

# CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE O POSICIONAMENTO DOS BICOS PARA RESFRIAMENTO DE CILINDROS <sup>1</sup>

Alfonso Stein <sup>2</sup>

## Resumo

Muitos laminadores são modificados durante a sua vida útil para atender os requisitos do mercado. Essas modificações, muitas vezes têm influência no resfriamento de cilindros devido a mudanças nas distâncias entre os bicos e os cilindros. Um resfriamento de cilindros otimizado é primordial para uma laminação rentável e de alta qualidade. Na prática nem sempre será possível implementar a configuração ideal devido à falta de espaço. O objetivo então é aproximar-se o máximo possível a essa configuração ideal utilizando novos conhecimentos do resfriamento de cilindros, posicionando de maneira otimizada os chuveiros e os bicos dentro do laminador.

**Palavras-chave:** Resfriamento; Cilindros; Bicos spray; Chuveiros.

## GENERAL ASPECTS ABOUT SPRAY NOZZLES POSITIONING ON THE ROLLS COOLING SYSTEM

## Abstract

Very often the Rolling Mills are submitted to revamping during the equipment useful life, in order to match the market requirements. Such modification most of time, has direct influence on the rolls cooling system, mainly due the change on the distance between the spray nozzles tips and the rolls. An optimized rolls cooling system is essential for a low costs and high quality rolling mill operation.

In fact, in some cases, the ideal configuration it will not be possible to be matched, due basically lay-out restrictions. The target will be the best possible approach for the headers, using the update knowledge about this issue, assuring the best headers and spray nozzles positioning.

**Key words:** Cooling; Rolls; Spray nozzles; Headers.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 45º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 21 a 24 de outubro de 2008, Ipojuca - Porto de Gainhas - PE*

<sup>2</sup> *Lechler, Germany – South America Sales Manager*

# 1 INFORMAÇÕES BÁSICAS

Para tal devemos inicialmente ter todas as informações básicas da situação atual de cada chuvaireiro permitindo uma localização tridimensional da posição dos bicos dentro do laminador. Para definir a posição dos bicos são necessárias as seguintes informações:

- Posição do chuvaireiro no laminador
- Distância do bico ao cilindro
- Quantidade de bicos por chuvaireiro
- Distância de bico a bico
- Desvio do eixo (off-set) dos bicos
- Inclinação dos chuvaireiros
- Tipo de bico (ângulo de spray e vazão)

As informações para localização dos bicos necessárias podem ser vistas nas Figuras 1 e 2 .

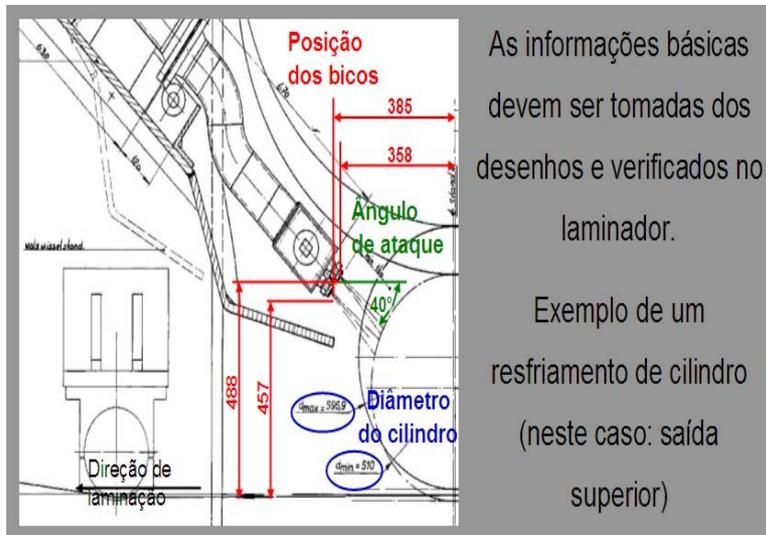


Figura 1: Exemplo de Informações

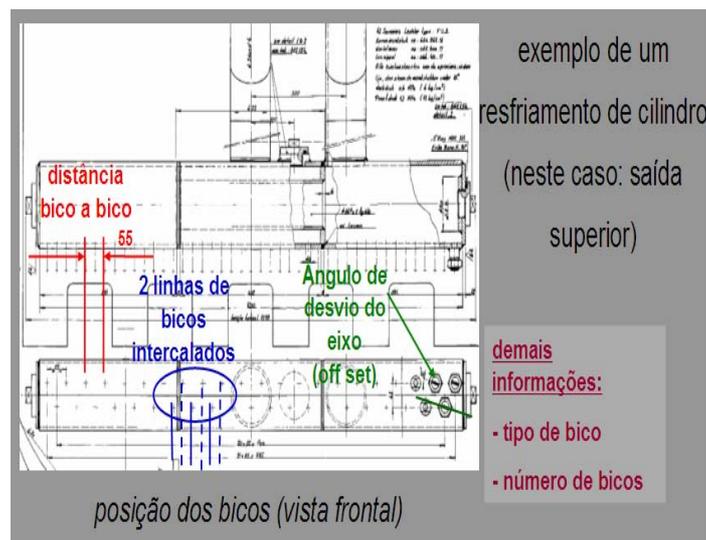
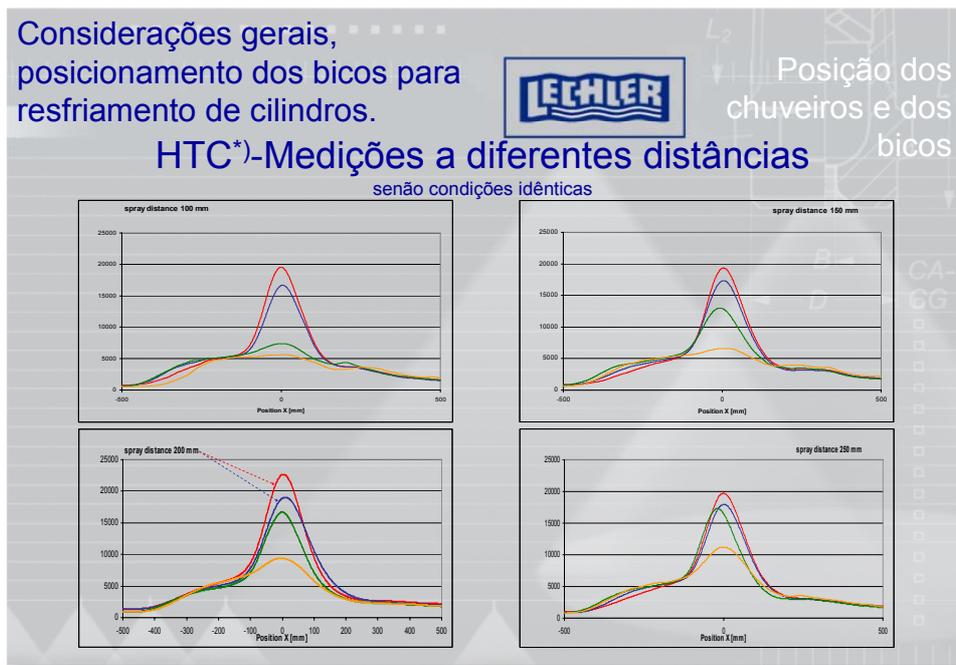


Figura 2: Exemplo de Informações

## 2 POSIÇÃO E DISTÂNCIA DOS CHUVEIROS

A posição dos chuveiros no laminador tem uma grande importância pois desta medida resulta a distância da ponta do bico à superfície do cilindro, que tem influência decisiva no resfriamento e lay-out do chuveiro. Uma série de estudos feitos sobre um cilindro com sensores térmicos nos deu conhecimento da influência dessa distância sobre o resfriamento e o valor HTC (Heat Transfer Coeficient) ou CTC, Coeficiente de Transferência de Calor. A curta distância de 100 mm temos uma alta concentração e resfriamento no centro do ângulo de ataque sobre o cilindro, mas um baixo resfriamento nas laterais. Aumentando essa distância notamos um resfriamento mais uniforme abrangendo uma superfície maior do cilindro (Figura 3). Considerando a superfície total verificamos um incremento do HTC ou coeficiente de transferência de calor nas mesmas condições de pressão e vazão da ordem de 7% a 150 mm e da ordem de 18% a 200 mm de distância se comparado com a distância inicial de 100 mm. Notamos um pequeno decréscimo a 250 mm mostrando o limite e a queda da intensidade do spray a essa distância (Tabela1). Essas medições foram feitas com bicos de 45° de ângulo de spray a uma pressão constante de 8 bar. A superfície total para medição do HTC considerada é de 300 mm x 1000 mm.



\*)Heat Transfer Coeficient ou coeficiente de transferência de calor

**Figura 3:** Exemplos de Medições de CTC

**Tabela 1:** Comparação simplificada valor médio do HTC, sup. de 300 x 1.000mm, bico de 45° a 8 bar

Altura de pulverização	Valor médio HTC (Coef. Transf. de Calor)
100mm	100%
150mm	107%
200mm	118%
250mm	117%

### 3 ÂNGULO DE INCLINAÇÃO DOS CHUVEIROS

Estudando o ângulo de inclinação dos chuveiros chegamos à conclusão de que uma posição de pulverização perpendicular à superfície do cilindro oferece uma pegada (ângulo de ataque) ou *footprint* simétrica, o que resulta num resfriamento mais uniforme. Quanto mais as gotas tangenciarem o cilindro, menor será a intensidade de resfriamento.

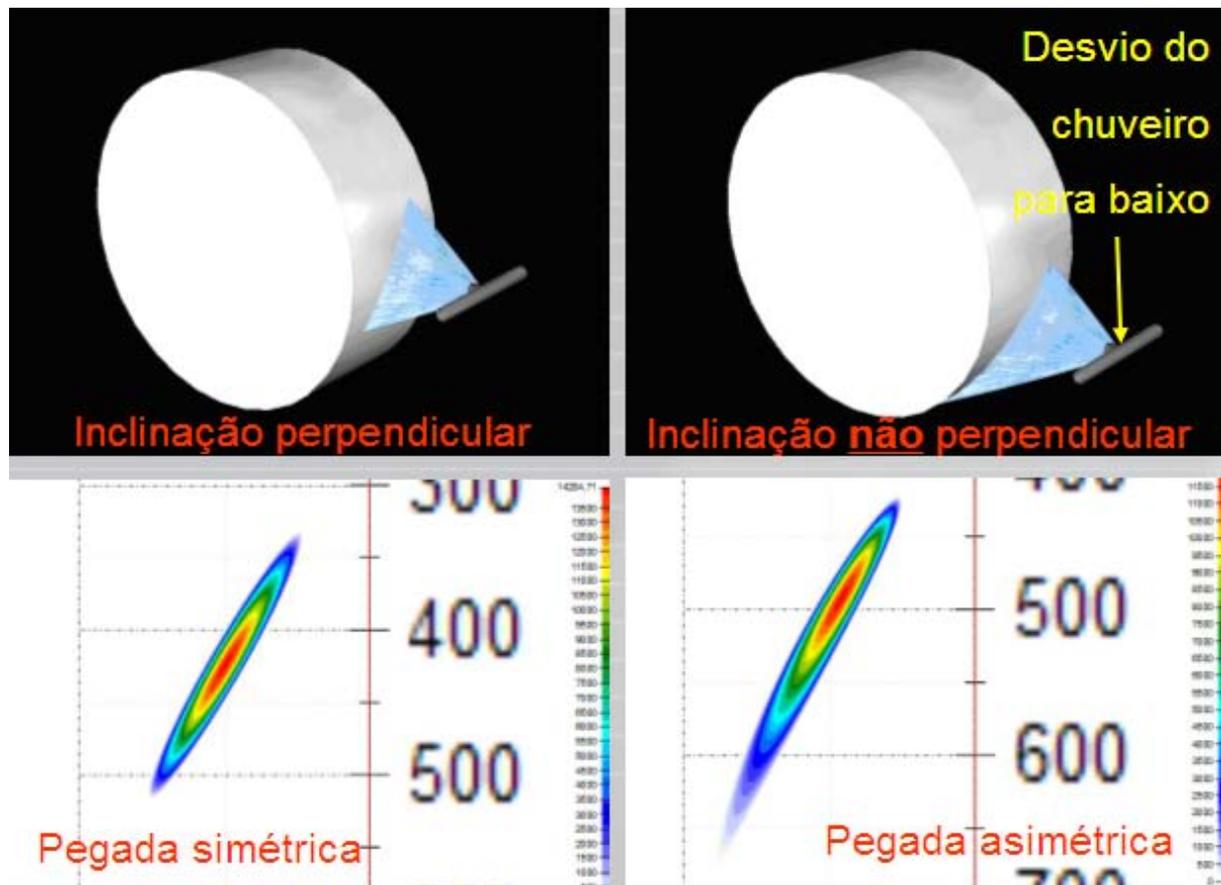


Figura 4: Influência do Posicionamento dos Chuveiros no Resfriamento de Cilindros

### 4 DESVIO DO EIXO (OFF-SET) DOS BICOS

O desvio do eixo dos bicos comumente conhecido como ângulo de off-set, é a diferença entre o eixo do chuveiro (geralmente horizontal) e a posição do jato em leque em relação a essa linha do eixo. É muito comum a instalação de bicos a 15° por oferecer uma boa sobreposição dos leques sem que ocorra interferência dos sprays. Aumentando esse ângulo de off-set, isto é, “verticalizando” o spray, aumentamos o tempo e a superfície de contato entre o cilindro e o líquido refrigerante. Foi possível verificar que, com aproximadamente 60° de ângulo de off-set atingiu-se um incremento máximo de 23% no resfriamento mantendo as características de vazão, pressão e distância mantendo o mesmo bico (Figura 5). No capítulo seguinte trataremos com mais detalhes como esses fatores influenciam a retirada de calor.

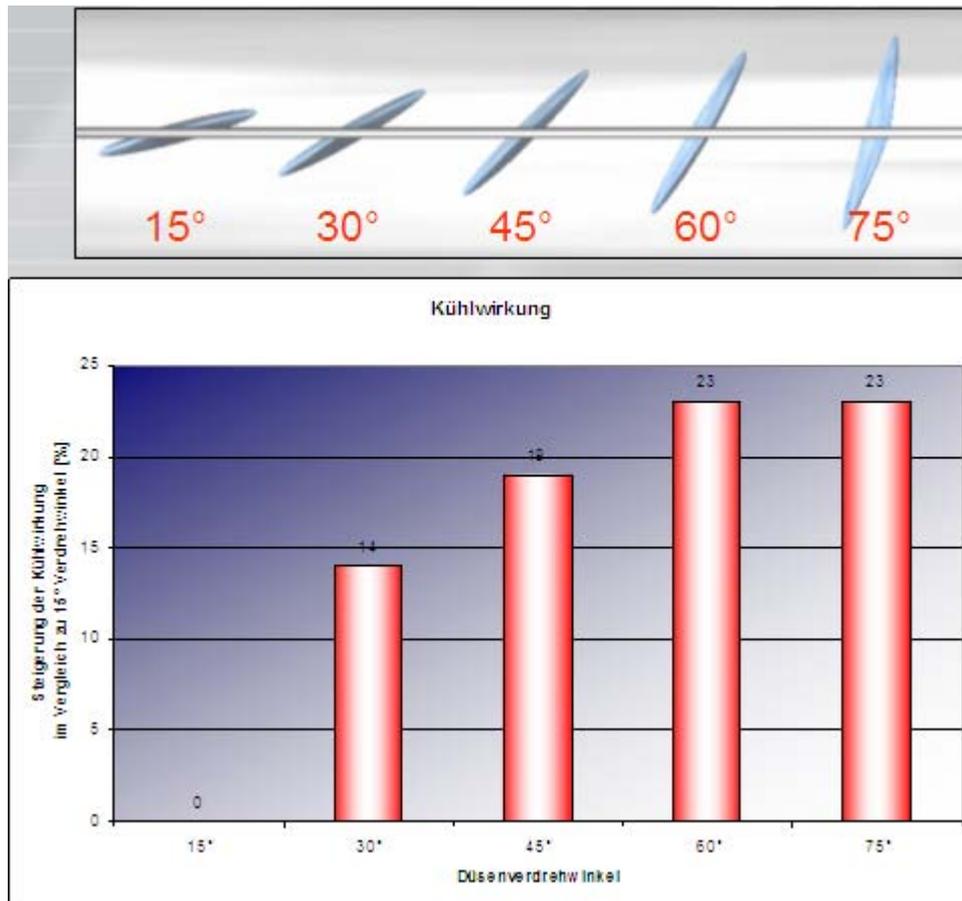


Figura 5: Influência do Ângulo de Off-Set dos Bicos no Resfriamento de Cilindros

## 5 INFLUÊNCIA DO TEMPO E SUPERFÍCIE DE CONTATO PARA RETIRADA DE CALOR

A influência do tempo e da superfície de contato para a retirada de calor são dois parâmetros que estão diretamente relacionados com a extração de calor, onde o HTC é apenas um dos fatores entre vários.

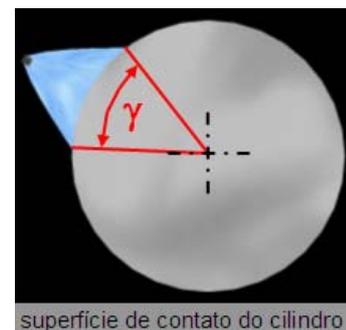
O tempo de contato por rotação é dada pela fórmula

$$r = \frac{\gamma}{360^\circ \times n}$$

r => rotação em segundos

$\gamma$  = superfície de contato do cilindro [°]

n = velocidade de rotação (rotações por segundo)



superfície de contato do cilindro

A retirada de calor por rotação é dada pela seguinte fórmula:

$$Q = \alpha \cdot A \cdot \Delta T \cdot r \quad \text{onde} \quad r = \frac{\gamma}{360^\circ \times n}$$

Como  $360^\circ$  e  $n$  são constantes, temos a fórmula simplificada:

$$Q = \alpha \cdot A \cdot \Delta T \cdot \gamma$$

$Q$  = retirada de calor em joules

$\alpha$  = coeficiente de transferência de calor HTC ou CTC

$A$  = superfície resfriada do cilindro

$\Delta T$  = diferença de temperatura entre a água e a superfície do cilindro

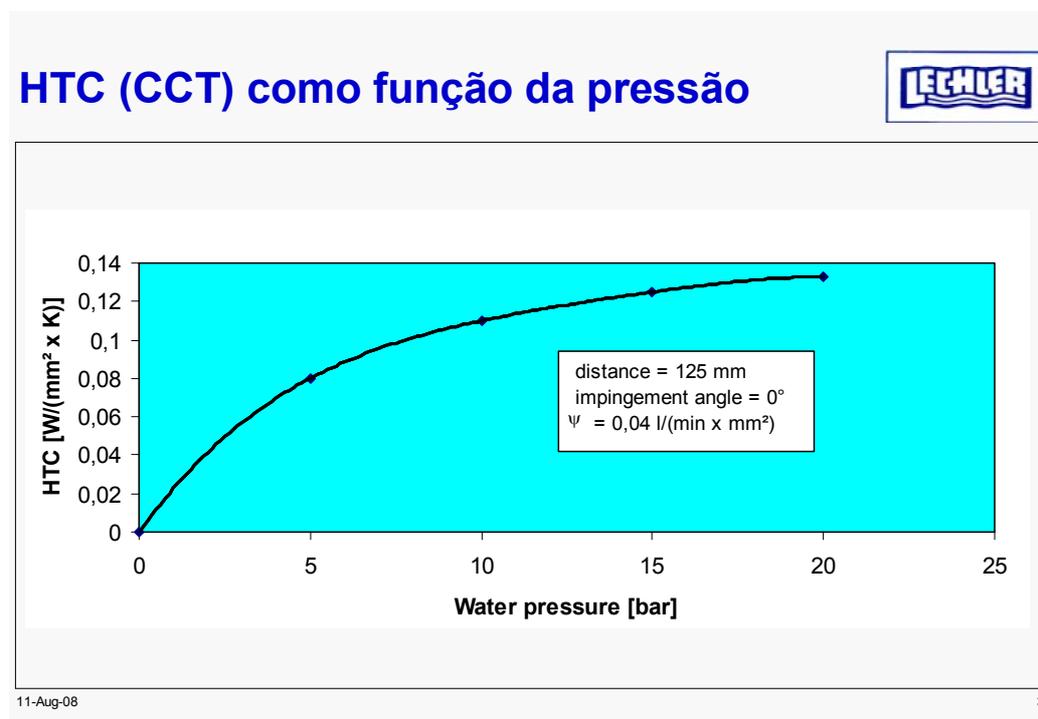
$\gamma$  = segmento resfriado do cilindro

Segundo essa fórmula, podemos influenciar o resfriamento posicionando, ou melhor, “verticalizando” os bicos de forma a aumentar a superfície e o tempo de contato.

Estes parâmetros para a retirada do calor (por rotação) considera uma velocidade dos cilindros e diâmetro dos cilindros constantes.

## 6 INFLUÊNCIA DA PRESSÃO E DA DISTÂNCIA DE CONTATO PARA RETIRADA DE CALOR

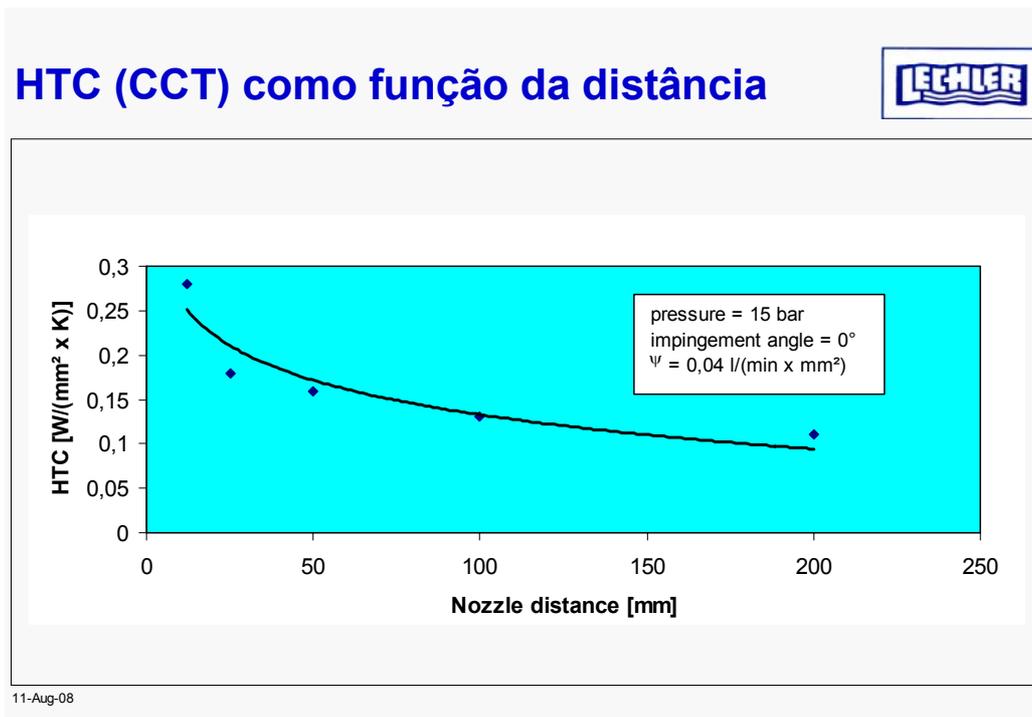
Sabe-se por experiências já realizadas – e também pelos fenômenos de comportamento dos sistemas de descarepação – que o aumento da pressão de pulverização, provoca um aumento da eficiência da retirada de calor. Porém esse fenômeno não obedece proporções lineares, conforme demonstrado no gráfico a seguir:



**Figura 6:** HTC (CCC) X Pressão

Existe uma componente clara de saturação desse parâmetro, à medida que a pressão, e conseqüentemente, a vazão de refrigeração aumenta (a partir de 10 bar de pressão).

Também se a distância dos bicos à superfície do cilindro for reduzida, haverá aumento da força de impacto, na medida em que há a concentração da vazão dos bicos em uma área menor. Porém dessa forma existe uma redução da área refrigerada do cilindro, e, muitas vezes, isso pode descobrir algumas áreas da superfície do cilindro a ser refrigerada.



**Figura 7:** HTC (CCC) X Distância dos Bicos

Todos esses parâmetros têm que ser investigados de forma integrada durante as avaliações e estudos para otimização do sistema de refrigeração de cilindros.

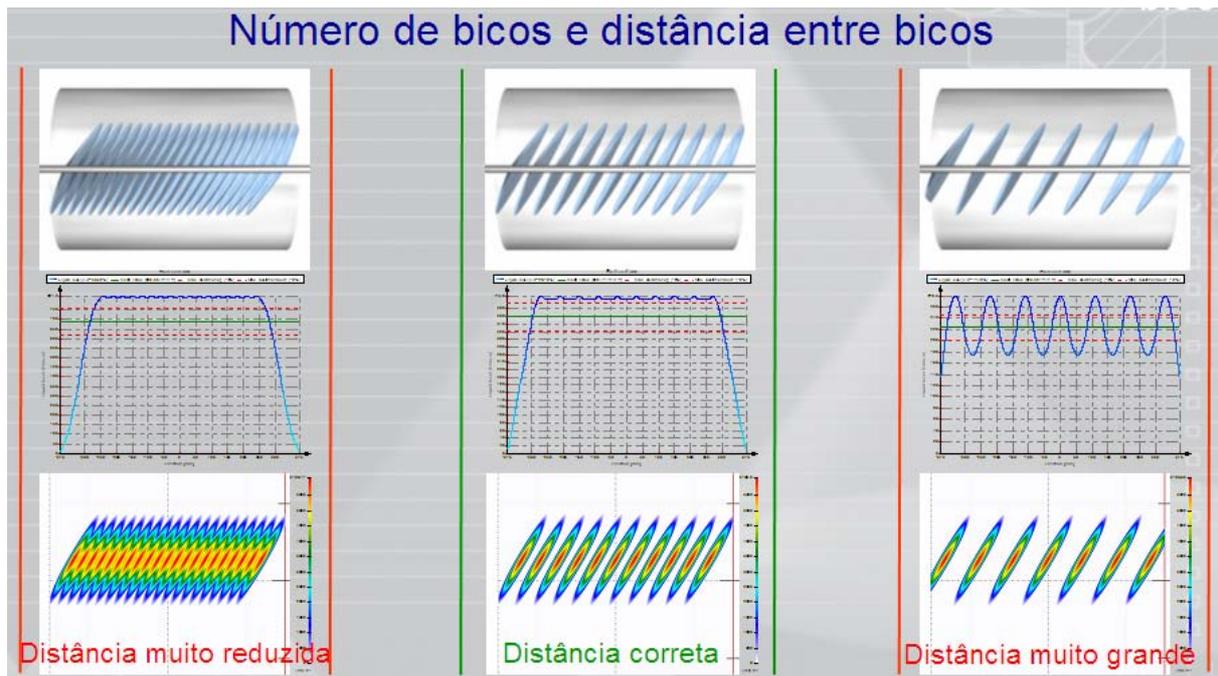
## 7 NÚMERO DE BICOS E DISTÂNCIA ENTRE BICOS

Para uma correta distribuição da água de refrigeração sobre o cilindro devemos considerar o lay-out do chuveiro, onde a distância de bico a bico e o número de bicos tem grande influência na distribuição do líquido.

Se a distância entre bicos for excessiva a distribuição do líquido será desuniforme.

Se a distância entre bicos for muito pequena, os jatos poderão se chocar provocando uma zona de pulverização incontrolada e uma redução da energia do spray e do resfriamento.

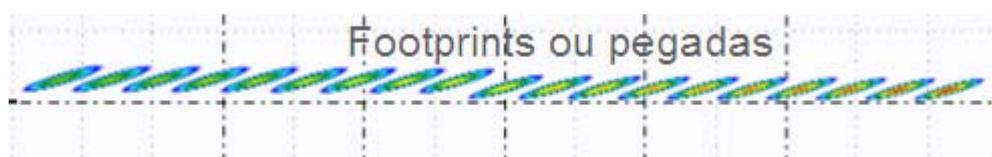
Na figura seguinte podemos visualizar as 3 possibilidades de distância entre bicos, o lay-out e a distribuição do líquido, respectivamente.



**Figura 8:** Distância entre Bicos x Distribuição de Líquido

## 8 TIPO DE BICO A SER DEFINIDO

A experiência mostra que bicos de jato em leque com ângulo de spray de 45° ou 60° são os mais apropriados para atender os requisitos anteriormente citados. O volume de água requerido se consegue através do volume por bico e da quantidade de bicos. Recomendamos um resfriamento simétrico entre o cilindro superior e inferior. Para tal os chuveiros tem que estar posicionados de forma simétrica assim como os bicos no chuveiro. A orientação dos chuveiros tem que estar paralela com o eixo do cilindro. Chuveiros desalinhados levam a uma distribuição irregular do líquido e por conseqüência um resfriamento desuniforme. Abaixo vemos as pegadas do spray de um chuveiro desalinhado sobre o cilindro. As cores mostram a diferença de concentração e intensidade do spray, o que leva a um resfriamento irregular.



**Figura 9:** Exemplo de Perfil de Ataque (Distribuição de Sprays) de Chuveiro Desalinhado

Do lado direito vemos pequenas pegadas, com alta intensidade de resfriamento concentrado, enquanto que à esquerda temos uma distribuição mais homogênea devido à maior distância do bico ao cilindro.

Na figura seguinte podemos ver um chuveiro desalinhado e a curva de distribuição do líquido sobre o cilindro.

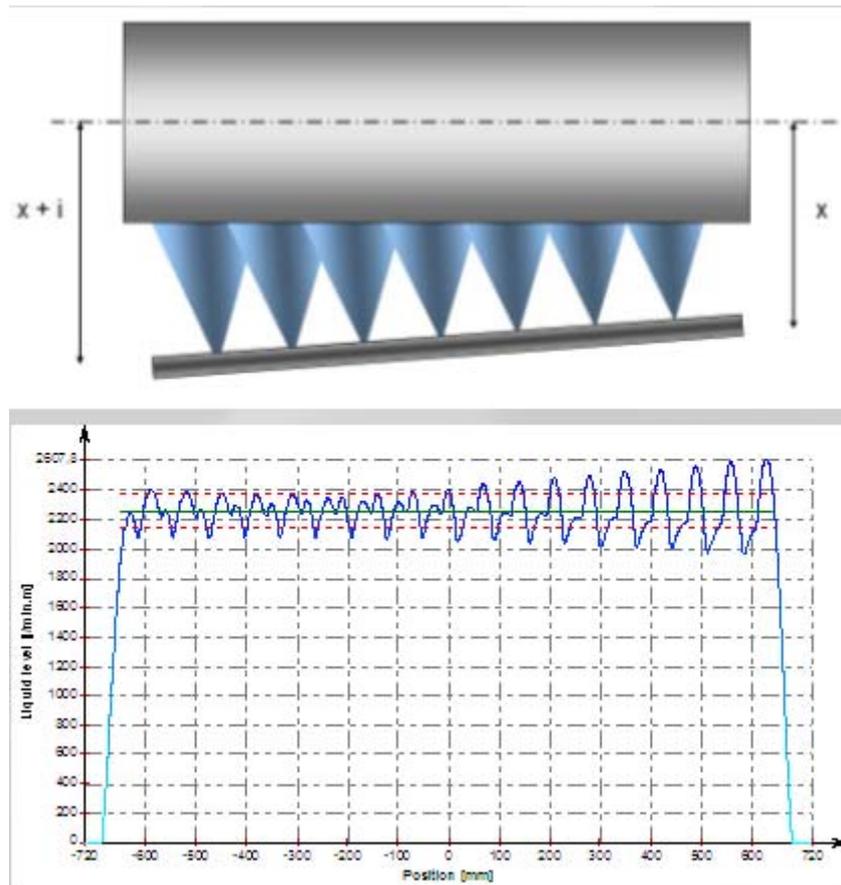


Figura 10: Configuração esquemática da distribuição de líquido com chuveiro desalinhado.

## 9 EXEMPLO PRÁTICO



Figura 11: Exemplo de Relatório de Saída de Dados

Mantendo a posição original do chuveiro podemos ver no exemplo acima que modificando o ângulo de spray do bico de 30 a 60° e o desvio off-set de 15 a 30° obtivemos um incremento no HTC em 21% com relação à situação original.

## **10 CONCLUSÕES**

É necessário fazer uma coleta e equiparação de todos os parâmetros inerentes à refrigeração para simular a situação atual, analisar, detectar eventuais falhas e verificar as possibilidades de otimização possíveis no laminador.

Como recomendação, podemos sugerir que a posição do chuveiro superior e inferior e os bicos sejam simétricos e a distância do bico ao cilindro seja entre 200 e 250mm. O número de bicos e a distância entre eles, resultarão dos estudos.

O desvio do bico ao eixo do chuveiro ou ângulo de off-set dos bicos deverá ser de aproximadamente 60° (verticalização) para aumentar o tempo e superfície de contato.

Sempre que possível posicionar os chuveiros para que o spray esteja perpendicular à superfície dos cilindros. Bicos de jato em leque, com ângulo de spray de 45° ou 60° têm atendido bem as especificações de resfriamento e distribuição controlada do líquido.

É possível conseguir melhoramentos significativos com modificações relativamente pequenas.