

PROCESSAMENTO E QUEIMA DE PALHA DE CANA-DE-AÇÚCAR

PROJETO SUCRE

OUTUBRO DE 2019



SOBRE O PROJETO SUCRE

O Projeto SUCRE (*Sugarcane Renewable Electricity*) tem como objetivo principal **aumentar a produção de eletricidade com baixa emissão de gases de efeito estufa (GEE) na indústria de cana-de-açúcar, por meio da palha disponibilizada durante a colheita da cana-de-açúcar.** Para tanto, a equipe trabalha na identificação e solução dos problemas que impedem as usinas parceiras de gerarem eletricidade de forma plena e sistemática. Com início em junho de 2015, são ao todo cinco anos de projeto, com financiamento do Fundo Global para o Meio Ambiente (GEF, da sigla em inglês para *Global Environment Facility*) de cerca de US\$ 7.5 milhões e contrapartida do Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) de mais de US\$ 3 milhões. No setor privado, o recolhimento e uso da palha para produção de eletricidade alavancou um investimento de cerca de US\$ 160 milhões pelas usinas parceiras (grande parte já realizada com a instalação de estações de limpeza a seco, reforma ou compra de caldeiras, turbogeradores, enfardadoras e outros equipamentos). A iniciativa é gerida em parceria com o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) e implementada pelo Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR), que integra o CNPEM.

SOBRE O LNBR

O Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) integra o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM), organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia Inovação e Comunicações (MCTIC). O LNBR emprega a biomassa e a biodiversidade brasileiras para resolver desafios relevantes para o País por meio de soluções biotecnológicas que promovam o desenvolvimento sustentável de biocombustíveis avançados, bioquímicos e biomateriais. O Laboratório possui diversas Instalações Abertas a Usuários, incluindo a Planta Piloto para Desenvolvimento de Processos, estrutura singular no país para escalonamento de tecnologias.

SOBRE O CNPEM

O Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais (CNPEM) é uma organização social supervisionada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações (MCTIC). Localizado em Campinas-SP, gerencia quatro Laboratórios Nacionais – referências mundiais e abertos às comunidades científica e empresarial. O Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) opera a única fonte de luz síncrotron da América Latina e está, nesse momento, finalizando a montagem do Sirius, o novo acelerador de elétrons brasileiro; o Laboratório Nacional de Biociências (LNBio) atua na área de biotecnologia com foco na descoberta e desenvolvimento de novos fármacos; o Laboratório Nacional de Biorrenováveis (LNBR) pesquisa soluções biotecnológicas para o desenvolvimento sustentável de biocombustíveis avançados, bioquímicos e biomateriais, empregando a biomassa e a biodiversidade brasileira; e o Laboratório Nacional de Nanotecnologia (LNNano) realiza pesquisas científicas e desenvolvimentos tecnológicos em busca de soluções baseadas em nanotecnologia. Os quatro Laboratórios têm, ainda, projetos próprios de pesquisa e participam da agenda transversal de investigação coordenada pelo CNPEM, que articula instalações e competências científicas em torno de temas estratégicos.

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	04
O ADVENTO DA PALHA.....	04
RECOLHIMENTO E PROCESSAMENTO DE PALHA POR FORRAGEIRA.....	05
PROCESSAMENTO DE PALHA ENFARDADA.....	05
SISTEMAS DE LIMPEZA DE CANA A SECO (SLS).....	08
QUEIMA DE PALHA E BAGAÇO.....	10
SISTEMAS ALTERNATIVOS DE PROCESSAMENTO DE PALHA	14
ESTUDOS DE LIXIVIAÇÃO DE PALHA EM ESCALA DE BANCADA.....	17
PROPOSTAS DO SUCRE PARA O PROCESSAMENTO DE PALHA.....	17

EXPEDIENTE

DIRETOR-GERAL DO CNPEM

Antonio José Roque da Silva

DIRETOR DO LNBR

Eduardo do Couto e Silva

GESTÃO DO PROJETO SUCRE

Manoel Regis Lima Verde Leal | Diretor Nacional
Thayse Aparecida Dourado Hernandes | Coordenadora

REALIZAÇÃO E TEXTOS

Caio César dos Santos Penteado Soares
Carlos Roberto Trez
Danilo José Carvalho
Paulo César Guizelini Júnior
Paulo Eduardo Mantelatto

DIAGRAMAÇÃO

Viviane Celente

REVISÃO

Erik Nardini Medina
Maria Livia Ramos Gonçalves

FOTOGRAFIA

Projeto SUCRE

ILUSTRAÇÕES E ESQUEMAS

Amanda Kokol Coltro
Caio César dos Santos Penteado Soares
Carlos Roberto Trez
Luiz Felipe Nascimento dos Reis
Paulo Eduardo Mantelatto



APRESENTAÇÃO

Esta cartilha trata dos principais sistemas de processamento de palha em operação nas usinas sucroenergéticas, com destaque para as alternativas que tornam a palha mais parecida com o bagaço, visando superar os desafios associados à queima dessa biomassa em caldeiras.

Este documento tem por objetivo apresentar de forma clara e explicativa como a palha é processada nas usinas, quais equipamentos são utilizados, identificar os principais gargalos, mostrar os desafios associados à queima de palha em caldeiras originalmente projetadas para bagaço e, por fim, propor alternativas para superar as barreiras atuais, contribuindo para a expansão da cogeração de bioeletricidade a partir da palha.

Este material foi elaborado pela equipe do Projeto SUCRE (*Sugarcane Renewable Electricity*) a partir de informações, dados e resultados obtidos nos experimentos realizados nas usinas parceiras.

O ADVENTO DA PALHA

A COLHEITA MECANIZADA DE CANA CRUA

A mecanização da colheita de cana-de-açúcar, além de melhorias nas condições de trabalho e ganhos de produtividade, possibilitou que os canaviais fossem colhidos sem queima, com significativos benefícios ao meio ambiente pela redução das emissões. A eliminação da queima e o crescente processo de mecanização contribuíram para o aumento da disponibilidade de palha no campo. Preservando parte da palha na lavoura para garantir os benefícios para o solo e para a cultura (para mais informações sobre os efeitos da palha no campo, leia o *Guia de Boas Práticas para Remoção da Palha da Cana-de-açúcar*), abre a oportunidade para a utilização do restante da palha como combustível para a produção de energia.

PALHA: UMA NOVA BIOMASSA

A presença da palha gerou profundas mudanças no sistema produtivo de toda a cadeia agroindustrial canavieira. Além de criar muitas oportunidades, essas mudanças trouxeram gran-

des desafios para o setor. Ao ser utilizada como matéria-prima para a produção de energia, alguns aspectos da palha devem ser considerados, como a qualidade, quantidade e disponibilidade. A utilização de bagaço e palha permite a geração, nas condições atuais das caldeiras de biomassa existentes no setor sucroenergético brasileiro, de cerca de 0,4 MWh por tonelada de bagaço a 50% (m/m) de umidade e 0,7 MWh por tonelada de palha de cana com umidade em torno de 15% (m/m).

RECOLHIMENTO E PROCESSAMENTO DA PALHA

Os aspectos de qualidade e disponibilidade dependem principalmente da maneira pela qual a palha é recolhida, transportada e processada na indústria antes de ser enviada para queima nas caldeiras. Há três sistemas utilizados para o aproveitamento da palha para cogeração de energia nas usinas brasileiras: recolhimento e processamento de palha por forrageira, enfardamento e colheita integral ou parcial com separação da palha pelos Sistemas de Limpeza a Seco (SLS).

A QUALIDADE E A DISPONIBILIDADE DA PALHA DEVEM SER CONSIDERADAS PARA A PRODUÇÃO DE ENERGIA ELÉTRICA



ESCANEE O QR CODE

ACIMA OU ENTRE NO LINK

[HTTP://BIT.LY/PROJETOSUCRE](http://bit.ly/projetosucres)

PARA LER MAIS SOBRE O

PROJETO SUCRE

RECOLHIMENTO E PROCESSAMENTO DE PALHA POR FORRAGEIRA

O recolhimento e processamento de palha a granel, por máquinas forrageiras, possui como principal característica a baixa necessidade de investimentos no âmbito industrial. Como a trituração da palha é realizada no campo, a palha que chega à usina não precisa ser submetida à trituração para redução do tamanho das partículas para ser utilizada nas caldeiras.

Ao chegar à indústria, a palha é descarregada diretamente na pilha de bagaço e a mistura é feita com o auxílio de pás carregadeiras. No entanto, deve-se ressaltar que como a densidade de carga da palha colhida com forrageira é muito baixa, cerca de 70 a 120 kg/m³, sua aplicação depende da distância de transporte. Normalmente, o uso de forrageira se justifica para distâncias curtas, em áreas localizadas nas redondezas da usina, com raio médio de 5 a 10 quilômetros.

Dentre os principais desafios encontrados nos estudos realizados pelo projeto SUCRE, destacam-se o elevado teor de impurezas minerais presentes na palha (9 a 25%) e o alto custo de manutenção das facas e contra facas da forrageira, que se desgastam, em média, a cada 150 horas de operação. A condição das facas afeta diretamente a granulometria e a densidade da palha. Os resultados indicaram que nas primeiras horas de uso das facas, a granulometria da palha mostrou-se bem próxima ao bagaço, 90% (em massa) das partículas menores que 12,5 mm.

O Projeto SUCRE identificou apenas uma usina no Brasil que utilizava essa rota, entretanto, as operações de recolhimento foram interrompidas no ano de 2017. Atualmente, não há relatos ou registros que indiquem o uso da forrageira no Brasil para o recolhimento de palha.



Forrageira colhendo palha de cana-de-açúcar

PROCESSAMENTO DE PALHA ENFARDADA

Ao chegar à unidade industrial, a palha enfardada precisa ser processada em várias operações unitárias antes de ser utilizada para a geração de energia. Existem diferentes configurações de sistemas de processamento de fardos em operação nas usinas brasileiras. Os sistemas mais simples contam apenas com a presença de um equipamento que realiza simultaneamente as etapas de desenfundamento e trituração. Por não contemplar ope-

rações unitárias importantes, como a remoção de impurezas minerais, esses sistemas apresentam limitações. A unidade de processamento de fardos mais moderna em operação no Brasil possui capacidade para processar até 25 toneladas de palha enfardada por hora. Esse sistema possui área coberta de armazenamento de fardos, ponte rolante com pesagem automática capaz de movimentar 10 fardos por vez, desenfundador de martelos de baixa

Mistura bagaço-palha e chaminés das caldeiras ao fundo



Descarregamento de fardos de palha na indústria

rotação, dispositivo removedor de cordinha, peneira rotativa e triturador de facas, além de sistema de exaustão para remoção de poeira.

Para este sistema, considerado o estado da arte, o SUCRE calculou o consumo de energia e o custo de processamento de palha enfardada, contemplando todas as operações unitárias necessárias e os dados fornecidos pela usina parceira. Os resultados indicaram um consumo médio de 25 kWh por tonelada de palha e o custo da energia consumida no processamento de aproximadamente 5 reais por tonelada de palha processada (considerando-se o preço da energia a R\$ 200/MWh).

Durante as safras de 2016/2017 e 2017/2018, o Projeto SUCRE avaliou os sistemas de processamento de fardos de 3 Usinas localizadas no estado de São Paulo. Os resultados indicaram que os sistemas operam relativamente bem, entretanto foram identificadas deficiências em algumas das etapas do processo.

A estocagem de fardos, além de demandar uma logística muito complexa, tanto fora quanto dentro da usina, ainda requer instalações e cuidados para evitar a ocorrência de incêndios.



Trituração de palha em triturador de martelos



Aspecto da palha triturada em triturador de martelos



Estoque de fardos de palha



A taxa de processamento no desenfundador é limitada pela umidade dos fardos, que deve ser menor que 15% (m/m). Também foram identificadas deficiências no processo de remoção das cordinhas, o que pode provocar problemas nas etapas posteriores. Dentre as alternativas avaliadas para a remoção de impurezas minerais da palha, a peneira rotativa apresentou baixa eficiência (média 33%). Por fim, a trituração pode ser considerada um gargalo do processo, pois os trituradores necessitam de frequentes paradas para manutenção, devido ao acentuado desgaste causado pela palha e pelas impurezas minerais presentes. Dentre os trituradores avaliados (facas e martelos), verificou-se que o desempenho do de martelos é mais regular do que o de facas, entretanto, constatou-se que há uma limitação na adequação da palha à granulometria desejada, independentemente do tipo de triturador. Cerca de 70% da massa das amostras de palha preparadas por trituradores convencionais apresentaram granulometria similar à encontrada para o bagaço (< 12,5 mm), sendo os 30% restantes referentes a partículas mais grosseiras que podem provocar obstruções (“embuchamentos”) nos alimentadores das caldeiras.



Peneiramento de palha em peneira rotativa

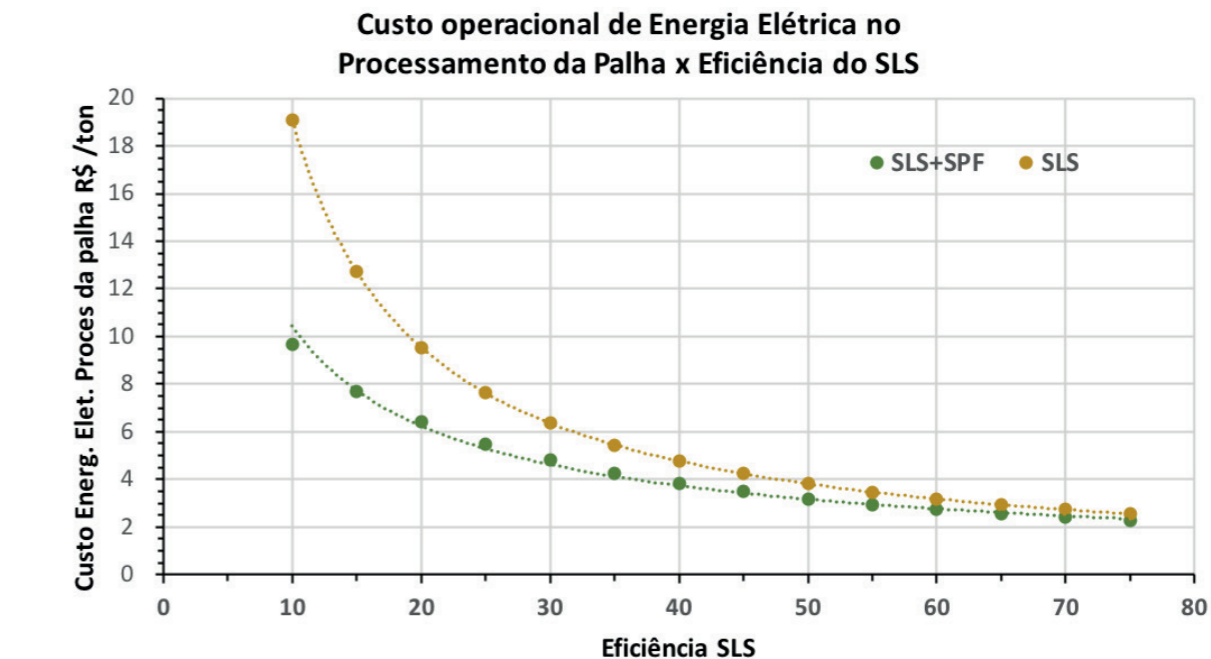
SISTEMAS DE LIMPEZA DE CANA A SECO (SLS)

Os Sistemas de Limpeza a Seco (SLS) têm papel fundamental no recolhimento de palha por colheita integral ou parcial, pois são responsáveis pela limpeza e separação da palha dos colmos na indústria, evitando perdas de rendimento na extração e os impactos negativos na fabricação de açúcar e etanol. Os SLS reduzem as impurezas vegetais e minerais, através de técnicas que não envolvem o uso de água, que levariam a perdas significativas de açúcar. No entanto, há a necessidade de investimentos adicionais em equipamentos, que geram

custos operacionais e de manutenção.

O Projeto SUCRE fez a avaliação de 5 diferentes sistemas de limpeza utilizando a mesma metodologia. O estudo contou com a participação de 7 usinas, localizadas nos estados de São Paulo (5) e Goiás (2). As avaliações foram realizadas entre outubro de 2017 e agosto de 2018, compreendendo as safras de 2017/2018 e 2018/2019.

As eficiências de separação de palha (folhas se-



SLS: Sistema de Limpeza a Seco
 SPF: Sistema de Processamento de Fardos
 Dado: Custo da energia R\$ 200/MWh

cas e verdes) obtidas para os sistemas operando na capacidade plena de ventilação variaram entre 17 e 49% (kg palha separada por 100 kg de palha alimentada, base úmida).

Já as eficiências de separação de impurezas minerais (IM) variaram de 18 a 78% (kg de IM separada por 100 kg de IM alimentada, base úmida). As eficiências obtidas são menores que as reportadas pelos fabricantes e em estudos anteriores, mas é importante ressaltar que existem diferenças entre os métodos de avaliação, capacidades de processamento, além do fato de que muitos sistemas não estão operando nas condições ideais. Foram identificadas deficiências durante os ensaios, envolvendo parâmetros de projeto, operação e manutenção dos SLS.

Utilizando dados de uma usina parceira que possui sistema de processamento de palha híbrido, que pode operar concomitantemente com palha separada pelo SLS e enfardada, o SUCRE verificou que a eficiência do SLS tem um peso importante nos custos de processamento.

Os custos operacionais correspondentes à energia consumida com os sistemas operando nas condições atuais (SLS com 18% de eficiência e 28.000 toneladas de palha enfardada por safra) é de R\$ 6,86 por tonelada de palha. Considerando-se a operação em condições ideais, com os equipamentos funcionando em capacidade plena (SLS com 65% de eficiência e 28.000 toneladas de palha enfardada por safra), o custo operacional de energia seria de R\$ 2,55 por tonelada de palha processada, ou seja, 2,7 vezes menor.

Sistema de Limpeza a Seco pneumático com injeção de ar ascendente



QUEIMA DE PALHA E BAGAÇO

PALHA X BAGAÇO

Com o aumento da disponibilidade de palha no campo após a colheita mecanizada e as etapas de recolhimento e processamento, esta biomassa passou a ser adicionada ao bagaço e a mistura alimentada nas caldeiras, possibilitando o aumento da produção e exportação de energia elétrica.

As avaliações efetuadas pelo SUCRE revelaram que a palha apresenta propriedades físico-químicas diferentes daquelas encontradas no bagaço. A palha bruta (antes do processamento) apresenta variações acentuadas de umidade, dependendo do sistema de recolhimento empregado. Estas diferenças fazem com que a palha apresente uma faixa ampla de poder calorífico inferior (PCI). A palha apresenta, ainda, um alto teor de cinzas em comparação ao bagaço, e composição elementar diferente, prevalecendo elevadas concentrações de metais alcalinos, como o potássio (K) e o sódio (Na), e também maiores concentrações de enxofre (S), cloro (Cl) e silício (Si). Estes elementos podem aumentar a formação de incrustações e depósitos de cinzas, provocando corrosão e desgastes nas superfícies de troca térmica das caldeiras. A granulometria e a densidade da palha, quando não é

processada adequadamente, podem ser bastante diferentes das encontradas no bagaço. Dessa maneira, a adição de palha ao bagaço pode ocasionar efeitos adversos como, problemas no sistema de alimentação das caldeiras, resultando no aumento da instabilidade da combustão. Enfim, devido a essas diferenças, o processamento da palha é altamente recomendado para possibilitar sua queima misturada ao bagaço.

COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA PALHA DE CANA

A palha da cana apresentou altos teores de cinzas, o que reduz o seu poder calorífico superior (PCS) e aumenta o desgaste dos equipamentos que estão em contato com as cinzas arrastadas pelos gases de combustão. O aproveitamento energético da palha de cana exige, também, a determinação e análise das suas propriedades físico-químicas, para melhor entender as características do combustível alimentado nas caldeiras e seu comportamento com relação à formação de incrustação ("fouling"), escória ("slagging") e corrosão nas caldeiras. A partir destas análises a meta é criar parâmetros que permitam antever a tendência de ocorrer tais fenômenos a partir da análise do combustível.

Propriedades físico-químicas do bagaço e da palha de cana-de-açúcar

Biomassa	Umidade (%)	Cinzas (% b.s.)	Granulometria	PCS (MJ/kg)	PCI (MJ/kg)
Bagaço	48 - 52	2 - 8	99% < 12,5 mm	18 - 19	7 - 8
Palha*	12 - 45	6 - 20	90% > 90 mm	16 - 18	6 - 15

*Palha não processada

Análise elementar do bagaço e da palha de cana-de-açúcar

Elemento (m% b.s.)	Bagaço	Palha*
Carbono (C)	40 - 44	38 - 42
Hidrogênio (H)	6,0 - 7,0	5,5 - 7,0
Nitrogênio (N)	0,3	0,5 - 0,6
Enxofre (S)	0,09 - 0,11	0,12 - 0,20
Cloro (Cl)	0,02 - 0,05	0,2 - 0,4

A concentração de cloro na palha de cana disponível para queima em caldeiras é muito superior ao encontrado no bagaço, sendo em média 10 vezes superior à concentração encontrada no bagaço.

Além do cloro, a palha apresenta teores mais elevados de potássio, enxofre e silício. Estes elementos, quando alimentados nas caldeiras, na presença de calor e turbulência severa, são volatilizados e atingem um ponto de eutético com baixa temperatura de fusão, favorecendo a formação de depósitos que aderem nas superfícies dos tubos, diminuindo a eficiência de troca térmica do sistema.

IMPACTOS DA PALHA NA OPERAÇÃO DAS CALDEIRAS

O Projeto SUCRE realizou avaliações nas caldeiras operando com misturas bagaço-palha em 5 usinas parceiras, localizadas nos estados de Alagoas (1), Goiás (1) e São Paulo (3).

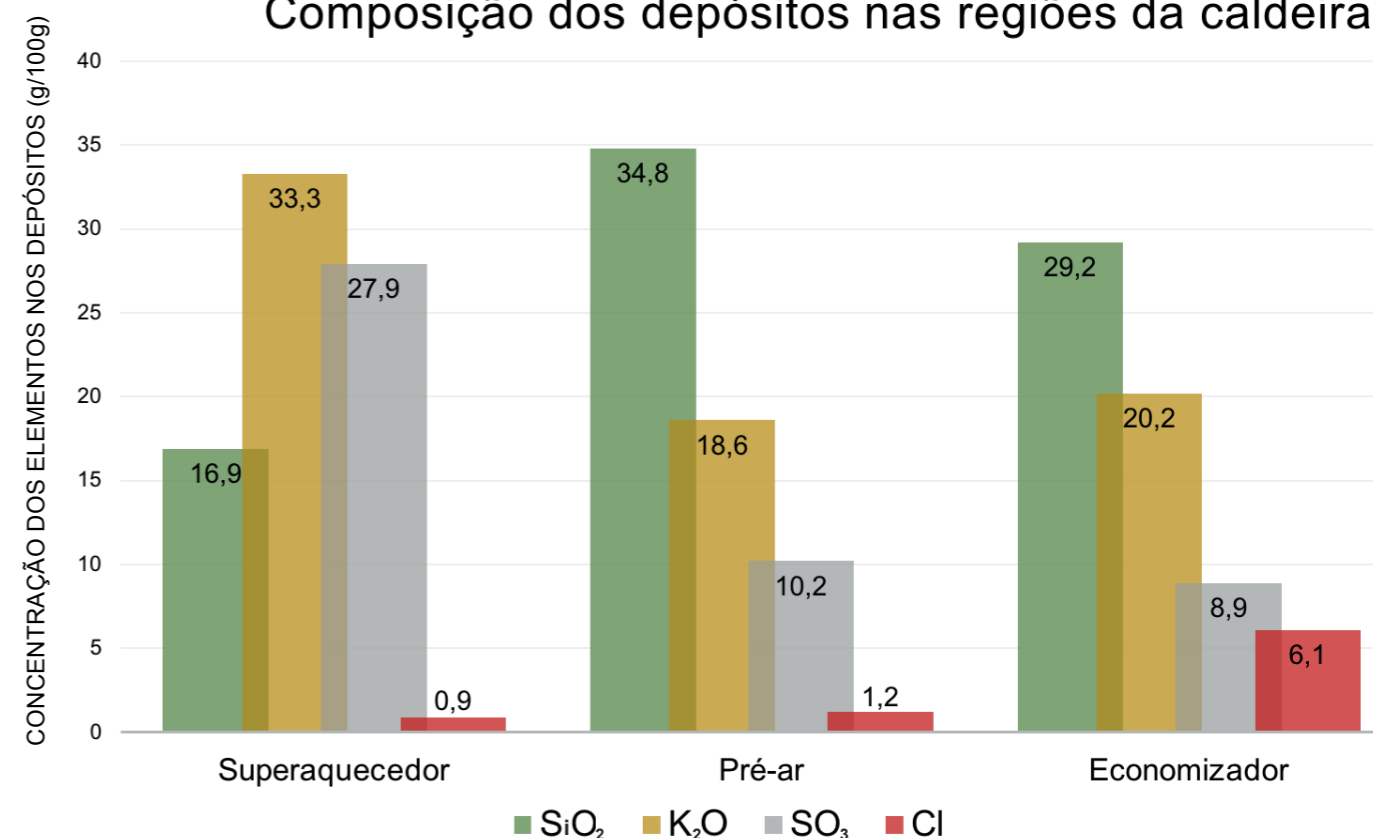
As caldeiras em operação nas usinas foram projetadas originalmente para a queima de bagaço com 30 a 60% de umidade. Com a introdução da queima de misturas de bagaço e palha foram observados impactos negativos como instabilidades na combustão, aumento da ocorrência de incrustação e corrosão, diminuição da eficiência de troca térmica e aumento da frequência de manutenção e, conseqüentemente impactos nos custos associados. As avaliações revelaram que esses impactos têm restringido a utilização de palha misturada ao bagaço a concentrações baixas, variando entre 5 a 16% em massa (base seca).

FORMAÇÃO DE DEPÓSITOS E INCRUSTAÇÕES NAS CALDEIRAS DE BIOMASSA

O SUCRE analisou a composição química dos depósitos e incrustações formados em caldeiras das usinas parceiras operando com misturas bagaço-palha durante a safra.

Os resultados revelaram que existem diferenças de composição química dos depósitos, dependendo da região da caldeira. Acompanhando o fluxo dos gases de combustão ao longo das diferentes regiões da caldeira, observou-se que as concentrações de potássio e enxofre são maiores nos depósitos encontrados no superaquecedor e diminuem em regiões onde há o resfriamento dos gases de combustão. Já a concentração de silício nos depósitos é, aparentemente, função da velocidade dos gases, pois foi detectado que sua deposição foi significativamente aumentada nas regiões de baixa velocidade. As concentrações de cloro foram mais elevadas em superfícies de troca térmica mais frias das caldeiras, como o economizador e o pré-aquecedor de ar, observando-se um processo de corrosão mais acentuado nessas regiões.

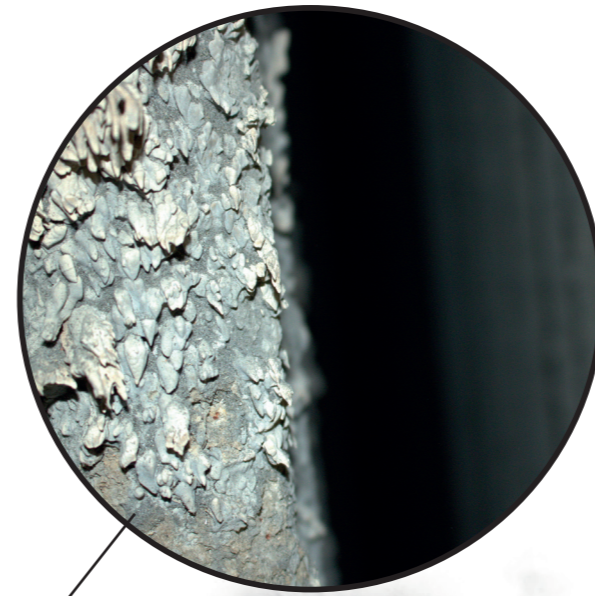
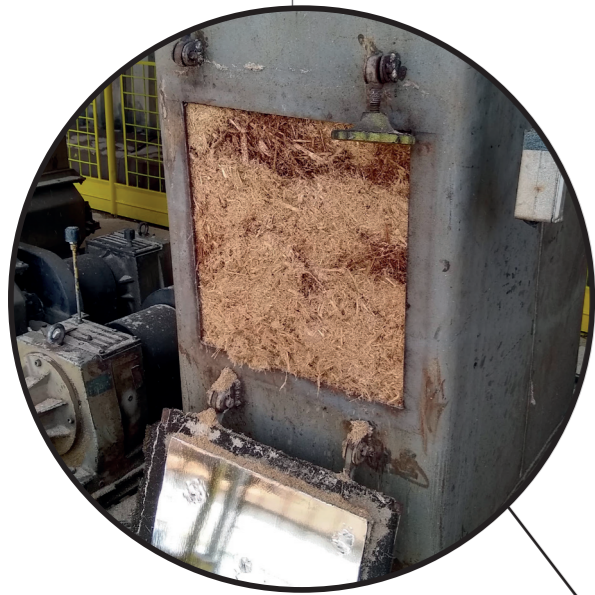
Composição dos depósitos nas regiões da caldeira



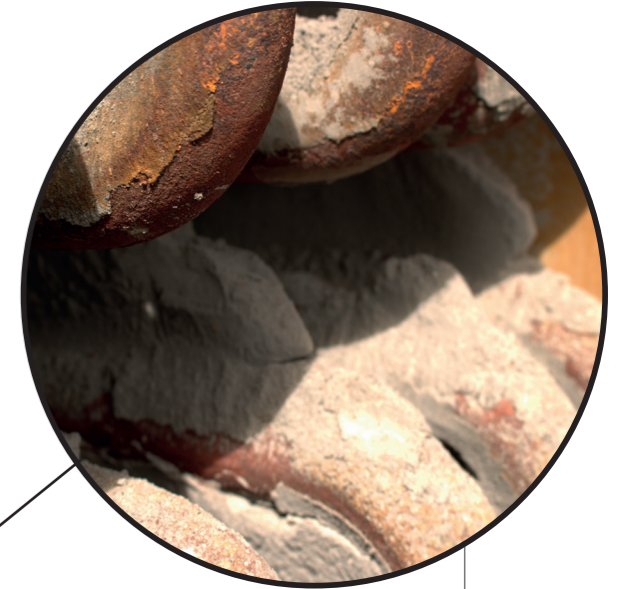
Esteiras de transporte: a baixa densidade da palha produz grande volume e saturação das esteiras.



Alimentadores: mistura de bagaço e palha heterogêneas podem provocar obstrução ("embuchamento") nos alimentadores e instabilidades na combustão.



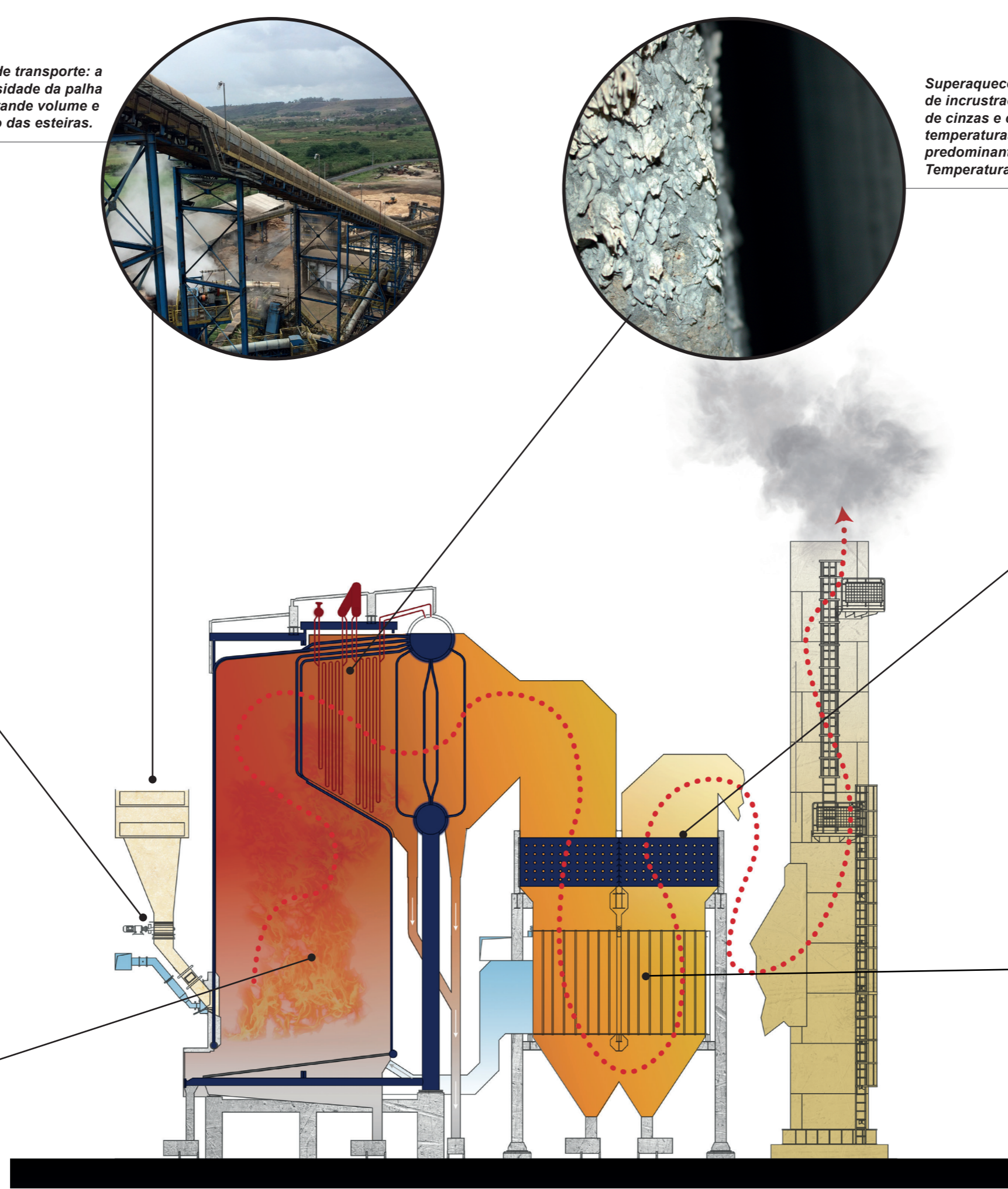
Superaquecedores: formação de incrustações por fusão de cinzas e corrosão em altas temperaturas. Elementos predominantes (K, S e Si). Temperatura do vapor 500°C.



Economizador e pré-ar: formação de depósitos ricos em Si, K e Cl, com corrosão à baixa temperatura. Temperatura dos gases entre 400 e 250°C.



Combustão na fornalha: liberação de voláteis contendo (K, S, Cl e Si). Temperatura média dos gases de 850°C e forte turbulência.



SISTEMAS ALTERNATIVOS DE PROCESSAMENTO DE PALHA

SISTEMAS DE LAVAGEM E DRENAGEM DE PALHA

Algumas usinas brasileiras estão utilizando sistemas de lavagem de palha acoplados aos sistemas de limpeza de cana a seco. Nesta configuração, a limpeza dos colmos ocorre em via seca e a palha separada é processada através de lavagem com água, antes de ser misturada ao bagaço para a alimentação das caldeiras. As imagens a seguir mostram o circuito utilizado compreendendo a lavagem e o transporte de palha em uma calha com água e o processo de drenagem da palha em tela *cush-cush*.

O Projeto SUCRE realizou a avaliação desses sistemas em 3 diferentes usinas, localizadas no estado de São Paulo, durante as safras de 2016/2017, 2017/2018 e 2018/2019. Os estudos tiveram como objetivo avaliar as eficiências de remoção de impurezas minerais e de lixiviação de elementos químicos indesejados presentes na palha durante o processo de lavagem.

Apesar dos sistemas avaliados não estarem otimizados, os resultados obtidos mostraram-se bastante promissores, uma vez que as médias de eficiência de remoção de impurezas minerais, por usina, variaram de 49 a 62%. Além disso, a lavagem se mostrou capaz de promover a lixiviação de elementos químicos críticos para a queima em caldeiras, como o silício (Si), potássio (K), cloro (Cl) e enxofre (S). Por fim, constatou-se que as eficiências de lixiviação podem atingir valores mais elevados em processos de lavagem otimizados.

USO DE MOENDAS NO PROCESSAMENTO DE PALHA

Após ser lavada e drenada, a palha pode seguir dois caminhos: ser alimentada nos últimos ternos do sistema de extração em moendas para produzir uma mistura bagaço-palha; ou ser triturada em um terno de moagem independente e, na sequência, ser adicionada ao bagaço nos transportadores de correia.

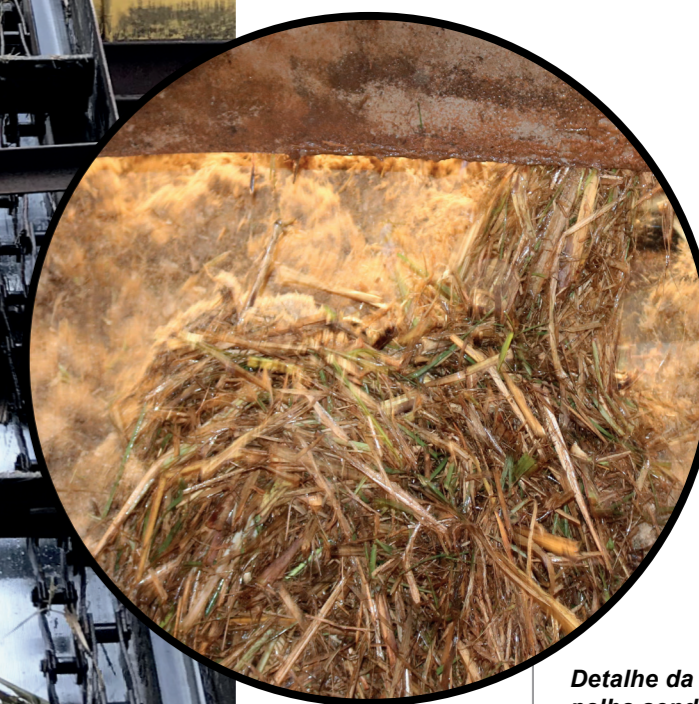
Transporte e lavagem de palha em calha com água



*Drenagem da palha em *cush-cush**



Alimentação de palha no último terno de extração



Detalhe da palha sendo adicionada ao bagaço no último terno de extração



Terno independente exclusivo para a trituração de palha

As avaliações dos processos de trituração de palha em moendas para a redução da granulometria apresentaram resultados bastante interessantes. Após a palha passar pela moenda, observou-se que em média 90% da massa de palha é referente a partículas menores que 12,5 mm, valor próximo ao encontrado para o bagaço. Além disso, a moenda apresentou maior regularidade operacional, produzindo palha com maior homogeneidade, com menores variações de granulometria.

A alimentação de palha nos últimos ternos de ex-

tração produziu misturas bagaço-palha mais homogêneas e com granulometria bastante similar a do bagaço (90% em massa menor que 12,5 mm). Por outro lado, a adição de palha ao bagaço através de transportadores de correia produz misturas mais heterogêneas.

Enfim, as moendas se mostraram mais eficientes que os trituradores, porque adequaram melhor a granulometria da palha ao padrão desejado, com menor consumo de energia, menos gastos com manutenção e menor investimento para a instalação.



Aspecto da palha triturada em terno independente de moenda



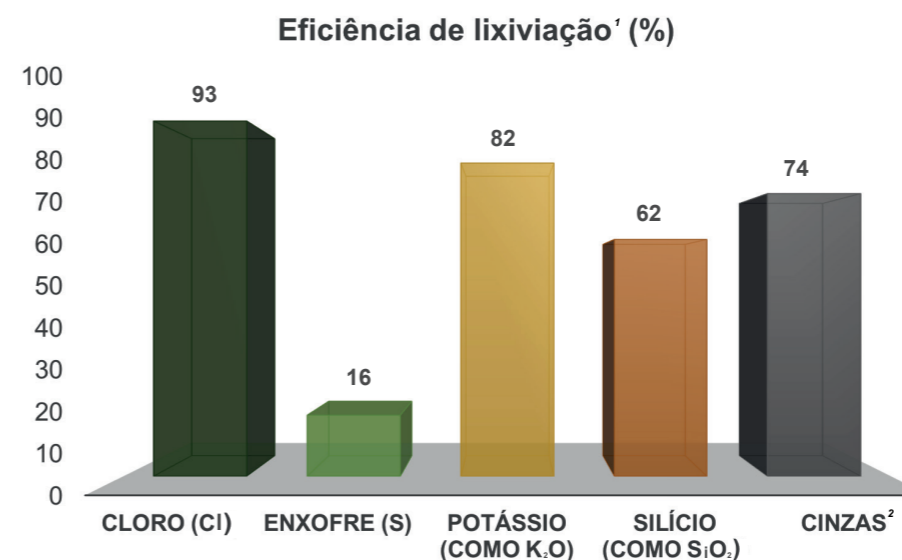
Aspecto da mistura bagaço-palha produzida através da alimentação de palha no último terno de extração em moendas.

ESTUDOS DE LIXIVIAÇÃO DE PALHA EM ESCALA DE BANCADA

Para melhor entender o processo de lixiviação de compostos químicos prejudiciais da palha, o Projeto SUCRE realizou testes em escala de bancada em condições controladas. Os experimentos foram conduzidos em “shaker” agitado e extrator, utilizando-se palha seca e triturada. Foi estudada a influência das variáveis de processo, como temperatura, tempo, relação palha/água, eficácia de agitação

e número de estágios de lavagem, na eficiência de lixiviação. O estudo conduzido em extrator apresentou as eficiências mais elevadas de lixiviação.

A partir desses estudos, foram identificados parâmetros que podem ser otimizados em escala industrial, como a eficácia de agitação, tempo de contato, além da temperatura e qualidade da água de lavagem.



Condições: 20°C, 1500 rpm, 1:75 (m_{palha}:m_{água}), 3 min., 3x (trocando a água entre os estágios).

1 Eficiência de lixiviação relativa, calculada através da diferença entre as concentrações dos elementos nas amostras coletadas antes e depois do processo de lavagem.

2 Representa a redução relativa do teor de cinzas da palha antes e depois do processo de lavagem.

PROPOSTAS DO SUCRE PARA O PROCESSAMENTO DE PALHA

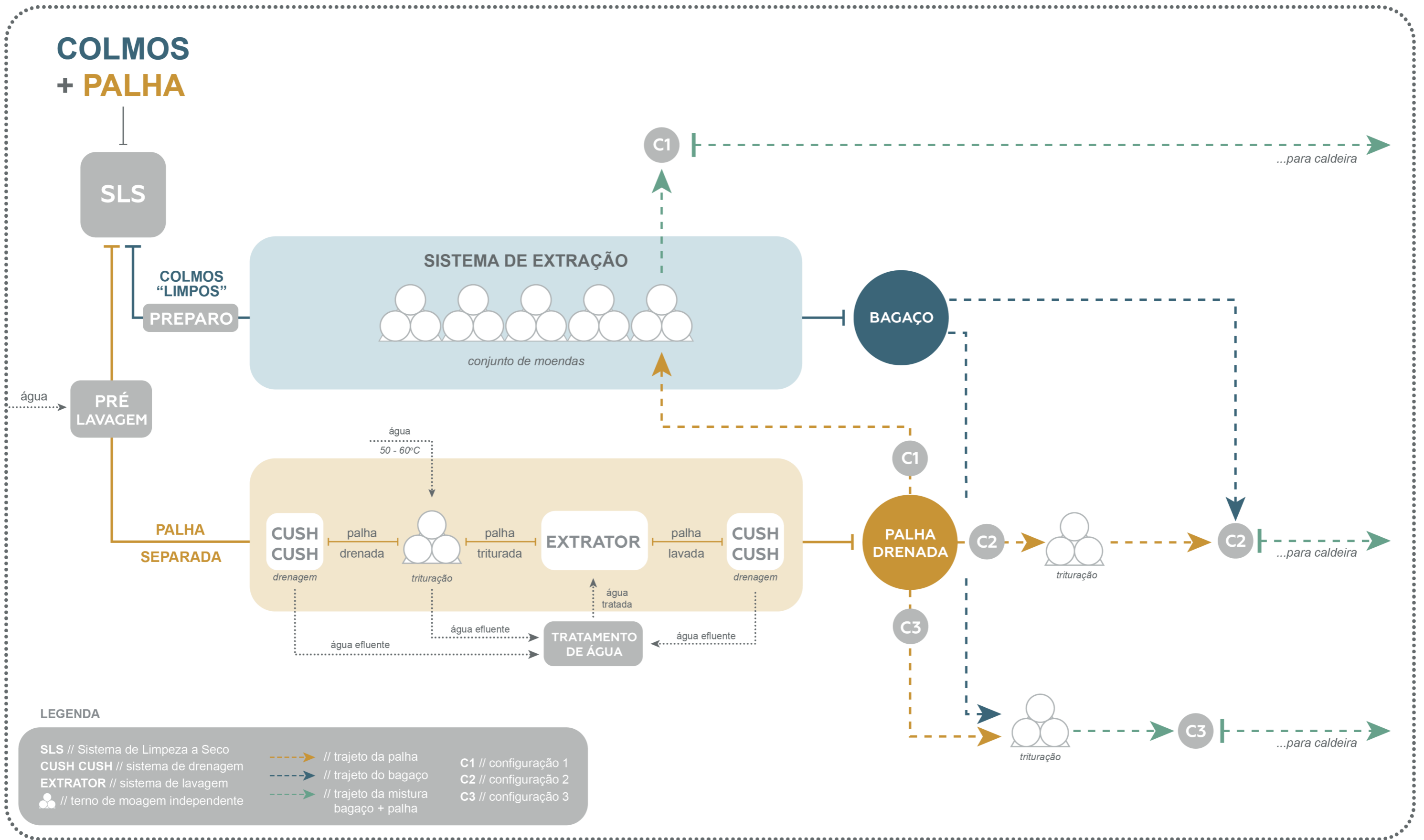
As propostas do Projeto permitem o condicionamento de palha separada pelo Sistema de Limpeza a Seco ou palha desenfundada. A primeira etapa envolve a pré-lavagem da palha, seguida por drenagem em tela cush-cush e trituração em um terno independente de moagem com adição de água de embebição entre 50° e 60°C, que remove parte das impurezas e adequa a granulometria da palha. Em seguida, a palha segue para a lavagem em um extrator de impurezas minerais, é drenada novamente em uma tela cush-cush e, a partir desta etapa, o SUCRE propõe três configurações possíveis. Na primeira, para aqueles que têm capacidade de moagem ociosa, a palha é alimentada no último terno

de extração e misturada ao bagaço; na segunda, a palha é triturada em um terno independente de moagem e é adicionada ao bagaço em transportadores de correia; e na terceira, a palha é misturada a uma parte do bagaço produzido, utilizando-se um terno de moenda independente. Para um consumo mais consciente, toda a água utilizada no processo deve ser tratada e reaproveitada, possibilitando baixas taxas de reposição desse recurso.

A expectativa com as propostas do SUCRE é possibilitar a utilização de maiores concentrações de palha na mistura com o bagaço, como 25% em massa (base seca).

PROPOSTAS DO PROJETO SUCRE PARA O PROCESSAMENTO DE PALHA

Três configurações possíveis





CNPEM
Centro Nacional de Pesquisa
em Energia e Materiais

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA,
INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES



PÁTRIA AMADA
BRASIL
GOVERNO FEDERAL

AVISO LEGAL

Apesar das informações neste arquivo derivarem de fontes confiáveis e os autores, revisores e editores deste material terem tomado medidas abrangentes para garantir a compilação e processamento destas informações em padrões comumente aceitos, o Centro Nacional de Pesquisa em Energia e Materiais – CNPEM, seus representantes, funcionários, diretores, agentes, fornecedores ou terceiros mencionados neste arquivo não fazem qualquer declaração ou dão qualquer tipo de garantia, expressa ou implícita, sobre a veracidade, exatidão, adequação ou conformidade da informação para uma finalidade específica (comercial ou não) ou ausência de infração de propriedade intelectual ou direito autoral. Em nenhuma hipótese o CNPEM, seus representantes, funcionários, diretores, agentes, fornecedores ou terceiros serão responsáveis por danos diretos, indiretos, incidentais, punitivos, especiais ou consequenciais de qualquer natureza (incluindo, sem limitação, danos materiais e morais decorrentes do uso, incapacidade de uso ou resultados do uso) sejam eles baseados em garantia, contrato, responsabilidade civil ou qualquer outra teoria legal ou equitativa. O conteúdo desta publicação é protegido por leis de direitos autorais, tratados internacionais ou outros tratados e leis de propriedade intelectual. Exceto se expressamente disposto de forma contrária, os dados gerados pelo CNPEM no bojo do Projeto SUCRE podem ser reproduzidos desde que seja citado a autoria como sendo do Projeto SUCRE/LNBR/CNPEM e mantendo fidelidade ao conteúdo oficial dos documentos publicados.