

# INÍCIO DE OPERAÇÃO E ESTABILIZAÇÃO DA COQUERIA DA CSP\*

Elida Sousa<sup>1</sup>

Gustavo Massarenti Lopes<sup>2</sup>

Luiz Cláudio Costa<sup>3</sup>

## Resumo

Neste trabalho são apresentados o planejamento e preparação para o início da operação, o período de “*ramp up*” e estabilização da produção da Coqueria da Companhia Siderúrgica do Pecém, incluindo a elaboração dos procedimentos para operação aliado a implantação do sistema de gestão da qualidade; definição do quadro de pessoal, seleção, contratação e treinamento; a estruturação, planejamento e execução do comissionamento; curva de “*heating up*” das baterias; definição da mistura de carvões; “*ramp up*” e estabilização da planta; apresentação dos resultados dos principais indicadores de produção e qualidade.

**Palavras-chave:** Coqueria; Comissionamento; Início da Operação; Estabilização.

## START UP AND STABILIZATION OF CSP COKE PLANT

### Abstract

In this work are presented the planning and preparation for the start up, the ramp up period and stabilization of the coke plant production of Companhia Siderurgica do Pecém. It are also including the elaboration of the procedures for operation together with the implementation of the quality management system; definition of staff, selection, hiring and training; structuring, planning and execution of commissioning, coke oven batteries heating up curve, coal mix definition; presentation of the results of the main indicators of production and quality in the period of ramp up and stabilization of the plant.

**Keywords:** Coke Plant; Commissioning; Start Up; Stabilization.

<sup>1</sup> Engenheira Química, Analista de Processos; Gerência Técnica da Redução, Companhia Siderúrgica do Pecém, São Gonçalo do Amarante, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup> Engenheiro de Materiais, Especialista de Coqueria, Gerência Técnica da Redução, Companhia Siderúrgica do Pecém, São Gonçalo do Amarante, Ceará, Brasil.

<sup>3</sup> Engenheiro Metalurgista, M.sc., Especialista de Coqueria, Gerência Técnica da Redução, Companhia Siderúrgica do Pecém, São Gonçalo do Amarante, Ceará, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

A CSP (Companhia Siderúrgica do Pecém), situada na ZPE (Zona de Processamento de Exportação) do complexo portuário do Pecém, no município de São Gonçalo do Amarante, no estado do Ceará, é uma siderúrgica integrada, projetada para uma produção 3.000.000 t/ano de placas.

A planta da Coqueria da CSP tem quatro interfaces a jusante e a montante, sendo elas, com o pátio de matérias primas responsável por estocar e fornecer os carvões, com a planta de tratamento de gás que recebe e trata o gás de Coqueria gerado no processo de destilação do carvão mineral (hulha), e com o Alto Forno que é o cliente e consumidor do coque grosso com granulometria maior que 25mm produzido na Coqueria, além da Sinterização que consome o coque fino com granulometria menor que 25mm.

Seus principais equipamentos são listados abaixo na sequência do processo.

- a- Preparação de Carvões:
  - Silo pulmão de 100t;
  - 2 Britadores tipo martelo com capacidade de 300t/h cada;
  - Sistema de Blendagem composto de 14 silos sendo 10 silos com capacidade de 300t e 4 silos com capacidade de 150t, e todos dotados com correias dosadoras;
  - 2 silos para abastecimento das baterias de coque com capacidade de 1250t cada.
- b- Baterias de Coque:
  - 2 conjuntos de máquinas (Enfornadora, Desenfornadora, Guia e Apagador);
  - 100 fornos de coqueificação com 7,6m de altura, 0,55m de largura e volume útil de 63,38m<sup>3</sup>;
  - Capacidade de produção de coque anual de 1.300kt;
  - 1 torre de extinção;
  - 1 rampa de coque;
  - Sistema de captação dos particulados gerados no desenformamento do coque.
- c- Transporte de Coque:
  - 1 sistema de peneiramento com malha de 25mm;
  - 1 pátio de coque com capacidade para 30.000t;

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

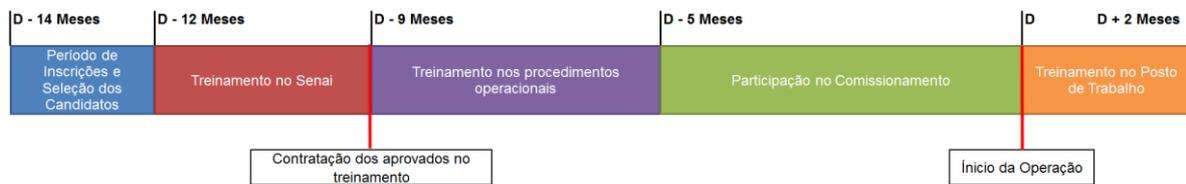
### 2.1 Planejamento e Preparação Para o Start Up

#### 2.1.1 Definição do quadro de pessoal, contratação e treinamento

O projeto da CSP, por ser situado na ZPE possui uma serie de concessões fiscais. A contrapartida esperada pelo governo do estado é o desenvolvimento da economia do estado e criação de emprego para a população. Com esse intuito, foi estabelecido um acordo para que 70% da mão de obra da empresa fosse local.

A economia cearense, não possui tradição na indústria de base, como ocorre no caso das outras usinas siderúrgicas situadas no Sudeste, portanto, não há mão de obra local disponível com experiência industrial, como ocorre no Sudeste. Dado este cenário, foi necessário, traçar um programa de formação de operadores que foi feito

em parceria com o Senai. Na figura abaixo, podemos observar a linha do tempo com as principais etapas do programa de capacitação desenvolvido:



**Figura 1.** Linha de tempo do programa de formação de operadores.

Na etapa do Senai, **ocorreram treinamentos em padrões** de segurança, siderurgia básica e treinamento específico da área de destinação dos operadores, utilizando os manuais dos equipamentos elaborados, já mencionados no tópico anterior.

Para compor o restante da mão de obra ligada a operação, os 30% restantes, foram contratadas pessoas com experiência prévia em siderurgia, ou em indústrias afins. Pessoal que foi destinado principalmente aos cargos de liderança, incumbidos de capacitar os 70% inexperientes, trabalhando como “padrinhos” destes.

Com o fim do programa do Senai, e o ingresso na CSP, ficou a cargo destes padrinhos dar continuidade no programa de formação ministrando treinamento nos procedimentos e acompanhando os operadores em treinamento durante o comissionamento e treinamento no posto de trabalho. Esta última etapa foi findada com base na avaliação realizada pelos “padrinhos” e por uma banca técnica formada pela liderança. Neste momento ouve uma cerimônia na qual foi retirado a identificação “em treinamento” que estes operadores utilizavam.

### 2.1.2 Elaboração de procedimentos, manuais e estruturação do sistema de gestão

A CSP enfrentou um cenário bem desafiador no início de suas operações: operar com 70% da mão de obra local – sem experiência em ambientes industriais semelhantes ao siderúrgico – e certificar seu sistema de gestão de qualidade em paralelo à partida da usina.

Para sustentar esse cenário, foi necessário um esforço desempenhado desde 2014 na preparação de documentação para estruturação do sistema de gestão e treinamento do pessoal.

A partir dos manuais dos equipamentos entregues pelos fabricantes, foram desenvolvidos manuais de treinamento específicos de forma ilustrativa e com linguagem simplificada para treinamento da mão de obra local, durante um programa de capacitação em parceria com o Senai.

Com base nos manuais dos equipamentos, em treinamentos ministrados por supervisores experientes da empresa responsável pelo projeto e na experiência previa de 30% da mão de obra contratada, foram desenvolvidos os fluxos de processo e operação, procedimentos técnicos e operacionais, com objetivo de padronizar a operação da planta e respaldar o sistema de gestão da qualidade.

### 2.1.3 Comissionamento

O comissionamento, foi dividido em três etapas, sendo elas: pre-comissionamento, comissionamento a frio e, por fim, comissionamento a quente. Estrategicamente, para realização do comissionamento, a coqueria foi dividida em grupos de equipamentos, totalizando seis grupos, sendo eles:

- Preparação de Carvões (Britagem, Sistema de Dosagem e Correias Transportadoras que contemplam este sistema até o abastecimento da torre de carvão na bateria de coque);
- Transporte de Coque (Peneiramento Primário, Pátio de Coque e Correias Transportadoras que contempla o sistema de abastecimento de coque até os silos dos Altos Fornos);
- Baterias de Fornos de Coque – primeiro estágio (montagens até o início do heating up – Montagem Refratária exceto fechamento do topo, Sistema de Reversão dos Gases, Sistema Utilizado para o “heating up” e Estrutura metálica de amarração das baterias);
- Baterias de Fornos de Coque – segundo estágio (montagem durante e após o heating up – Sistema de coleta dos gases gerados na Coqueificação e envio para a Planta de Tratamento de Gás; Fechamento do refratário do topo das baterias);
- Máquinas Móveis (Desenfordadoras, Enfordadoras, Carros de Transferência de Coque e Carros de Apagamento);
- Torre de apagamento, Rampa de Coque e Sistema de Despoeiramento do Desenformamento.

Em linhas gerais, as fases de pré-comissionamento e comissionamento a frio, contemplaram os seguintes testes:

- Testes de sinal e de continuidade (sinal e continuidade);
- Testes individuais de cada equipamento (local e remoto);
- Testes de grupo (comunicação entre equipamentos);
- Teste Integrado;
- Teste de interface com os equipamentos de outras plantas a jusante e montante;

Nos testes de sinal e de continuidade, foi verificada a continuidade de todo o cabeamento elétrico e de dados da planta, e a resposta de sinal dos equipamentos e sensores simulando sinais das possíveis falhas dos equipamentos e verificando a transmissão.

Nos testes individuais foram verificadas as condições de cada equipamento individualmente, verificando parâmetros como vibração, temperatura, etc.

Nos testes de grupo, foram verificados os intertravamentos, condições para partida/parada dos equipamentos.

No teste geral, foram verificadas as mesmas questões dos testes de grupo, focando nas interfaces entre os grupos.

Por último, o teste de interfaces, verificou os intertravamentos, condições para partida/parada dos equipamentos que possuem interface com as áreas a montante e a jusante, sendo verificada a comunicação entre as plantas.

Para realização do comissionamento a quente, houve um planejamento dos principais marcos a serem realizados antes do evento principal do início de operação da Coqueria. Conforme figura abaixo:

|                              |   |  |  |  |
|------------------------------|---|--|--|--|
| <b>Principais Marcos</b>     | <b>Comissionamento a Frio</b>   | <b>SNG - Sistema Preparado</b><br>↓  | <b>Heating Up - 1º Estágio</b><br>↓  |  |
|                              |   | <b>D-135</b>   | <b>D-100</b>   |  |
| <b>Principais Atividades</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Testes de linha;</li> <li>- Testes individuais;</li> <li>- Teste de grupo;</li> <li>- Testes Integrados;</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- SNG - Sistema Preparado;</li> <li>- Sistema de Amarração Metálica;</li> <li>- Queimadores e Termopares preparados;</li> <li>- Teste do Sistema de Reversão;</li> <li>- Secagem da Chaminé em D-10;</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Término do recebimento de carvões para a mistura no pátio de carvões em D-60;</li> <li>- Controle de temperatura durante o heating up;</li> <li>- Ajuste das molas do sistema de amarração metálica;</li> <li>- Medição de expansão;</li> </ul> |  |
| <b>Principais Marcos</b>     | <b>Heating Up - 2º Estágio Regenerativo</b><br>↓  | <b>Recebimento de Carvão no Silo</b><br>↓  | <b>Primeiro Enfornamento</b><br>↓<br><b>Primeiro Coque</b>   |  |
|                              | <b>D-38</b>   | <b>D-30</b>  | <b>D-1 D</b>   |  |
| <b>Principais Atividades</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ajuste de combustão utilizando SNG;</li> <li>- Início do Comissionamento a quente das máquinas móveis;</li> <li>- Início da retirada dos tijolos de sacrifício do aquecimento (Dutch Oven);</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Início do comissionamento a quente da preparação de carvões;</li> <li>- Teste de linearidade dos fornos (teste com o êmbolo da Desenfornadora);</li> <li>- Limpeza da soleira dos fornos;</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Teste Integrado (Simulação da operação);</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Início de Operação;</li> <li>- Início do aquecimento com Gás de Coqueria no D+5;</li> </ul> |

**Figura 2.** Principais Marcos e Atividades para o comissionamento da Coqueria.

Como principal evento do comissionamento a quente teve o “heating up” das baterias de coque, evento este em que as Baterias são aquecidas seguindo uma curva de aquecimento pré-definida que será detalhada abaixo.

O aquecimento foi realizado utilizando como combustível uma mistura de GLP e ar, chamada de SNG (“Sintetic Natura Gas), com o objetivo de obter um gás com poder calorífico inferior (PCI) próximo ao do gás natural, uma vez que não havia disponibilidade de fornecimento de gás natural para a CSP. Para queimar este gás no interior dos fornos das baterias de coque, foi utilizado um “canhão” que atravessa as portas dos fornos injetando o SNG e o ar para queima e a combustão ocorrendo dentro dos fornos das baterias de coque. Foram montados fornos falsos que serviram de material de sacrifício para que a chama da queima no interior dos fornos não insidisse diretamente no refratário das paredes dos fornos das baterias de coque. Na figura 3 abaixo segue o esquema do sistema utilizado para aquecimento das baterias de coque.

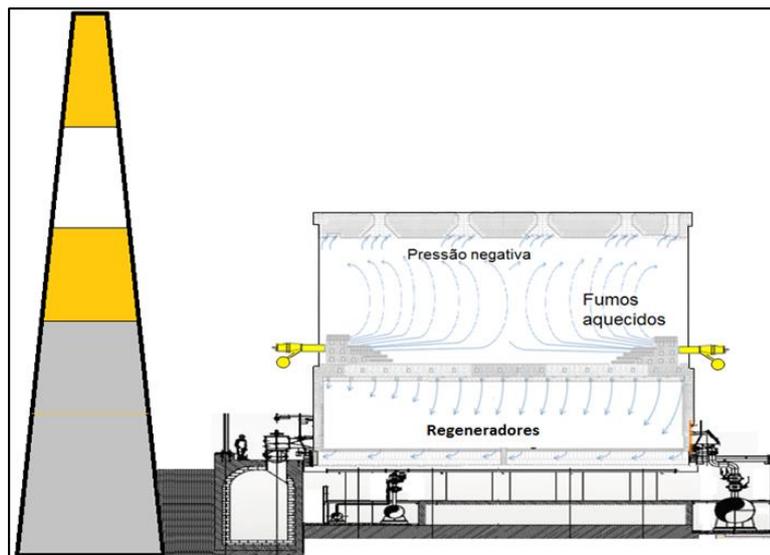


Figura 3. Desenho esquemático do sistema de queima de SNG.

A parte mais crítica do heating up é a dilatação dos tijolos de sílica, que devem ter uma dilatação retilínea e igual em toda sua massa estrutural. Devido as diversas transformações de fase da sílica nesse processo, o aquecimento deve ser feito de forma suave e bem controlada. Assim a curva de temperatura dos tijolos refratários deve ser bem planejada.

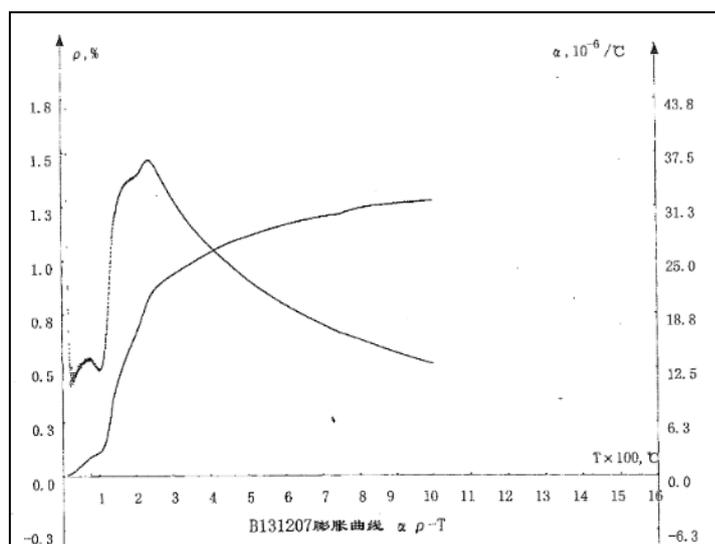
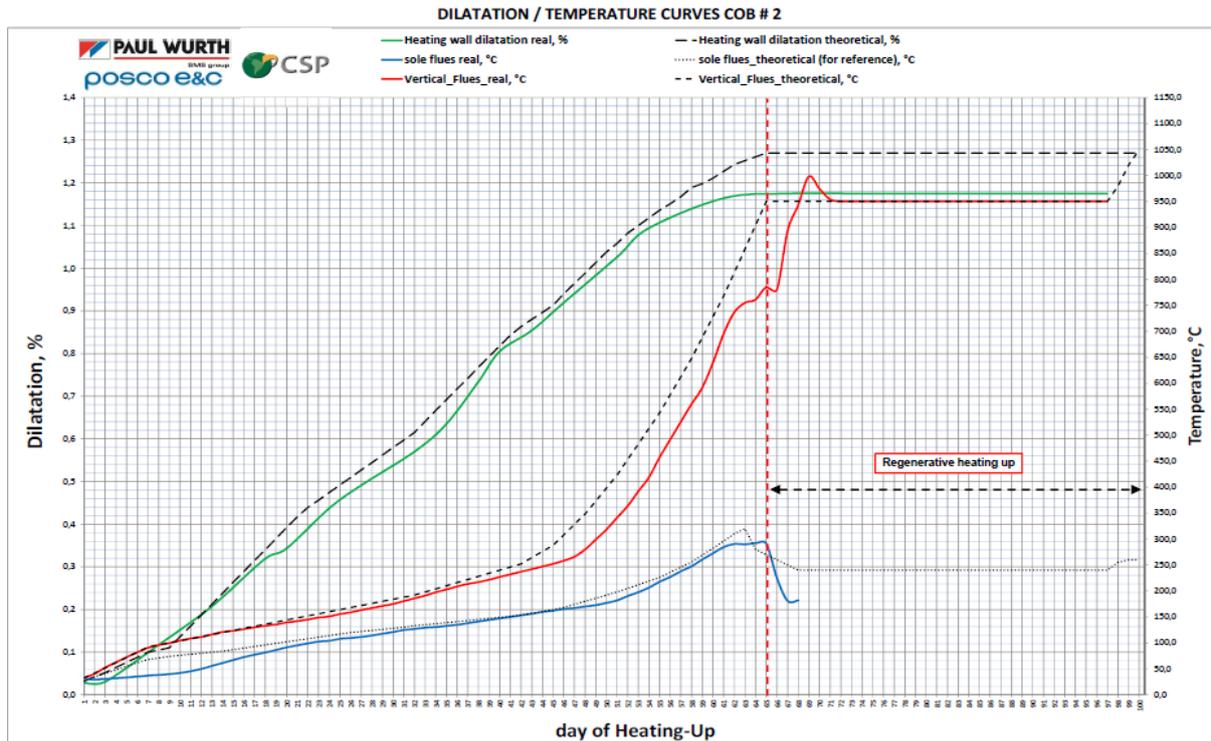


Figura 4. Curva de dilatação dos tijolos de sílica obtida pelo fornecedor.

Baseado na informação da curva de dilatação dos tijolos de sílica obtida com o fornecedor, como é possível observar na figura 4, a taxa de expansão total do tijolo de sílica fornecido é de aproximadamente 1,3%. Com isso, e devido as diversas transformações de fases sofridas pela sílica durante o aquecimento, foi definida uma curva de aquecimento de forma suave, objetivando uma taxa de expansão de 0,02% ao dia.

Abaixo segue figura que mostra as curvas de aquecimento e de expansão planejadas assim como as curvas realizadas.



**Figura 5.** Curvas de aquecimento e expansão das baterias de coque. As linhas pontilhadas são a programação e as contínuas os valores medidos de temperatura e dimensões da Bateria.

Após atingir temperatura de 800°C, o aquecimento foi alterado do sistema inicial com “canhões” pelas portas para o sistema normal de aquecimento das baterias em operação, o sistema regenerativo. Após esta alteração a temperatura manteve-se em 1050°C até o início de operação, primeiro enformamento, momento em que a temperatura foi ajustada para 1100°C.

## 2.1.4 Mistura de Carvões

### 2.1.4.1 Planejamento da Mistura de Carvões para o início de operação

A CSP junto com o centro de pesquisa de uma empresa terceirizada, iniciou alguns testes em forno piloto com os carvões da lista. O objetivo inicial era ter uma mistura de carvões que produzisse um coque de alta qualidade para o Alto Forno e também que essa mistura tivesse alta contração para facilitar os primeiros desenformamentos na Coqueria.

Como mostra na tabela 1, a estratégia de compra de carvões foi alterada ao longo do tempo, levando em conta os preços dos carvões no mercado internacional, a falta de oferta de alguns carvões programados e a necessidade de redução de custo. Esse novo planejamento incluiu novos carvões como os semi-soft australianos e os semi-soft americanos. Sendo que as misturas objetivaram os seguintes parâmetros de qualidade mostradas na tabela 2.

| Origem           | Carvões por tipo | Ramp-up Blend | Estabilização Blend | Atual Blend |
|------------------|------------------|---------------|---------------------|-------------|
| América do Norte | AV (Hard)        | 12%           | 11%                 | 11%         |
| Austrália        | MV (Hard)        | 22%           | 20%                 | 12%         |
| África           | MV (Hard)        | 24%           | 28%                 | 25%         |
| América do Norte | MV (Semi-Hard)   | 13%           | 9%                  | 11%         |
| Austrália        | MV (Semi-Hard)   | 19%           | 22%                 | 0%          |
| América do Sul   | MV (Semi-Soft)   | 10%           | 10%                 | 0%          |
| América do Norte | Semi-Soft        | 0%            | 0%                  | 7%          |
| Austrália        | Semi-Soft        | 0%            | 0%                  | 34%         |

**Tabela 1.** Planejamento de Misturas de Carvões para o início de operação e sua evolução até a atual.

| Parâmetros           | Ramp-up Blend | Estabilização Blend | Atual Blend |
|----------------------|---------------|---------------------|-------------|
| Material Volátil (%) | 26,0          | 27,0                | 27,0        |
| Cinza (%)            | 9,5           | 9,5                 | 9,8         |
| Enxofre (%)          | 0,67          | 0,65                | 0,70        |
| Fluidez (log ddpm)   | 2,80          | 2,85                | 2,90        |
| Reflectância (%)     | 1,0           | 1,0                 | 1,1         |

**Tabela 2.** Principais parâmetros de qualidade objetivados na mistura.

O planejamento de misturas de carvões teve como objetivo atender a especificação de qualidade do coque, que é mostrada na tabela 3.

A especificação de qualidade do coque foi definida pela equipe técnica da Redução, de acordo com as necessidades para o primeiro carregamento (partida do forno) e condições de operação do Alto Forno a partir da estabilização. A qualidade estabelecida foi conforme tabela 3 mostrada anteriormente.

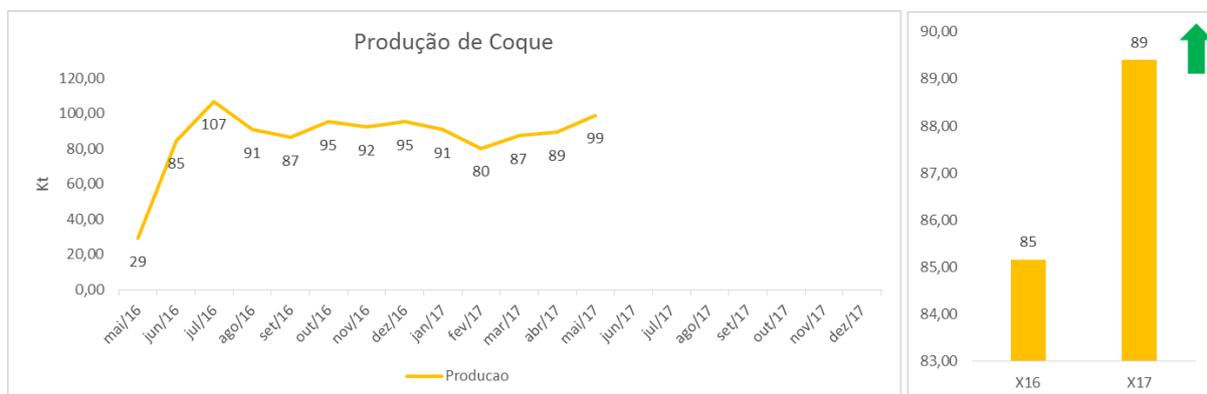
|                     | Qualidade objetivada do Coque amostrado após a rampa |
|---------------------|--|
| Drum Index (15/150) | $\geq 85,0$  |
| CSR                 | $\geq 65,0$  |
| Tamanho Médio (%)   | $\geq 55,0$  |
| Enxofre (%)         | $\leq 0,75$  |
| Umidade (%)         | $\leq 4,0$   |

**Tabela 3.** Qualidade especificada para o Coque amostrado logo após a rampa de coque.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Ramp up da Produção de Coque.

A curva de produção de coque foi elaborada para se atingir o índice operacional máximo de 95% e, ao mesmo tempo, evitar excesso de coque estocado. Para isso o índice operacional da Bateria 2, que partiu primeiro, começou com 68%, subiu para 72% uma semana depois e ficou nesse índice até a partida da Bateria 1 que iniciou nesse índice operacional. A subida da produção ocorreu acompanhando a necessidade do Alto Forno que partiu no dia 10 de junho. A produção máxima de 95,2% foi atingida no dia 6 de julho de 2016 e foi sendo reduzida para 80% a partir do dia 15 de julho. Essa redução foi necessária para reduzir estoque de coque. Após início de operação e estabilização do Alto Forno, para controle de estoque de coque, a Coqueria operou com índice operacional por volta de 80%. Nas figuras 6 e 7 é possível observar a evolução da produção mensal de coque e do índice operacional mensal das baterias de coque.



**Figura 6.** Evolução da Produção de Coque Mensal e Média Mensal nos anos de 2016 e 2017.



Figura 7. Evolução do Índice Operacional Mensal e Média Mensal nos anos de 2016 e 2017.

O índice operacional nas baterias de coque da CSP é calculado dividindo o número de desenformamentos no dia pelo número de fornos total do projeto (100 fornos). O índice operacional máximo das baterias de coque da CSP é de 95,6% e é definido em função da largura dos fornos e da temperatura média máxima (medida com pirômetro óptico no refratário da base da câmara de combustão) de operação que são respectivamente 550mm e 1280°C.

As baterias de coque operaram com índice operacional abaixo do máximo para controle de estoque de coque, pois o Alto Forno demandou menor volume de coque do que foi previsto no projeto integrado da usina da CSP. O projeto da Coqueria prevê o abastecimento de coque para o Alto Forno operando na produtividade de 2,3 t/m<sup>3</sup>.dia e coque rate de 350kg/t de gusa, e o Alto Forno operou sempre com produtividade e coque rate abaixo da sua capacidade.

Quanto a evolução da qualidade do coque produzida, segue abaixo as figuras 8 e 9 que mostram o DI (Drum Index) e Umidade.

O DI (Drum Index) mede a resistência mecânica a frio do coque e tem como objetivo estimar quanto o coque vai quebrar e gerar finos em seu transporte até o Alto Forno.

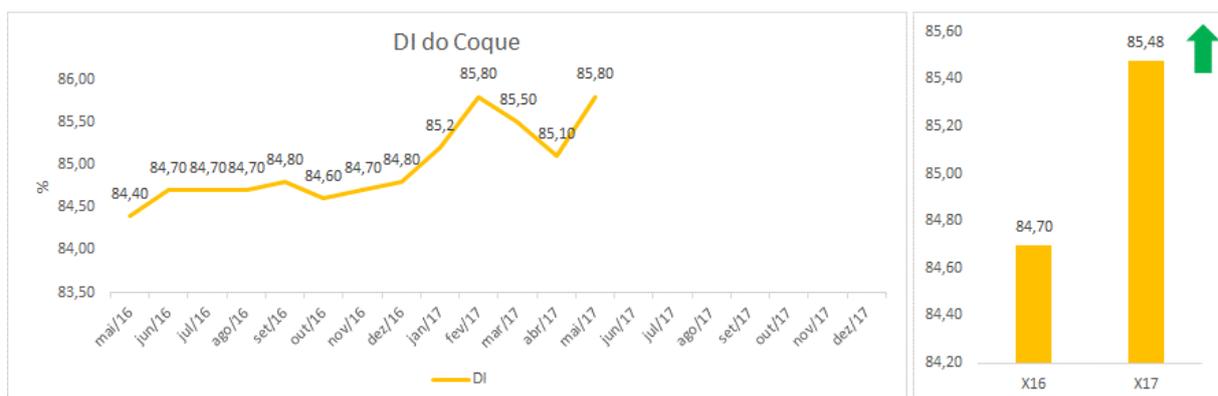


Figura 8. Evolução do DI Mensal e Média Mensal nos anos de 2016 e 2017.

No início de operação da Coqueria, apesar do alto tempo de super coqueificação, a má distribuição da temperatura nas paredes de aquecimento dos fornos das Baterias influenciou na qualidade do coque, o DI (Drum Index). Após a estabilização do índice operacional da Coqueria e a adequação do perfil de distribuição da temperatura ao longo das paredes de aquecimento dos fornos das Baterias no mês de junho/16, pôde-se afirmar que os resultados não atenderem a meta de 85% para o DI deveu-se a outras causas como a mistura de carvões e a amostragem do coque.

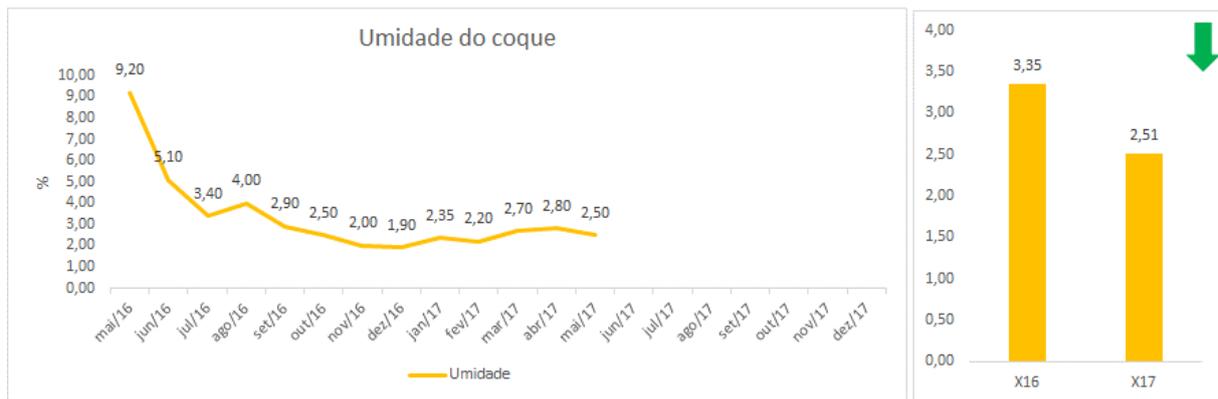
O coque é amostrado por um amostrador tipo corte de fluxo instalado na transferência da 2ª para a 3ª correia após a rampa de coque. Este amostrador de coque instalado inicialmente, mostrou-se de baixa representatividade devido seu design e a velocidade de atuação. A amostragem do coque, então passou-se a ser feita manualmente, inicialmente um incremento por turno e depois 3 incrementos por turno. Essa amostragem manual foi evoluindo à medida que todos operadores conseguissem fazer uma amostra mais representativa, buscando todo material na correia da região transversal definida. Paralelo a isso foi reprojeto o amostrador da calha da correia K-152 para a correia K-154. Após instalado, esse novo amostrador, mais representativo, teve ainda alguns ajustes de velocidade de coleta da amostra e também ajustes nos quarteadores do incremento amostrado. No final de novembro de 2016, o amostrador estava concluído.

Ao longo dos meses de 2016, o valor do DI se manteve na média de 84,7%. O processo de dosagem dos carvões para a mistura apresentou dificuldades de se ter uma mistura de carvões estável, devido melhorias necessárias no projeto, sendo elas:

- Após os silos da dosagem tem apenas duas transferências entre correias, essa condição dificulta o misturamento dos carvões e gera segregação na torre de carvões da bateria de coque. Para reduzir este efeito foi alterado a posição dos tipos de carvões nos silos da dosagem de modo a gerar a sobreposição de carvões com qualidade diferentes na correia após a dosagem. Através de amostragem da mistura de carvões na máquina enforadora, confirmou um resultado com menor variabilidade da qualidade da mistura após a implementação da ação citada acima.
- As correias dosadoras levavam em consideração, para o cálculo de secagem dos carvões, uma mesma umidade de referência para todos os carvões. Com isso a mistura realizada apresentava percentuais de cada carvão em sua composição diferentes do programado, em função de cada carvão apresentar teor de umidade diferente. Para corrigir este efeito a lógica de cálculo das dosadoras foi alterada para considerar a umidade medida de cada carvão a ser dosado para a mistura.

Mais uma ação foi implantada no planejamento da mistura de carvões a coqueificar, que foi alterar o parâmetro de reflectância da mistura de 1,0 para 1,1 a partir de janeiro de 2017.

Com as melhorias obtidas reduziu-se a variabilidade a partir de outubro de 2016. Em outubro houve um período de queda do DI cuja causa foi identificada como a granulometria mais grossa dos carvões semi-soft e altos voláteis. Ações foram tomadas para melhorar o controle de britagem, com nova abordagem das faixas granulométricas de cada carvão em função do teor de inertes e da fluidez. A faixa de britagem da mistura, que é controlada no % menor que 3,0mm, passou de 82%  $\pm$ 2% menor que 3,0mm para 86%  $\pm$ 2%.



**Figura 9.** Evolução da Umidade Mensal e Média Mensal nos anos de 2016 e 2017.

O processo de apagamento do coque (redução da temperatura de aproximadamente 1000°C para 200°C) é feito em uma torre de extinção que foi concebida em um projeto de extinção por abafamento e volume de água, um processo antigo que tem sua eficiência máxima com umidade abaixo de 8%. Mesmo assim, os primeiros apagamentos estavam gerando uma umidade acima de 11% e provocando inundações nos poços das correias da rampa de coque. O primeiro item apontado como problema foi a estanqueidade do vagão de apagamento que retinha muita água. Aumentou-se o vão entre a comporta e o piso do vagão, reduzindo a quantidade de água retida no vagão. O segundo item foi o perfil de distribuição de coque no vagão durante o desenformamento, que ficava concentrado no meio do vagão e com pouco coque nas extremidades. Esse perfil fazia com que o coque das extremidades saísse encharcado e o coque do meio com brasa. Essa distribuição foi corrigida através da mudança dos parâmetros de velocidade do vagão, distância percorrida pelo vagão durante o desenformamento e o momento de partida do vagão em relação à posição da cremalheira (êmbolo desenformador). Com esses ajustes, a média de umidade chegou na capacidade da torre de extinção, ou seja, abaixo de 8%. Mesmo após inúmeras combinações de tempo de extinção e vazão da água de apagamento, não se conseguiu resultado melhor.

Para reduzir mais a umidade do coque apagado, foi necessário fazer alterações no projeto e posição dos chuveiros da torre de extinção. Após três modificações nos chuveiros da torre de extinção, os resultados de umidade começaram a atingir valores abaixo de 4%, embora o desvio padrão dos dados ainda estava alto. Outras regulagens foram sendo feitas, como tempo de extinção, acerto dos tempos e quantidade de bicos spray no sistema hot spot (sistema automático de detecção e apagamento de coque incandescente na correia e sua extinção). Depois desses acertos, a umidade do coque passou a ficar sempre abaixo de 4%, atingindo a meta objetivada.

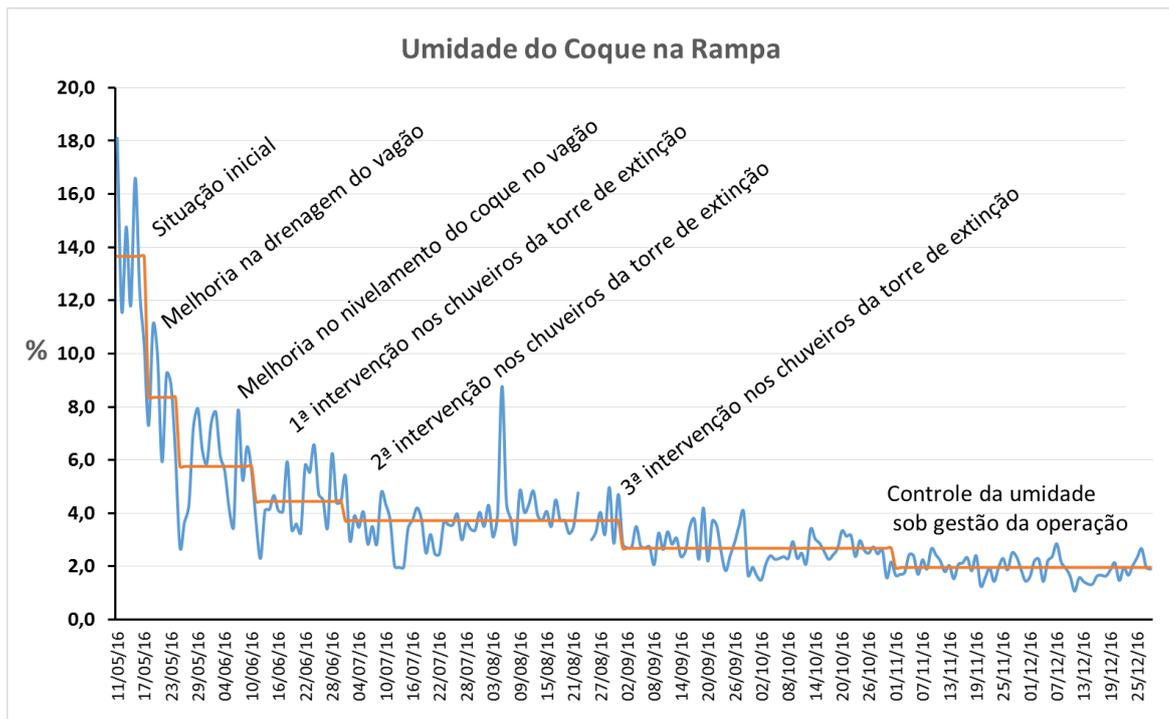


Figura 10. Gráfico de evolução da umidade com os principais eventos que melhoraram o processo

## 4 CONCLUSÃO

O início da operação da planta da Coqueria na CSP foi um sucesso como um todo, desde o planejamento, passando pelo comissionamento e início de operação, até a estabilização do processo, não tendo eventos significativos que prejudicassem o resultado. Deve-se exaltar a dificuldade de obter tal resultado, pois além de um equipamento novo, se trata de uma empresa nova, com 70% da mão de obra de operação inexperiente. Todo o planejamento e estruturação para a partida, enfatizando o desenvolvimento dos procedimentos de operação, o comissionamento, o desenvolvimento das misturas de carvões para os primeiros enforamentos e depois para evolução da qualidade do coque e redução de custos, além do programa de formação dos operadores, geraram esse resultado, superando as dificuldades.

A qualidade do coque, produzido nas baterias de coque da CSP, de forma geral está estável e atendendo a especificação. O desafio atual é operar em baixo índice operacional e conseqüentemente baixa temperatura das baterias, mantendo resultados estáveis de resistência mecânica – Drum Index, com objetivo de não aumentar o estoque de coque. Os equipamentos apresentam bons índices de disponibilidade, não afetando diretamente a produção programada. A produção mais baixa faz-se necessária em alguns meses em adequação ao consumo do Alto Forno.