

ANÁLISE CFD EM CHUVEIROS DE DESCAREPAÇÃO*

Leslie Perterson¹
Chirsty Hofher²
Oldair Sasso³
Eduardo Paris⁴

Resumo

O trabalho teve o objetivo de analisar a atual condição de descarepação da empresa X e fornecer a melhoria no processo por meio da substituição dos chuveiros, troca dos bicos de descarepação e até mesmo a combinação desses dois fatores. Para isso, foram avaliadas a velocidade do escoamento interno dos chuveiros, a turbulência gerada e eficiência dos atuais bicos instalados por meio de análise CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Em posse desses dados, foi possível sugerir a configuração ideal dos chuveiros no que diz respeito ao diâmetro da tubulação, espaçamento de bicos e o bico de descarepação adequado para otimização do impacto, tendo o objetivo final de melhorar a eficiência da descarepação do processo de laminação da empresa X.

Palavras-chave: Descarepação; Bicos *spray*; Chuveiros; CFD.

DESCALING HEADER ANALYSIS USING CFD

Abstract

This paper has the goal to analyze the current descaling process of company X and offer the right improvement at descaling process by replacement of spray header and spray nozzles and even the combination of both. For that, header flow velocity and turbulence and nozzles efficiency were analyzed using CFD (*Computational Fluid Dynamics*) method. In these data it was possible to suggest the ideal header configuration with respect to header size and nozzles spacing, and most adequate nozzle capacity for impact performance with the main goal to improve descaling performance of hot strip mill process at Company X.

Keywords: Descaling; Spray nozzles; Spray headers; CFD.

¹ Mechanical Engineer, Project Engineer, Industrial Heavy Industry, Spraying Systems Co., Wheaton, IL, USA.

² Mechanical Engineer, Industrial Process Team Leader, Process MDT, Spraying Systems Co., Wheaton, IL, USA.

³ Mechanical Engineer, Industrial Heavy Industry Team Leader, Industrial Heavy Industry, Spraying Systems Co. Wheaton, IL, USA.

⁴ Mechanical Engineer, Product Manager, Spraying Systems do Brasil, São Paulo, SP, Brazil.

1 INTRODUÇÃO

O laminador de desbaste na empresa X está usando o modelo DescaleJet® AA218. As cadeiras R1-R3 utilizam os bicos de capacidade 2570E (ângulo 25° e vazão de 7,0 gpm) e cadeiras R4-R6 utilizam os bicos de capacidade 2540E (ângulo 25° e vazão de 4,0 gpm). A empresa X está tendo problemas com seu processo de descarepação e deseja fazer as devidas melhorias. O trabalho tem o objetivo de analisar o atual arranjo e avaliar as mudanças podem ser realizadas de modo a melhorar o processo de descarepação no laminador de desbaste.

O uso de análise CFD (*Computational Fluid Dynamics*) é fundamental para o sucesso da análise, pois mostra com precisão o escoamento interno e a turbulência prejudicial ao processo. Em posse desses dados, foi possível sugerir a configuração ideal dos chuveiros no que diz respeito ao diâmetro da tubulação, espaçamento de bicos e o bico de descarepação adequado para otimização do impacto, tendo o objetivo final de melhorar a eficiência da descarepação do processo de laminação da empresa X.

1.1 Conceitos Básicos de CFD (*Computational Fluid Dynamics*)

De acordo como Wangda Zuo [1]:

CFD (*Computational Fluid Dynamics*) é a simulação de sistemas de fluidos usando modelamento (formulações de problemas físicos e matemáticos) e métodos numéricos (métodos discretos, resolução, parâmetros numéricos, geração de malha etc.). O processo está representado conforme a figura 1.

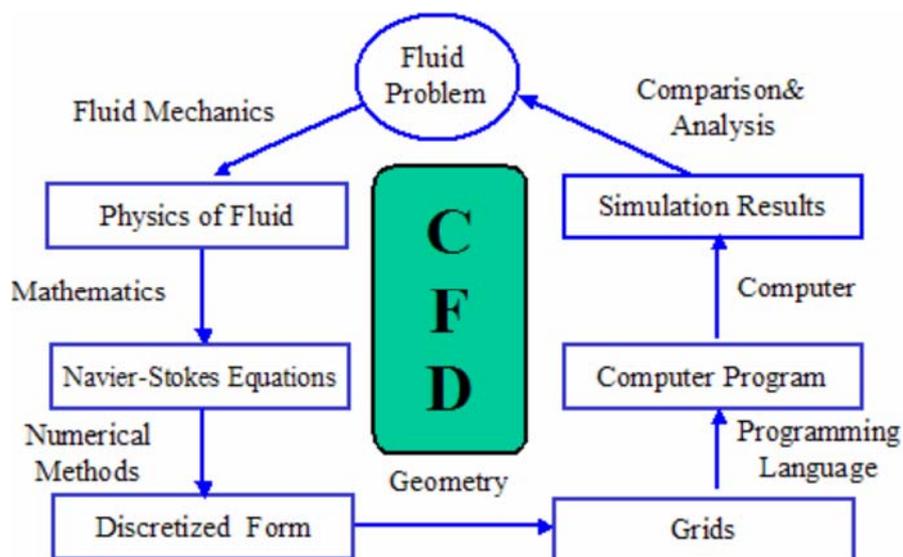


Figura 1. Processo da dinâmica fluida computacional (CFD)

Primeiramente, nós temos um problema que envolve fluidos. Para solucionar esse problema, nós devemos conhecer as propriedades físicas por meio da mecânica dos fluidos. Então, nós podemos usar equações matemáticas para descrever essas propriedades. Esta é a equação de Navier-Stokes e é a equação principal no estudo CFD. Como a equação de Navier-Stokes é analítica, o ser humano pode entender e resolver em uma folha de papel. Mas, se nós desejamos resolver por meio de um

computador, temos que traduzir essa linguagem para uma forma discretizada. Os conversores são métodos numéricos de discretização, tais como métodos de Diferenças Finitas, Elementos Finitos e Volumes Finitos. Consequentemente, nós também precisamos dividir o domínio total do problema em pequenas partes porque nossa discretização é baseada nelas. Assim, podemos escrever programas para resolvê-los. As típicas linguagens são Fortran e C. Normalmente os programas são processados em workstations ou supercomputadores. Ao final, podemos obter os resultados simulados. Podemos comparar e analisar os resultados simulados com experimentos e problemas reais. Se o resultado não for suficiente para resolver o problema, temos que repetir o processo até encontrar uma solução satisfatória. Este é o processo do CFD.”

1.2 Conceitos de Formação da Carepa

A formação da carepa é uma relação direta do metal com oxigênio, água e outros elementos. A carepa é uma composição de três camadas de óxido, são elas: hematita (FeO), (magnetita) Fe_3O_4 e wüstite (Fe_2O_3). A figura 2 mostra ilustra a formação da carepa e as respectivas camadas. Dependendo da temperatura de exposição do metal com a atmosfera ambiente o percentual de cada camada na carepa sofrerá variação. A tabela 1 mostra exemplos da concentração dessas camadas de óxido em diferentes temperaturas.

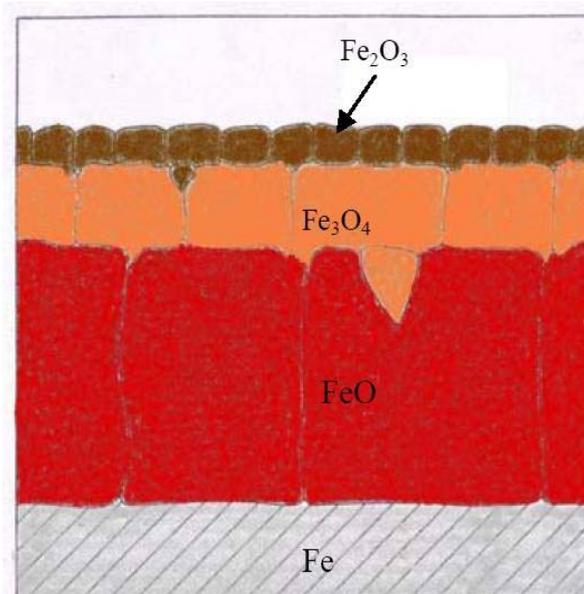


Figura 2. camadas de óxido na carepa

Tabela 1: percentual de hematita, magnetita e wüstite em diferentes temperaturas

Temperatura	% Hermatita	% Magnetita	% Wustite
1150°C	65%	25%	10%
1080°C	55%	15%	30%
980°C	5%	20%	75%
930°C	-	5%	95%

1.3 Princípios Básicos de Descarepação

O processo de descarepação em placas e tarugos metálicos consiste em duas etapas simultâneas. O rompimento das camadas de óxidos e a implosão destas mesmas camadas pela ação da formação de vapor entre as trincas geradas pelo impacto causado pelo jato.

Para que ocorra o rompimento da carepa é necessária uma força de impacto suficiente para penetrar todas as camadas de óxidos formadas no contato do metal quente com a atmosfera e também garantir a formação de ranhuras (*cracks*) na superfície da carepa. A forma para o rompimento da carepa é por meio do jateamento de água provido dos bicos de pulverização desenvolvidos para aplicação de descarepação, também chamados de bicos de descarepação. Esses bicos tem a finalidade de fornecer o impacto necessário de forma controlada e uniforme ao longo da superfície.

Uma vez que ocorreu a penetração nas camadas de óxido, a água, quando em contato com a superfície extremamente quente do metal, formará vapor que, por sua vez, implodirá a superfície de carepa através das ranhuras criadas durante o rompimento das camadas de óxido. Um bom processo de descarepação deve ter um jato com impacto suficiente para penetrar a superfície e expulsar a carepa do metal.

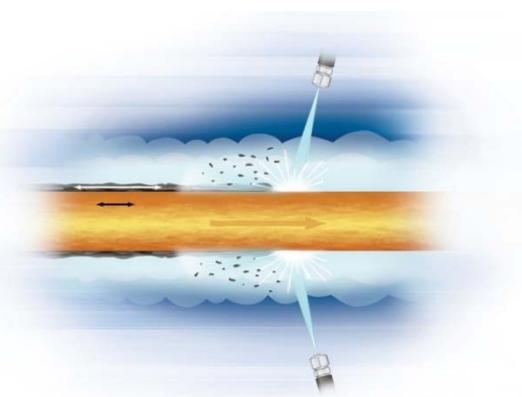


Figura 3. Ilustração do processo de descarepação

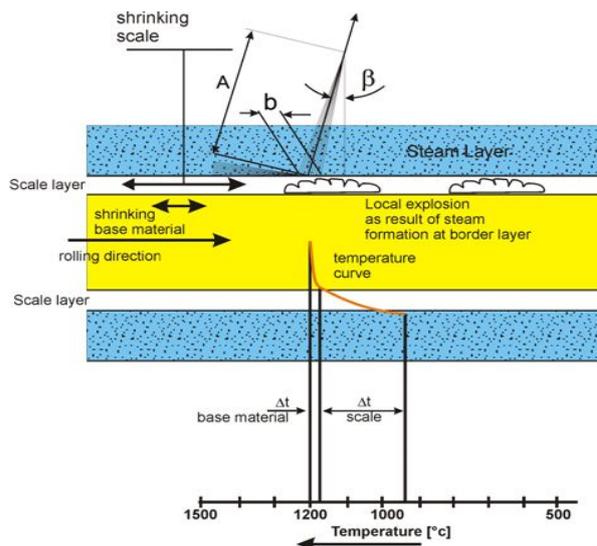


Figura 4. Formação de vapor.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

A etapa analítica desse projeto consistiu adicionalmente aos conhecimentos de engenharia na área de mecânica dos fluidos, o uso de software CFD para a análise das velocidades e turbulência no interior dos chuveiros. Tal análise, garantiu o real comportamento mecânico do escoamento para poder comparar com as velocidades limite recomendadas no interior do chuveiro.

Para cada localização a velocidade do escoamento através do *header* e a cobertura dos bicos foi determinada. A síntese dos resultados para todas as localizações, bem como a análise da velocidade para cada localidade estão apresentados ao final do presente trabalho.

Para o melhor desempenho de impacto é recomendado a manutenção da velocidade do escoamento dentro abaixo de um certo nível. O limite ideal máximo é de 1,5 m/s, mas os bicos são projetados para operar com velocidades de até 4,5 m/s. Acima desse valor a turbulência no interior do *header* é muito elevada para que os bicos possam superar e suavizar o escoamento. Os *headers* R4-R6 estão abaixo dos limites recomendados. Enquanto eles não estiverem abaixo do valor ideal, a velocidade no interior do *header* não deve afetar adversamente o padrão de jato dos bicos. Os *headers* R1-R3 tem velocidades que excedem nossos valores recomendados. Os casos mais severos são nos *headers* lado sul que foram fabricados com tubulação de 3", schedule 160. Nesses *headers* a velocidade máxima do escoamento é de 13,4 m/s, que é praticamente três vezes maior que nosso valor limite recomendado para o bico (4,5 m/s). Existem duas opções disponíveis de modo a reduzir a velocidade do escoamento no interior do *header*. A primeira é aumentar o diâmetro do *header*. O tamanho recomendado para as cadeiras R1-R3 deverá ser 6", schedule 160. A segunda opção é reduzir a vazão através do *header*. Isso deverá ser melhor realizado pela redução da vazão dos bicos no *header*. Esta opção pode na realidade aumentar a eficiência de impacto do bico dependendo do quanto a elevada velocidade tem prejudicado o impacto dos bicos de maior capacidade.

A cobertura é também uma preocupação para a melhoria da descarepação. Os *headers* precisam ser projetados e posicionados para que apresente uma cobertura uniforme ao longo de toda a largura da tira. De modo que haja uniformidade, os bicos devem ser corretamente espaçados, assim existe o valor exato da sobreposição, ou *overlap*, entre os jatos. É recomendado para este valor que seja pelo menos $\frac{1}{4}$ ". Para a condição máxima de espessura da placa haviam somente poucos *headers* que se aproximavam a esse valor. Estes eram os *headers* inferiores das cadeiras R4-R6. A maioria dos outros *headers* tinham pouca ou nenhuma sobreposição dos jatos. Isso pode causar problemas entre os jatos e podem criar regiões onde não ocorrerá a remoção da carepa. Também, tenha em mente o cálculo da sobreposição assume um perfil de jato ideal.

Turbulência excessiva pode causar variação na cobertura do bico. De forma a aumentar a sobreposição, podem existir alguns meios. O primeiro modo é elevar a altura do jato. A segunda opção é instalar bicos que forneçam ângulo de jato mais abertos. A terceira forma é reduzir o espaçamento entre os bicos. As duas primeiras opções irão aumentar a cobertura dos bicos. Sem fazer nenhum tipo de mudança, isso irá reduzir a força de impacto dos jatos. A terceira opção irá manter a mesma força de impacto, mas será necessário um novo *header*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Caso A: R1 Norte Superior – Baixa Vazão

- Chuveiro 4" com bicos DescaleJet AA218 capacidade 3050E.
- Pressão na entrada do chuveiro: 2300 lbs/pol²
- Vazão por bico: 37,9 gpm
- Vazão total do chuveiro: 530,8 gpm

3.1.1 Intensidade da turbulência (%)

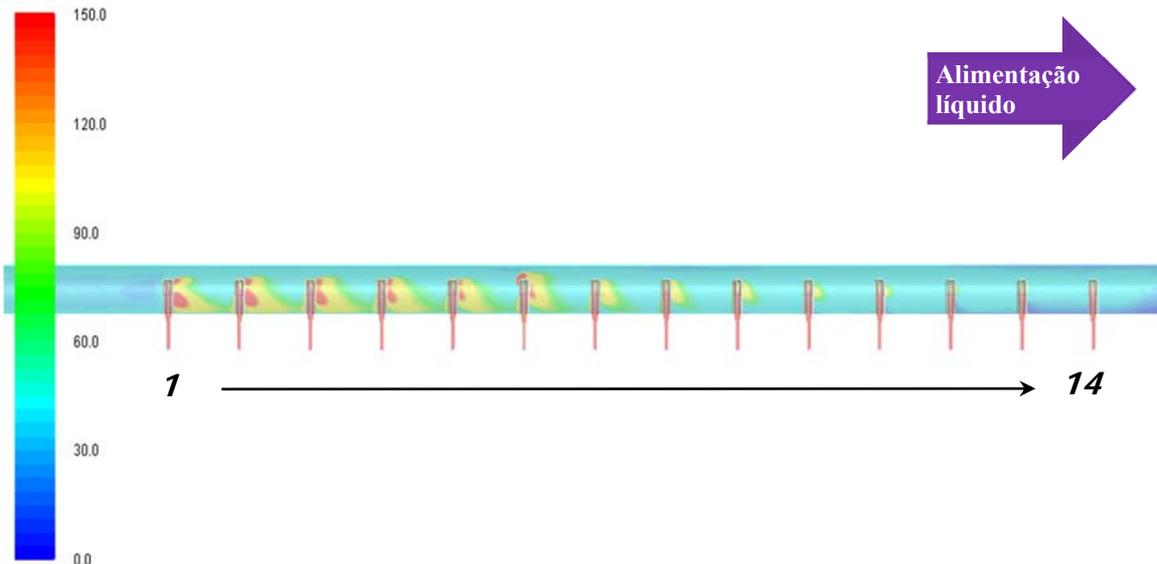


Figura 5. turbulência gerada no interior do chuveiro

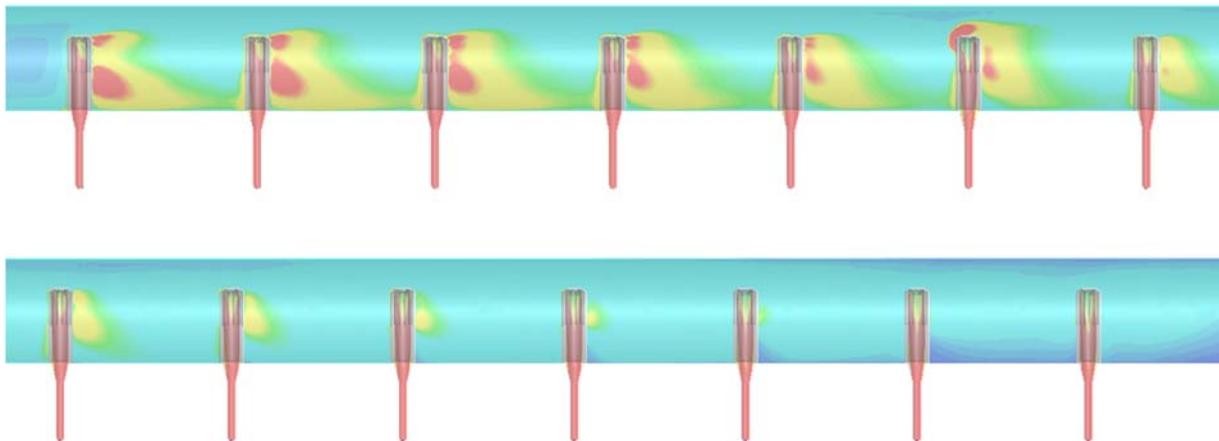


Figura 6. detalhe da turbulência ao longo do chuveiro e interferências nos bicos

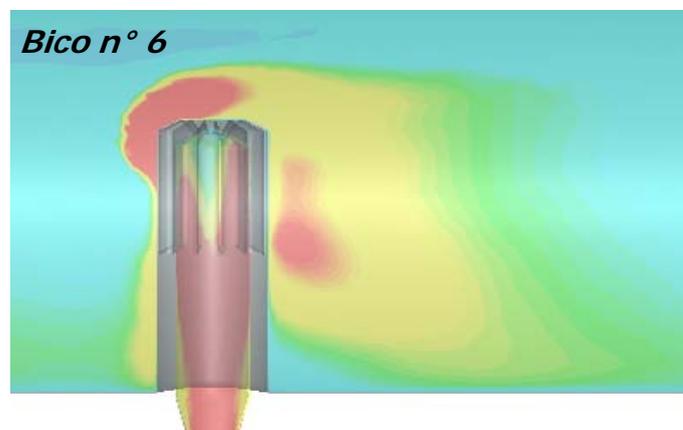


Figura 7. ponto crítico de turbulência no bico 6

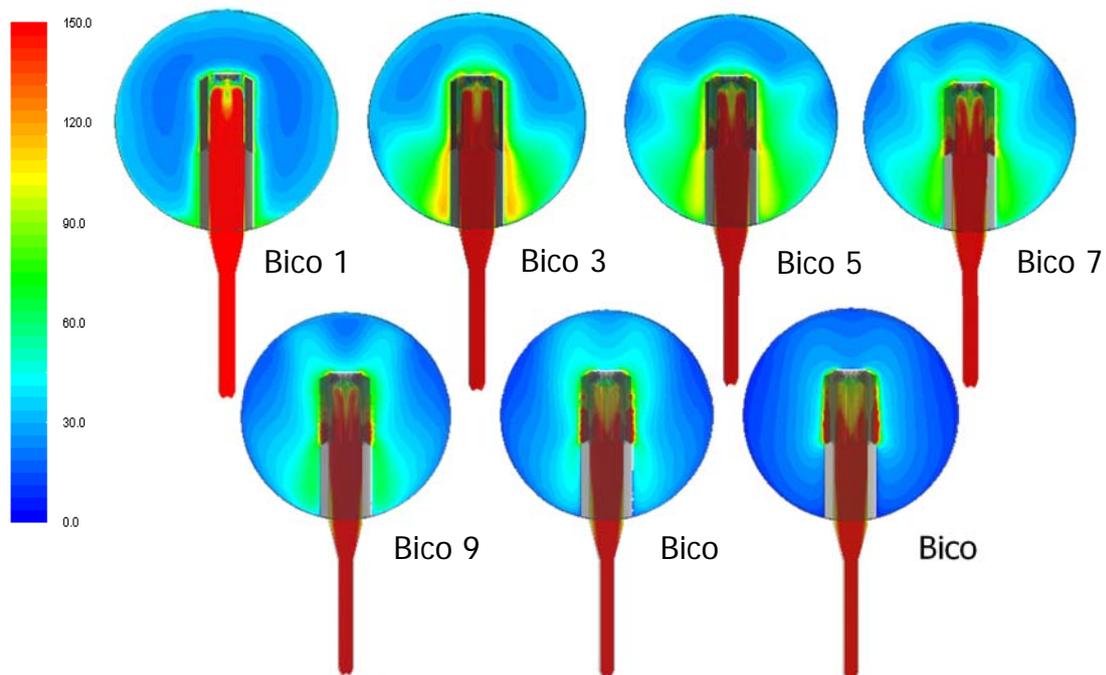


Figura 8. turbulência na secção transversal dos bicos 1; 3; 5; 7; 9; 11; e 13

3.1.2 Magnitude da velocidade do escoamento (m/s)

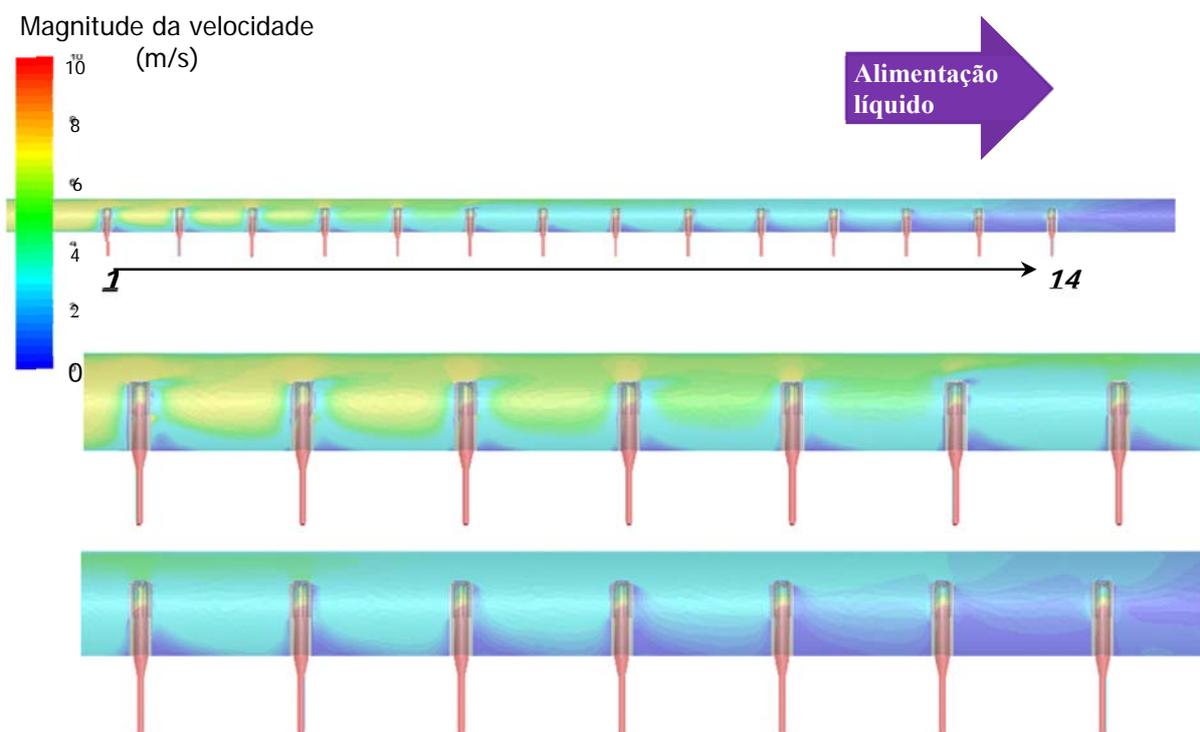


Figura 9. perfil de velocidade no interior do chuveiro

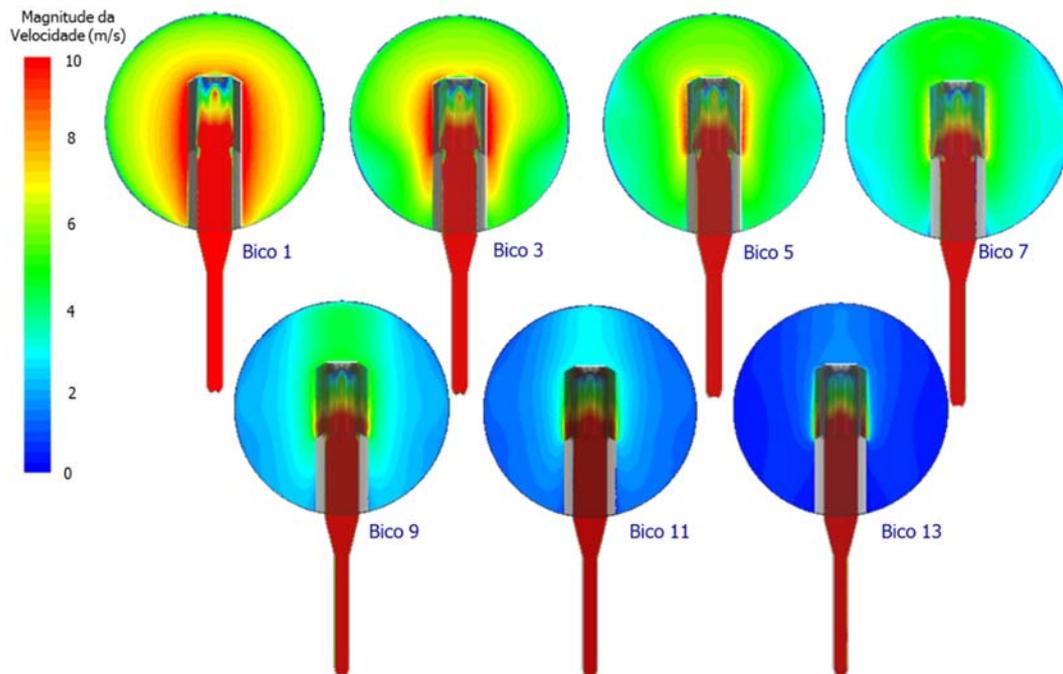


Figura 10. velocidades nas secções transversais dos bicos 1; 3; 5; 7; 9 ;11; e 13

3.2 Caso B: R1 Norte Superior – Condição Atual

- Chuveiro 4" com bicos DescaleJet AA218 capacidade 3070;
- Pressão na entrada do chuveiro: 2300 lbs/pol²;
- Vazão por bico: 53,1 gpm;
- Vazão total do chuveiro: 743,1 gpm.

3.2.1 Intensidade da turbulência (%)

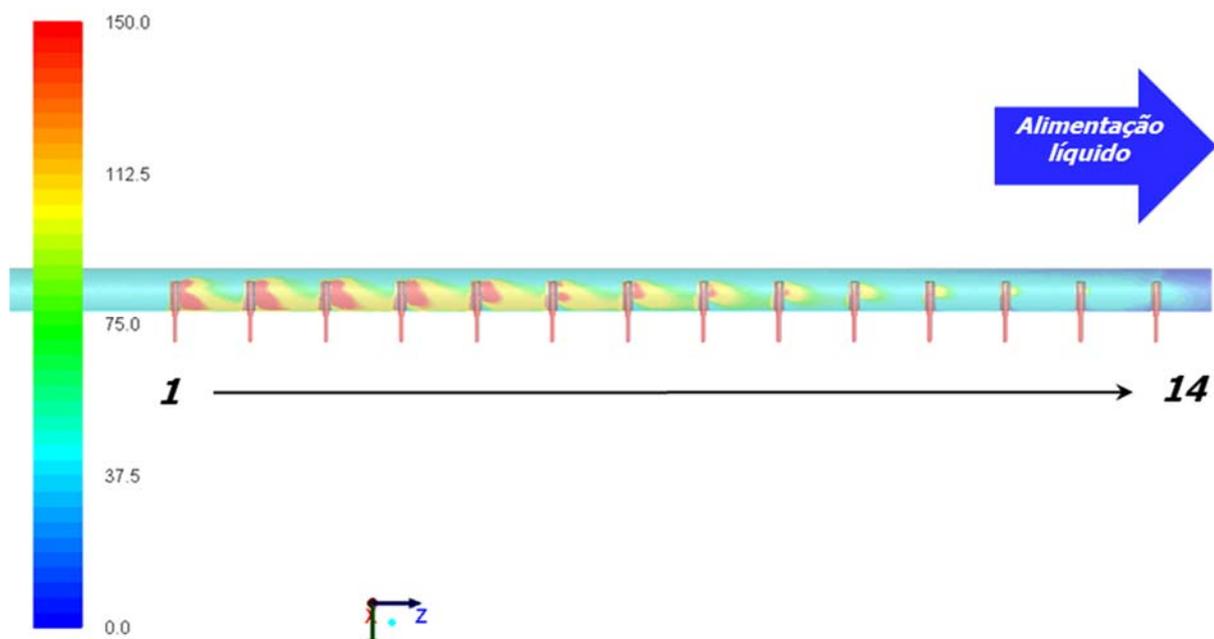


Figura 11. turbulência gerada no interior do chuveiro

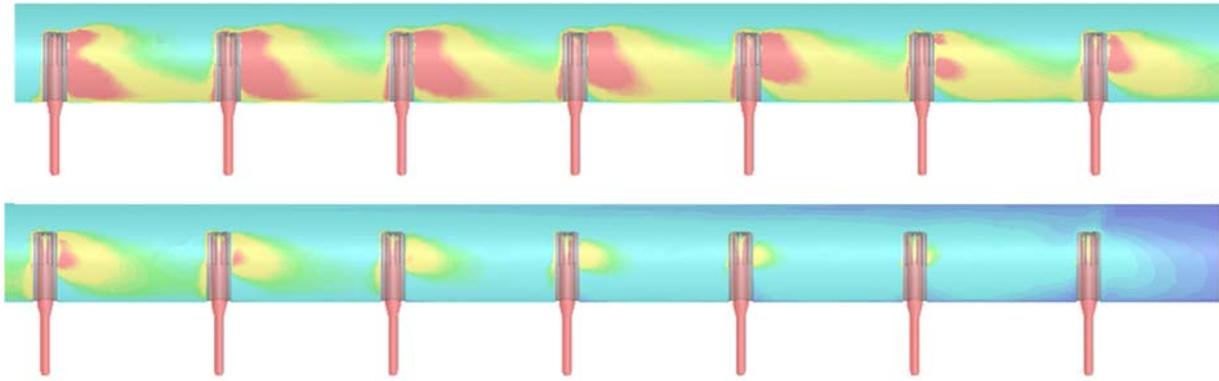


Figura 12. detalhe da turbulência ao longo do chuveiro e interferências nos bicos

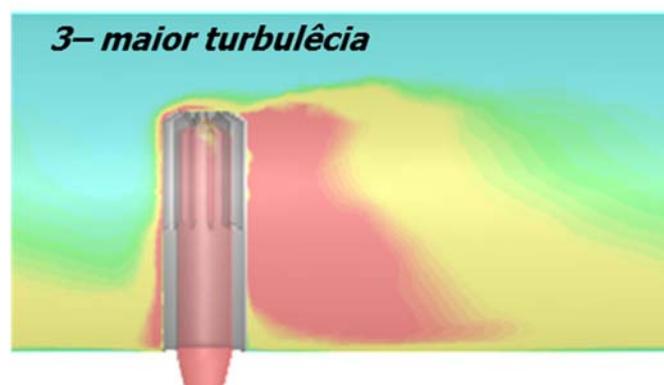


Figura 13. ponto crítico de turbulência no bico 3

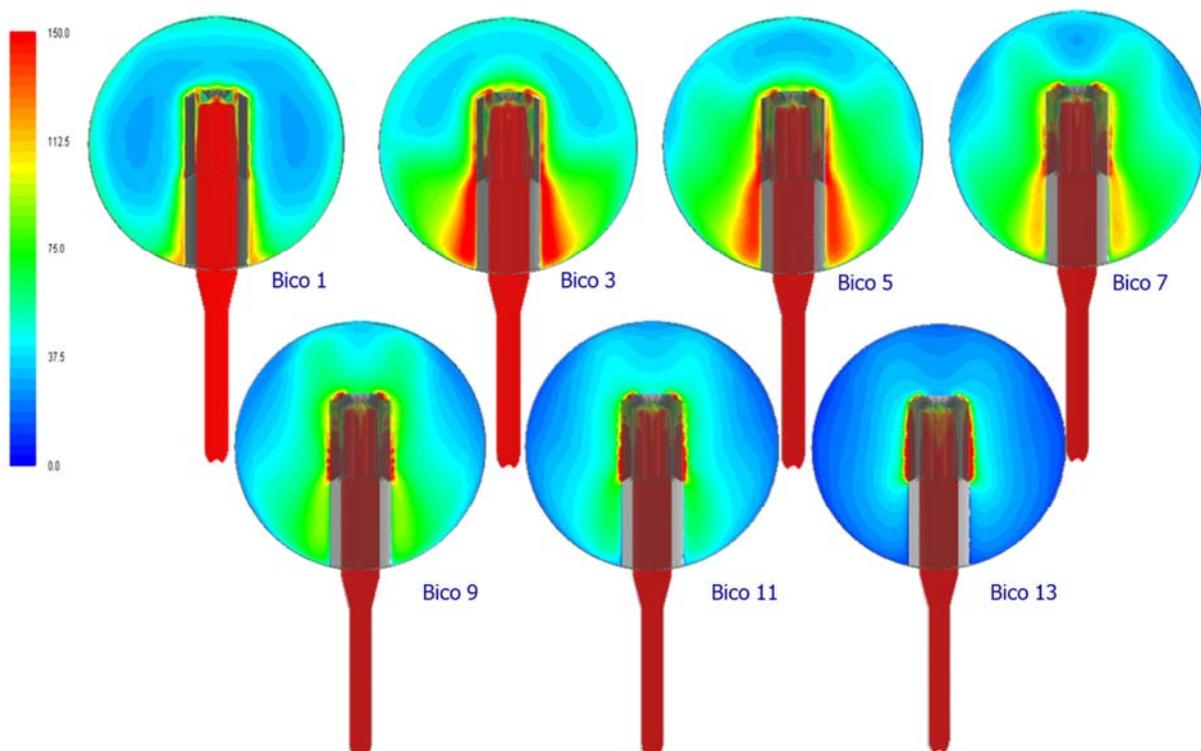


Figura 14. turbulência na secção transversal dos bicos 1; 3; 5; 7; 9 ;11; e 13

3.2.2 Magnitude da velocidade do escoamento (m/s)

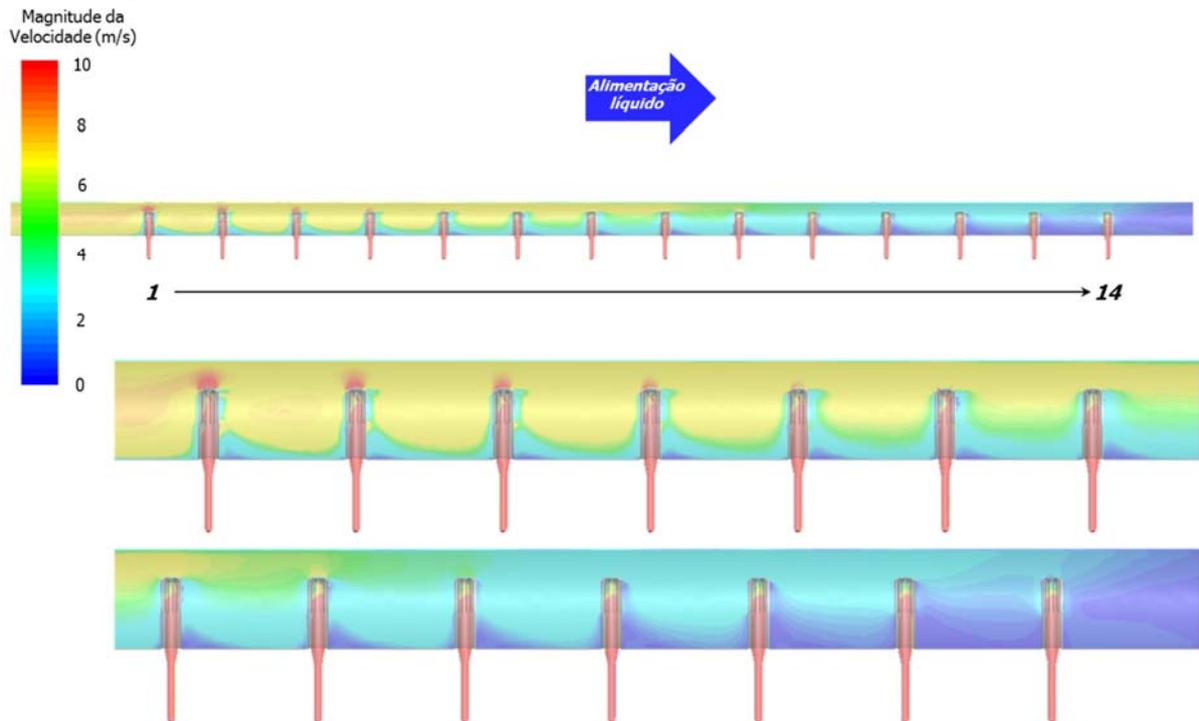


Figura 15. perfil de velocidade no interior do chuveiro

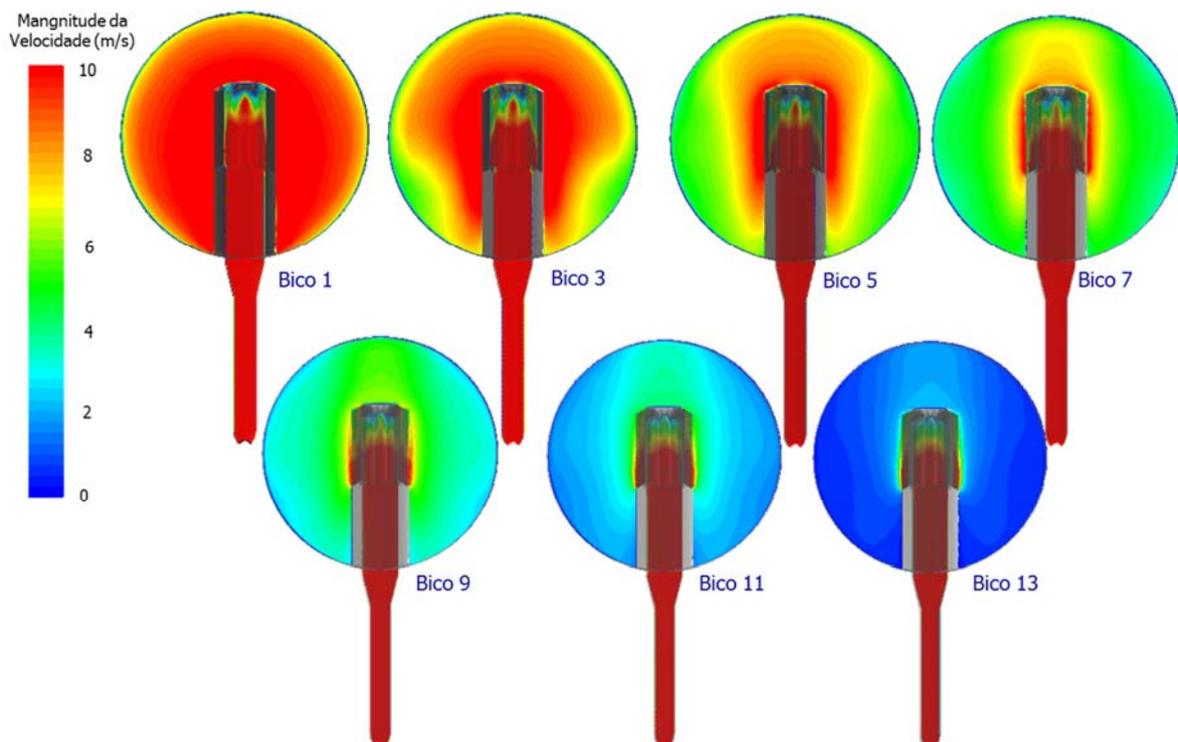


Figura 16. velocidades nas seções transversais dos bicos 1; 3; 5; 7; 9; 11; e 13

3.3 Caso C: R1 Norte Superior – Condição Proposta

- Chuveiro 6" com bicos DescaleJet AA218 capacidade 3070.
- Pressão na entrada do chuveiro: 2300 lbs/pol²
- Vazão por bico: 53,1 gpm
- Vazão total do chuveiro: 743,1 gpm

3.3.1 Intensidade da turbulência (%)

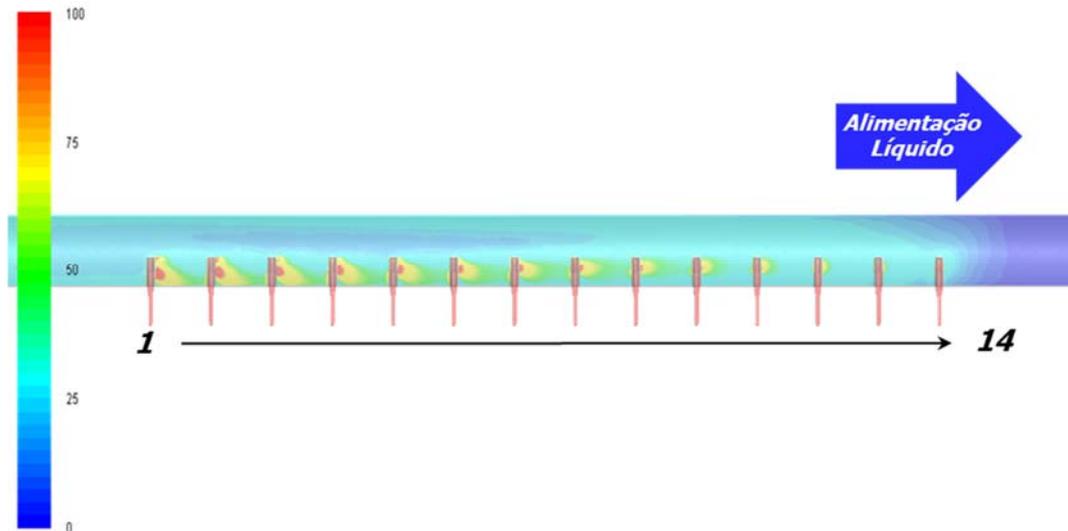


Figura 17. turbulência gerada no interior do chuveiro

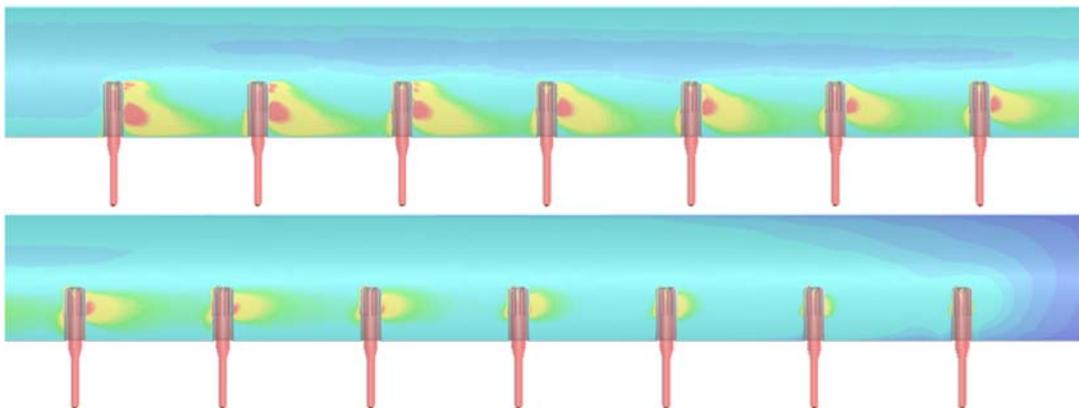


Figura 18. detalhe da turbulência ao longo do chuveiro e interferências nos bicos

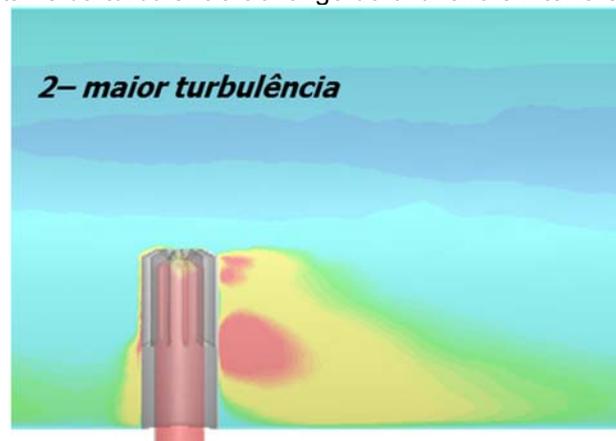
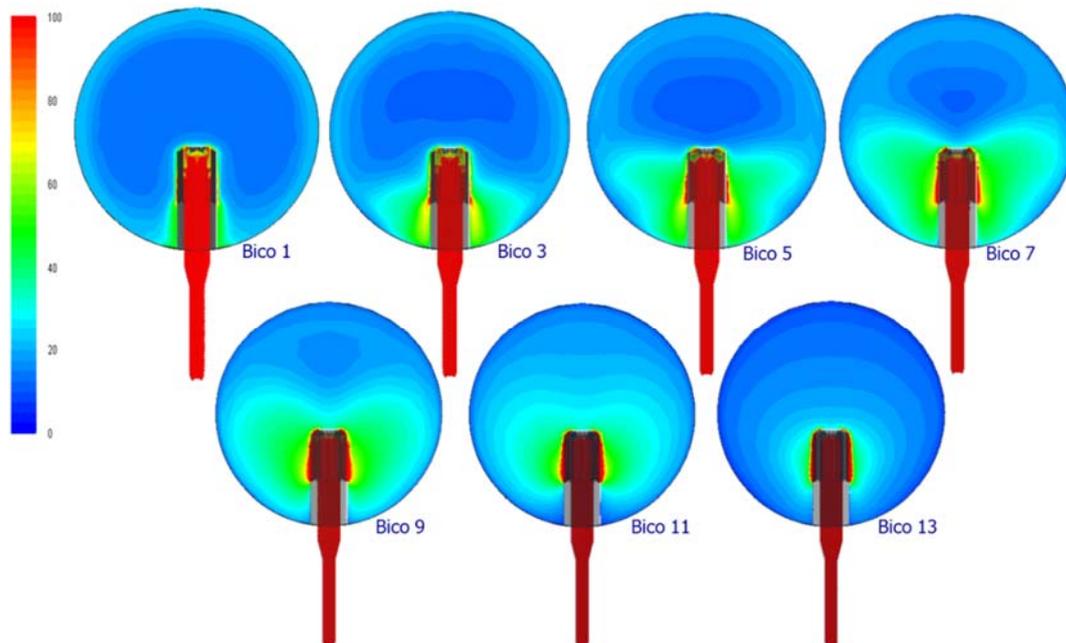
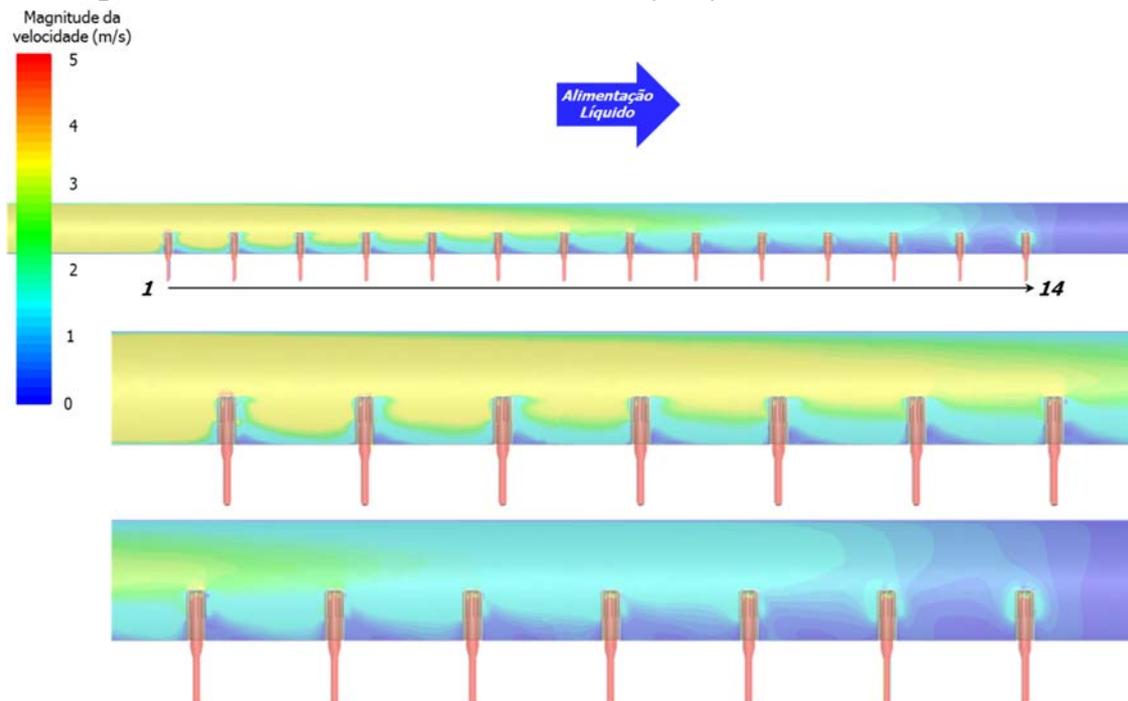


Figura 19. ponto crítico de turbulência no bico 2**Figura 20.** turbulência na seção transversal dos bicos 1; 3; 5; 7; 9 ;11; e 13

3.3.2 Magnitude da velocidade do escoamento (m/s)

**Figura 21.** perfil de velocidade no interior do chuveiro

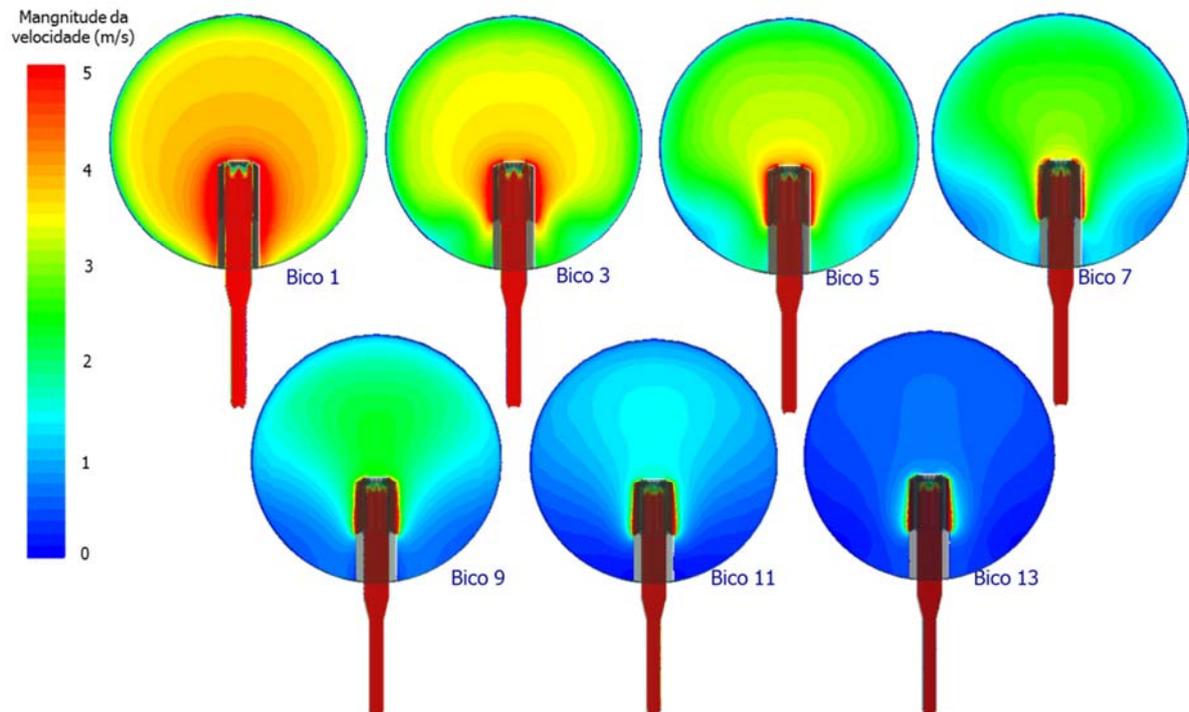


Figura 22. velocidades nas secções transversais dos bicos 1; 3; 5; 7; 9 ;11; e 13

4 CONCLUSÃO

É recomendável que a velocidade do escoamento no interior do chuveiro das cadeiras seja reduzida. Isso irá auxiliar na melhoria do desempenho dos bicos e aumentar a eficácia do impacto.

As maiores intensidades de turbulência e velocidades de escoamento estão nos primeiros bicos e reduz através do chuveiro para todos os três casos (A, B e C).

A magnitude da velocidade e a intensidade da turbulência ainda é elevada no caso A, mesmo com a redução da vazão total do chuveiro por meio da redução da capacidade dos bicos instalados.

Tanto a velocidade como a turbulência são reduzidas pelo aumento do diâmetro da tubulação do chuveiro.

A velocidade para o caso A é menor que o caso B, no entanto, ainda não está abaixo da velocidade limite recomendada.

Já para o caso C, a turbulência e a velocidade do escoamento no interior do chuveiro estão abaixo do limite recomendável de 4,5 m/s.

REFERÊNCIAS

- 1 Zuo, W. Introduction of Computational Fluid Dynamics. Friedrich-Alexander-University Erlangen-Nürnberg. 2005, p. 1-2.

BIBLIOGRAFIA

- 1 SPRAYING SYSTEMS CO. "Guide to Spray Technology for Steel Mills". Cat. 44. 2005, p. 41-53.
- 2 SPRAYING SYSTMES CO. "Optimizing Descaling Operations: A Guide to Spray Technology for Effective and Efficient Scale Removal". Boletim 628A, 2011.