



# ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA TÉCNICA DE CELULOSE E PAPEL

**“RECOMENDAÇÕES DE BOAS PRÁTICAS OPERACIONAIS PARA  
EVITAR EXPLOSÕES NO TANQUE DISSOLVEDOR DE FUNDIDO  
(TANQUE DE DISSOLUÇÃO DE “SMELT”), EM CALDEIRA DE  
RECUPERAÇÃO QUÍMICA”**

**COMISSÃO TÉCNICA DE RECUPERAÇÃO E ENERGIA**

**OUTUBRO DE 2007**

## **INTRODUÇÃO**

A caldeira de recuperação química apresenta problemas operacionais e de segurança que de longe excedem aos de uma caldeira de força convencional. A caldeira de recuperação química é uma unidade que queima a parte orgânica do licor preto, cujo calor resultante funde a parte inorgânica que contém os sais de sódio que é drenada da fornalha em forma de fundido para o tanque dissolvedor de fundido e ao mesmo tempo o calor excedente é utilizado para a geração de vapor.

Enquanto a maior parte do calor é proporcionada pela combustão do licor preto, em alguma ocasião é necessária a utilização de um combustível auxiliar (óleo combustível ou gás natural de petróleo), como em partida ou parada da unidade, para regular a camada de licor preto, para evitar o enegrecimento da camada de licor preto ou mesmo para a geração de vapor adicional.

A complexidade do processo e de equipamentos apresenta um grande desafio aos operadores de caldeira de recuperação química. Na maioria dos casos, o operador de caldeira de recuperação química necessita de um grau de treinamento grande, um bom senso e uma reação pessoal e de instrumentação para uma operação com segurança. Muitas vezes os operadores são forçados a avaliar uma situação muito rapidamente e corrigi-la sem ter todos os fatos em mãos.

A ocorrência de explosão em tanque dissolvedor de fundido enfatiza a necessidade de ações pelas fábricas e pelos fornecedores de equipamentos.

As recomendações desenvolvidas não pretendem de maneira nenhuma esgotar o assunto, porém cada vez ser revisada e melhorada, na medida das experiências dos profissionais que trabalham na área da caldeira de recuperação química que, sem sombra de dúvida, os operadores são as grandes ferramentas para esse propósito.

## **TANQUE DISSOLVEDOR DE FUNDIDO**

Pontos de importância que devem ser levados em consideração para garantir uma boa operação do tanque dissolvedor de fundido, sem risco de explosão, conforme BLRBAC – Black Liquor Recovery Boiler Advisory Committee.

### **1 - PROJETO**

Com intuito de minimizar a exposição de uma explosão no tanque dissolvedor de fundido, os seguintes equipamentos e facilidades devem ser levados em consideração, durante a fase do projeto da caldeira de recuperação química:

- 1.1 - Sucção em um nível superior para a bomba de transferência de licor verde. Operando a transferência de licor verde por uma sucção em um nível superior haverá sempre uma garantia da manutenção do nível de líquido no tanque dissolvedor de fundido.

- 1.2 - Jatos fragmentadores a vapor de fundido adequados para todas as bicas de fundido (bica de "smelt"), com válvulas manuais de controle de vazão de vapor em local seguro e de fácil acesso. Para auxiliar a fragmentação de fundido durante um fluxo excessivo de fundido, prever a instalação de um sistema adicional que possa ser utilizado prontamente.
- 1.3 - A agitação do licor verde deve ser adequada e suficiente, contudo pode haver um sistema reserva de agitação, com intuito de prevenir o acúmulo de sólidos.
- 1.4 - Sistema de controle de densidade do licor verde, o qual possa ser verificado periodicamente por teste padrão.
- 1.5 - Sistema de controle de nível confiável no tanque dissolvedor de fundido.
- 1.6 - Sistema de suprimento de água de diluição de fundido emergencial.
- 1.7 - Sistema de recirculação de licor verde bruto no tanque dissolvedor de fundido. Esse sistema operando adequadamente auxilia bastante nas pequenas explosões.

## **2 - OPERAÇÃO**

- 2.1 - Verificar se as válvulas de sucção inferior e do dreno do tanque dissolvedor de fundido estão fechadas, quando da queima de licor preto e/ou combustível auxiliar (óleo combustível ou gás natural de petróleo).
- 2.2 - Confirmar de que o transbordo do tanque dissolvedor de fundido está limpo e livre de qualquer obstrução.
- 2.3 - Assegurar que há nível normal e adequado de licor branco fraco (lavado fraco ou água alcalina) ou água no tanque dissolvedor de fundido, antes de iniciar a queima de licor preto.
- 2.4 - Assegurar que todos os agitadores do tanque dissolvedor de fundido estejam operando adequadamente
- 2.5 - Assegurar que as bombas de recirculação de licor verde bruto estejam operando adequadamente, não deixando de verificar se as válvulas manuais de sucção e de recalque das bombas estejam abertas.
- 2.6 - Assegurar que há um fluxo normal e adequado de água de refrigeração da bica de fundido, antes de iniciar a queima de licor preto.
- 2.7 - Manter a concentração do licor verde bruto na faixa de 150 a 170 g/L como NaOH (116 a 132 g/L como Na<sub>2</sub>O), com intuito de evitar a cristalização. Se ocorrer a cristalização ou tiver conhecimento de que há fundido no tanque dissolvedor de fundido, deve haver um meio seguro de fechar a fonte de diluição para o tanque.

- 2.8 - Os operadores devem ter instruções e procedimento em como reconhecer e lidar com uma alta densidade do licor verde, impedindo ou a real cristalização no tanque dissolvedor de fundido.
- 2.9 - Quando o fluxo de fundido é baixo ou na ocorrência de uma anormalidade, o pessoal operacional deve imediatamente fazer todo o possível em manter as aberturas das bicas de fundido desobstruídas, enquanto a camada estiver quente.
- 2.10 - Alarme de corrente alta nos motores dos agitadores, alarme de temperatura alta e alarme de densidade alta no tanque dissolvedor de fundido, são ferramentas que devem ser utilizadas pelos operadores, para alertar de uma indicação potencial de um fluxo excessivo de fundido ou uma condição de perigo potencial no tanque.
- 2.11 - Durante uma anormalidade mais séria no controle da camada de licor preto ou de fluxo de fundido para o tanque dissolvedor de fundido, o pessoal operacional deve considerar a ativação do alarme para alertar o pessoal de apoio, para as condições de emergência e assegurar que todo o pessoal desnecessário não acesse a área afetada da caldeira de recuperação química. Também alertar todo o pessoal operacional da unidade com uma comunicação verbal, informando a natureza da emergência.

### **3 - SISTEMA DE ALARME**

Os operadores devem imediatamente investigar e tomar uma ação para a causa dos seguintes alarmes:

	Audível	Indicação
3.1 - Corrente alta nos motores dos agitadores do tanque	x	
3.2 - Nível do tanque		x
3.3 - Nível baixo do tanque	x	
3.4 - Densidade do licor verde		x
3.5 - Densidade alta do licor verde	x	

Na sequência, serão detalhados, os pontos de relevância levantados na pesquisa realizada com 16 (dezesesseis) fábricas de celulose e papel brasileiras das 23 (vinte e três) que possuem caldeiras de recuperação química, como recomendações para evitar ou minimizar a explosão no tanque dissolvedor de fundido.

Do total de 33 (trinta e três) caldeiras de recuperação operacionais, foram coletados dados de 25 unidades, o que é bastante representativo.

## **A - Bica de fundido (bica de “smelt”)**

A.1 - Assegurar de que há uma vazão normal e adequada de água de refrigeração da bica de fundido, antes de iniciar a queima de licor preto.

A.2 - O controle da temperatura da água de refrigeração da bica de fundido, na faixa de 60 a 70°C, é importante. Uma temperatura muito baixa pode resultar em uma maior necessidade da limpeza e conseqüentemente um desgaste maior da canaleta da bica de fundido e uma temperatura muito alta pode haver uma vaporização da água resultando em um superaquecimento provocando um rompimento da bica e conseqüente explosão.

A.3 - Para preservar o sistema de água de refrigeração da bica de fundido sem corrosão, fazer o controle de pH da água, o qual deve estar na faixa de 9,0 a 10,0. O produto químico mais usual para o controle de pH é a soda cáustica. A variação de pH é devida a evaporação que há no sistema e a conseqüente reposição de água.

A.4 - Independentemente do estado da bica de fundido, é recomendável que a mesma seja trocada no final da campanha, isto é, o tempo de vida da bica de fundido deve ser no máximo de uma campanha, quando deverá ser sucateada, nas paradas gerais da fábrica e/ou quando da parada da caldeira de recuperação química para a inspeção, conforme NR-13.

## **B - Jato fragmentador a vapor de fundido**

B.1 - O jato fragmentador a vapor de fundido é um equipamento de vital importância para se evitar explosões no tanque dissolvedor de fundido, por isso a limpeza do mesmo, devido ao alto grau de incrustação deve ser realizada com muito cuidado.

B.2 - O posicionamento ou a centralização do jato fragmentador a vapor de fundido é muito importante, para que haja realmente uma fragmentação adequada do fundido.

B.3 - A pressão e a vazão de vapor do jato fragmentador a vapor de fundido é um outro ponto a ser levado em consideração, para haver uma fragmentação adequada do fundido.

B.4 - A válvula manual de controle de vazão de vapor deve ficar em um local seguro e de fácil acesso.

B.5 - A linha de vapor deve ter um sistema de purga eficiente, evitando-se o arraste de condensado para o jato fragmentador a vapor de fundido, o que causa explosões devida a reação água-fundido.

B.6 - Para auxiliar a fragmentação de fundido durante um fluxo excessivo de fundido, é recomendável a instalação de um sistema adicional que possa ser utilizado prontamente. Esse sistema emergencial auxilia em muito, evitando ou minimizando as explosões no tanque dissolvedor de fundido.

B.7 - A manutenção do jato fragmentador a vapor de fundido deve ser realizada de tal forma a manter a mais alta disponibilidade do equipamento.

### **C - Agitador do tanque dissolvedor de fundido**

C.1 - Após uma parada, no reinício da operação da caldeira de recuperação, certificar-se de que os agitadores estão em condições normais e em operação.

C.2 - A agitação no tanque dissolvedor de fundido deve ser bastante eficiente e em número suficiente de agitador, evitando-se que haja acúmulos de sólidos no fundo do tanque.

C.3 - A adequada manutenção e operação dos agitadores do tanque dissolvedor de fundido deve ser considerado como de máxima atenção, principalmente, no caso dos selos ou gaxetas de agitadores horizontais.

C.4 - É recomendável e é importante ter um sistema de injeção de vapor emergencial instalado no tanque dissolvedor de fundido para ser utilizado quando da indisponibilidade de um agitador. Esse sistema manterá o tanque dissolvedor de fundido isento de acúmulos de sólidos no fundo do tanque.

C.5 - A manutenção do agitador do tanque dissolvedor de fundido deve ser realizada de tal forma a manter a mais alta disponibilidade do equipamento, evitando-se vazamento de licor verde pela gaxeta, quebra de pás ou hélices, empenamento ou quebra do eixo.

### **D - Bombeamento de licor verde**

D.1 - Um modo seguro de evitar que haja o esvaziamento total do volume do tanque dissolvedor de fundido, com uma possibilidade grande de acúmulo de sólidos e conseqüente explosão no tanque, é fazer o bombeamento de licor verde pela sucção superior. Isto garantirá a manutenção constante do nível no tanque dissolvedor de fundido.

D.2 - Ter um sistema de controle de nível confiável, porém para o bombeamento de licor verde, a utilização do controlador de nível do tanque dissolvedor de fundido não garante a manutenção do nível e com possibilidade de haver uma explosão.

D.3 - Para evitar que haja a incrustação nas linhas de transferências de licor verde e a dificuldade no bombeamento de licor verde é importante manter um revezamento rigoroso, de pelo menos uma vez a cada oito horas, entre o licor verde e a entrada de lavado fraco. A incrustação nas linhas de transferências de licor verde é considerado crítico, pois implica em perdas de produção na caldeira de recuperação química e caustificação, além de provocar transbordos e degasagens no tanque dissolvedor de fundido.

D.4 - Ter uma terceira linha de transferência de licor verde instalada é uma opção interessante, para ser utilizada em situação emergencial.

## **E - Nível do tanque dissolvedor**

E.1 - Ter um sistema de controle de nível do tanque dissolvedor confiável e que opere com a segurança total, caso contrário se o bombeamento de licor verde é feita com a utilização do controlador de nível do tanque dissolvedor de fundido não garante a manutenção do nível e com possibilidade de haver uma explosão.

E.2 - A utilização de um indicador de nível mecânico com um sensor de fim-de-curso e alarme é uma maneira de se ter uma redundância na indicação de nível do tanque dissolvedor, o que auxilia bastante evitando-se uma possibilidade de haver uma explosão.

E.3 - A utilização de um indicador de nível por radar como complemento aos instrumentos convencionais por pressão, pois esse não sofre com a variação de densidade do licor verde e pode ser calibrado sem necessidade de esvaziar o tanque dissolvedor é uma maneira de se ter uma redundância na indicação de nível do tanque dissolvedor, o que auxilia bastante evitando-se uma possibilidade de haver uma explosão.

## **F - Recirculação de licor verde**

F.1 - Ter um sistema de recirculação de licor verde no tanque dissolvedor de fundido é recomendável, pois esse evita ou minimiza as pequenas explosões, consideradas corriqueiras.

F.2 - Mesmo que haja a necessidade esporádica de limpeza por hidrojateamento das linhas de recirculação de licor verde no tanque dissolvedor de fundido, a mesma proporciona uma operação do tanque dentro da normalidade.

F.3 - Assegurar que as bombas de recirculação de licor verde bruto estejam operando adequadamente, não deixando de verificar se as válvulas manuais de sucção e de recalque das bombas estejam abertas.

## **G - Controle de densidade do licor verde**

G.1 - Após uma parada, no reinício da operação da caldeira de recuperação, isto é, antes de iniciar a queima de licor preto, certificar-se de que o tanque dissolvedor de fundido está com o nível normal de lavado fraco.

G.2 - É importante ter um controlador de densidade do licor verde no tanque dissolvedor de fundido, para que o licor verde esteja dentro dos parâmetros necessários para a área da caustificação e também para evitar que haja a cristalização do licor verde no tanque. Normalmente o controle de densidade do licor verde no tanque dissolvedor de fundido é feito com lavado fraco.

G.3 - Havendo dúvidas com relação ao controlador de densidade do licor verde no tanque dissolvedor de fundido, fazer a medição através de densímetros ou aerômetros, em intervalos de tempo adequados, é recomendável e é importante para evitar a cristalização do licor verde.

G.4 - É importante manter a concentração do licor verde, como álcali total titulável, na faixa de 150 a 170 g/L como NaOH (116 a 132 g/L como Na<sub>2</sub>O), determinado através da titulação, com a finalidade de evitar a cristalização do licor verde no tanque dissolvedor de fundido. Se ocorrer a cristalização ou tiver conhecimento de que há fundido no tanque, deve haver um meio seguro de fechar a fonte de diluição para o tanque. Uma concentração acima de 180 g/L como NaOH (140 g/L como Na<sub>2</sub>O) é crítica, havendo a possibilidade da cristalização.

G.5 - Outros pontos importantes que poderão ser levados em consideração, para prevenir uma possível cristalização do licor verde, são: a vazão de lavado fraco versus a massa de sólidos secos queimados, a temperatura do licor verde no tanque dissolvedor de fundido, a corrente do motor da bomba de transferência de licor verde.

G.6 - Para o controle de densidade do licor verde no tanque dissolvedor de fundido é recomendável que haja uma linha de água fresca de alta disponibilidade ou água para o combate a incêndio, para a utilização, em caso emergencial, na falta de lavado fraco.

## **H - Sulfidez do licor verde**

H.1 - Observa-se na prática que uma sulfidez (sulfididade) do licor verde abaixo de 22,0% (vinte e dois por cento), o fundido sendo dirigido ao tanque dissolvedor de fundido tem uma baixa fluidez, o que acarreta esporadicamente em um fluxo excessivo ou em uma má fragmentação do mesmo, causando explosões. Para evitar ou minimizar essas explosões é recomendável observar o parâmetro da sulfidez indicado.

## **I - Tanque dissolvedor de fundido**

I.1 - Verificar se todas as válvulas de sucção inferior e do dreno do tanque dissolvedor de fundido estão fechadas, quando da queima de licor preto e/ou combustível auxiliar (óleo combustível ou gás natural de petróleo).

I.2 - Confirmar de que o transbordo e a saída dos gases do tanque dissolvedor de fundido está limpo e livre de qualquer obstrução.



Este trabalho foi elaborado com o apoio da ABTCP – Associação Brasileira Técnica de Celulose e Papel e das empresas participantes da Comissão Técnica de Recuperação e Energia. A metodologia utilizada foi a elaboração de um questionário específico sobre as boas práticas, problemas e experiências das fábricas do setor, o qual foi condensado de forma representativa. Documentação do setor e de Comitês de outros países foi utilizada como material de apoio.

O trabalho foi desenvolvido com a participação das seguintes empresas, as quais deixo os meus agradecimentos:

- 1 - Aracruz Celulose S.A. – Barra do Riacho
- 2 - Bahia Pulp S.A.
- 3 - Cenibra – Celulose Nipo-Brasileira S.A.
- 4 - International Paper – Luiz Antônio
- 5 - Jari Celulose S.A.
- 6 - Klabin Papéis – Correia Pinto
- 7 - Klabin Papéis – Monte Alegre
- 8 - Klabin Papéis – Otacílio Costa
- 9 - Lwarcel – Celulose e Papel Ltda.
- 10 - Orsa – Celulose, Papel e Embalagens S.A.
- 11 - Rigesa Ltda.
- 12 - Ripasa S.A. – Celulose e Papel
- 13 - Suzano Celulose e Papel – Mucuri
- 14 - Suzano Celulose e Papel – Suzano
- 15 - VCP – Votorantin Celulose e Papel – Jacareí
- 16 - Veracel Celulose S.A.

Realizado por Yoshiro Nagao – Orsa - Celulose, Papel e Embalagens S.A.

Revisão 0 - 17 de agosto de 2007  
Revisão 1 - 07 de novembro de 2007