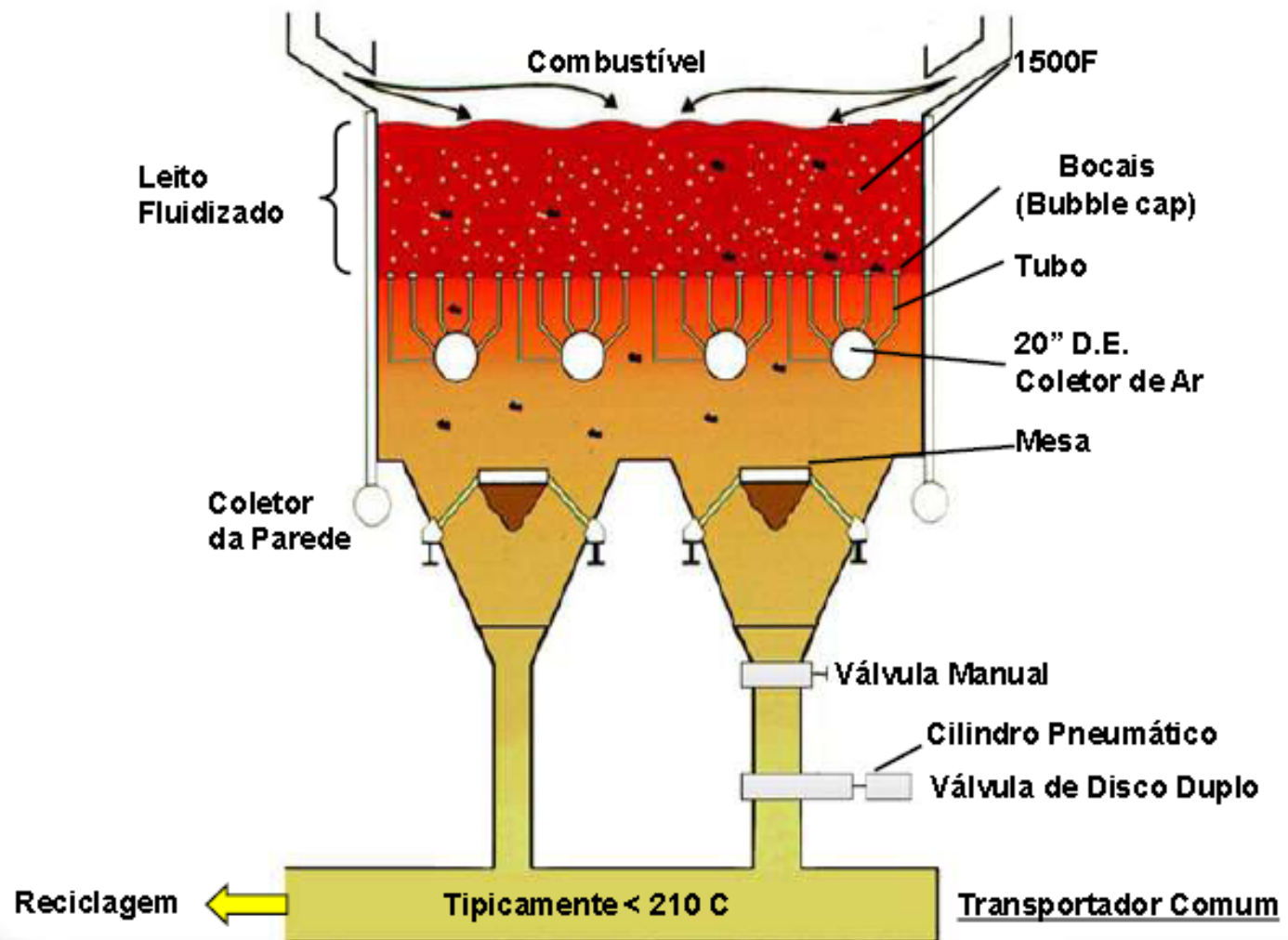
Caldeiras de Leito Fluidizado – Operação



CALDEIRA LEITO FLUIDIZADO CORTE ESQUEMÁTICO



Leito Fluidizado de Fundo Aberto



UTE - Usina São Martinho

Comparativo Técnico Leito Fluidizado x Grelha Pin Hole

Parâmetro	LEITO FLUIDIZADO - BFB	GRELHA PIN HOLE
Flexibilidade de queima de biomassa	Alta	Limitada
Níveis de emissões atmosféricas	Atende padrões nacionais e internacionais	Atende padrões nacionais
Operação	Muito estável	Estável
Operação carga reduzida (% MCR)	Até 30	60
kg vapor /kg bag. @ 50 % um	2,27	2,11
Potência Consumida (MW)	4,3	3,0
Acréscimo de energia para venda (MWh/safra)	16.000	---

UTE - Usina São Martinho

Comparativo Técnico Leito Fluidizado x Grelha Pin Hole

Parâmetro

LEITO FLUIDIZADO - BFB

GRELHA PIN HOLE

Umidade do combustível

12 a 65 %

48 a 53 %

Excesso de ar

20 a 30 %

35 a 50 %

Velocidade de gases na
fornalha

6 a 7 m/s

11 a 12 m/s

Eficiência de combustão de
resíduos de biomassa

99,5 %

94 a 97 %

Temperatura na região da
queima

840°C a 870° C no leito

900° C a 1.100° C na
fornalha

Rampa de Aquecimento

9 horas

8 horas

Resfriamento

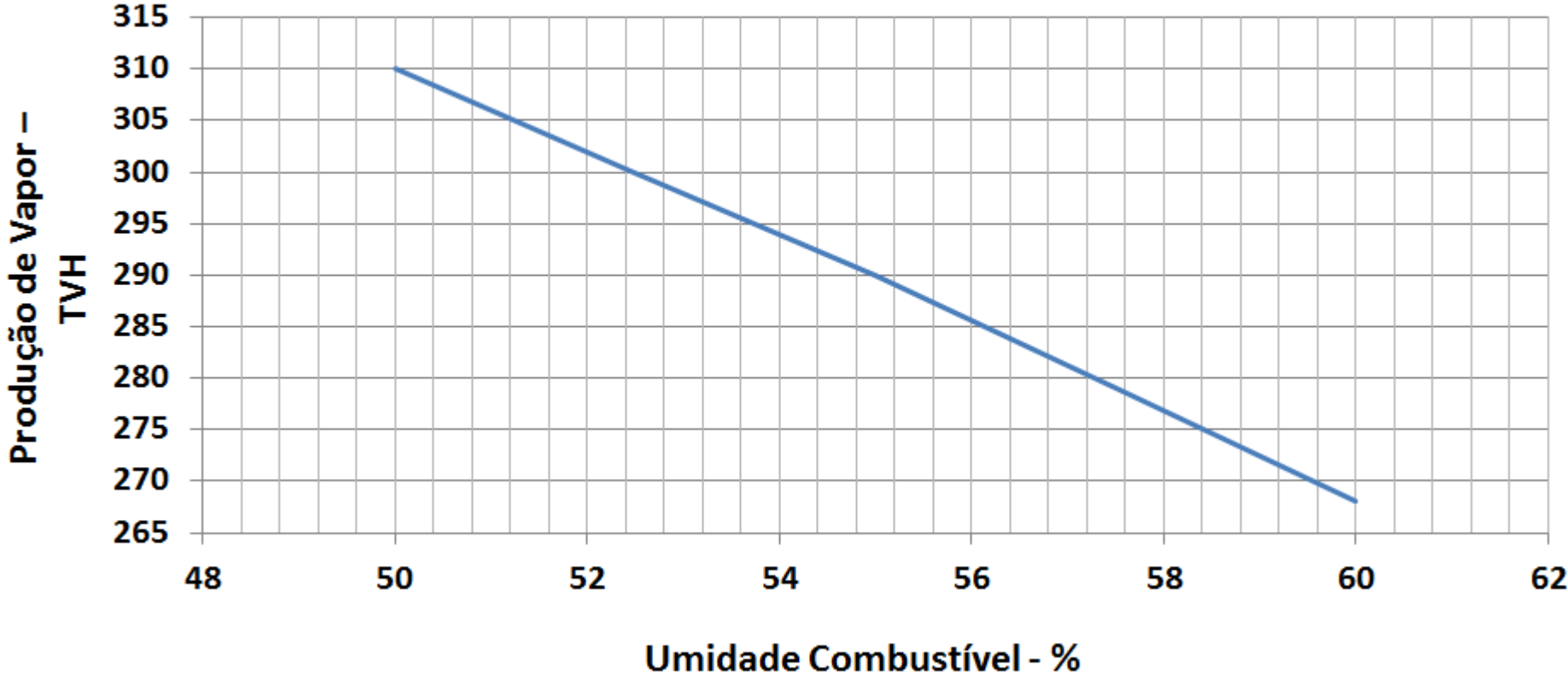
20 horas

8 horas



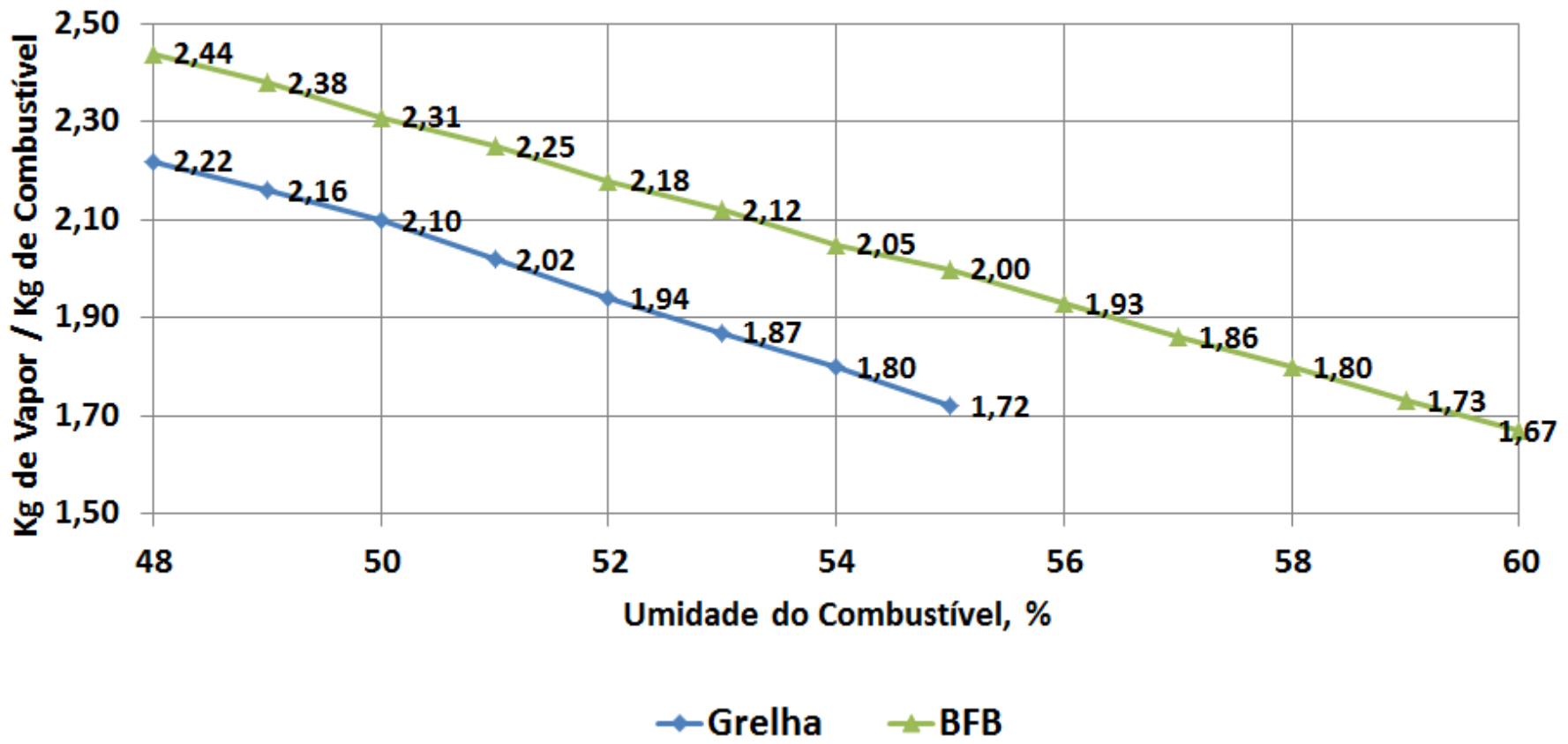
Flexibilidade de operação em função da Umidade do Bagaço

LEITO FLUIDIZADO BORBULHANTE





Consumo específico em função da umidade do bagaço



CALDEIRA E CASA DE FORÇA - SÃO MARTINHO



OBRIGADO!!!

ERICSON MARINO