

# Análise do aumento de velocidade em ensaios de escoamento, emulsificação e dtr no lingotamento contínuo do modelamento físico.

Autora: Isadora Marques Gräwer

Orientador: Prof. Dr. Antônio Cezar Faria Vilela

## INTRODUÇÃO

O distribuidor, no processo de produção de aço via lingotamento contínuo, é o reator empregado como reservatório e fonte de aço líquido para os moldes. Em virtude da dificuldade de execução de testes na planta têm sido utilizados modelos físicos, para o estudo do escoamento do fluido. Os modelos físicos podem ser implementados de maneira mais econômica e os ensaios podem fornecer várias informações sobre o escoamento e sobre o modelo do distribuidor. Normalmente, tratam da visualização de escoamento, dos tempos médio e mínimo de residência e os volumes característicos, ou ainda comportamento do fluido no distribuidor durante a operação de abertura de panela.

## OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo estudar o aumento da velocidade de lingotamento sobre o escoamento no modelo físico de um distribuidor tipo DELTA. A partir de 3 ensaios diferentes serão avaliados os efeitos do aumento da velocidade no lingotamento sobre condições de escoamento, sobre os tempos médio e mínimo de residência e sobre os volumes característicos no modelo físico do distribuidor, através do ensaio de DTR e o aumento de velocidade no lingotamento nos ensaios de emulsificação.

## METODOLOGIA

Para a realização deste trabalho foi utilizado o modelo físico construído em acrílico e em escala 1:1, que segue a similaridade de Reynolds e Froude. Ele utiliza água como fluido de simulação, considerando que a viscosidade cinemática do aço a 1600°C é similar à da água a 20°C. O equipamento utilizado para os ensaios é um modelo físico do distribuidor de lingotamento contínuo tipo delta com três veios, tubo longo e inibidor de turbulência, com medidores de fluxo na entrada do distribuidor e na saída de cada veio e sensores de condutividade na saída do veio central e lateral utilizados para ensaios de distribuição de tempo de residência.

Nos fluxogramas abaixo é possível analisar cada ensaio. Todos os ensaios foram realizados 3 vezes tendo a média como resultado, com a vazão de líquido simulando, separadamente, as velocidades de lingotamento de 1,7m/min e 2,3m/min.

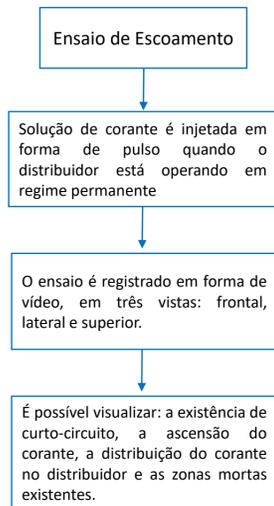


Figura 1: Fluxograma do Ensaio de Escoamento

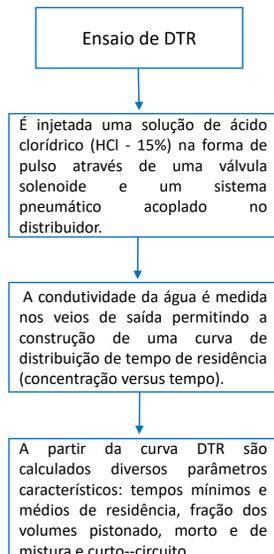


Figura 2: Fluxograma do Ensaio de DTR

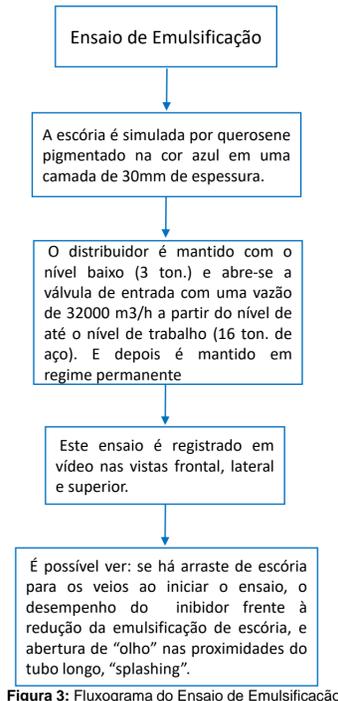


Figura 3: Fluxograma do Ensaio de Emulsificação

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 1. Ensaio de escoamento

Na vista frontal busca-se visualizar em um escoamento ideal um comportamento no qual o corante atinja o inibidor de turbulência siga para a superfície, atinja as paredes laterais permanecendo o máximo de tempo na parte superior do distribuidor antes do fluxo se direcionar aos veios e após preencher o distribuidor com o mínimo possível de escoamento.

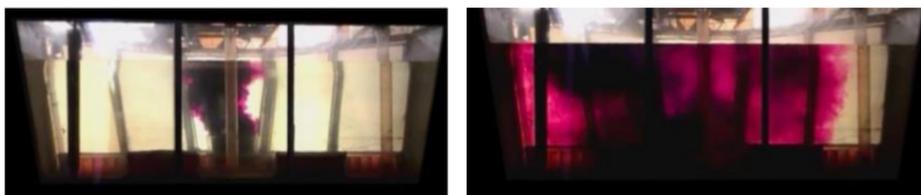


Figura 4: Vistas frontal do ensaio de escoamento para os tempos de 10 e 60s, na velocidade 2,3m/min.

Na vista lateral busca-se não identificar a presença de um escoamento direcionado diretamente para o veio nos instantes iniciais do processo de injeção de traçador. No caso deste inibidor não se viu a formação deste tipo de escoamento, que caracterizaria um curto circuito.



Figura 5: Vistas lateral do ensaio de escoamento para os tempos de 10 e 60s, na velocidade 2,3m/min

Não há figura do ensaio de escoamento na velocidade de 1,7m/min, pois a variação da velocidade não altera os resultados.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.. Ensaio de DTR

Os tempos médio e mínimo de residência em segundos e normalizados pelo tempo de residência teórico encontrados são coerentes com o comportamento de fluxo descrito. Não se observa nenhum tipo de escoamento de curto circuito.

VELOCIDADE (m/min)	Central		Lateral		Distribuidor	
	1,7	2,3	1,7	2,3	1,7	2,3
TEMPO MÉDIO (s)	521	464,52	742,07	600,9	668,38	552,1
TEMPO MÍNIMO (s)	74	61,6	125,33	94,6	108,21	83,59
TEMPO MÉDIO (norm.)	0,52	0,64	0,75	0,83	0,67	0,76
TEMPO MÍNIMO (norm.)	0,07	0,08	0,13	0,13	0,11	0,11

Tabela 1: Tempos médios e mínimos em segundos e normalizados, na velocidade 1,7 e 2,3m/min.

Na tabela 1, é possível visualizar que os tempos médio e mínimo de residência são inferiores quando ocorre o aumento de velocidade.

Os resultados de volume mostram que no veio central uma grande fração se comporta como um misturador favorecendo a coalescência e o crescimento de inclusões. No veio lateral possui uma grande fração de escoamento do tipo mistura, seguido de um volume morto, pouco volume pistonado e nenhum curto circuito.

VELOCIDADE (m/min)	CENTRAL		LATERAL		DISTRIBUIDOR	
	1,7	2,3	1,7	2,3	1,7	2,3
VOLUME MORTO	53%	36%	38%	20%	43%	25%
VOLUME PISTONADO	4%	5%	2%	5%	2%	5%
VOLUME DE MISTURA	43%	59%	60%	75%	55%	70%
CURTO-CIRCUITO	0%	0%	0%	0%	0%	0%

Tabela 2. Volumes característicos e curto-circuito nas velocidades 1,7 e 2,3m/min

Na tabela 2, é possível verificar que, com o aumento da velocidade, ocorre uma redução na fração de volume morto e um aumento nas frações de volume pistonado e de mistura.

### 3. Ensaio de Emulsificação

Na vista frontal observa-se que imediatamente após a simulação da abertura da panela, com o distribuidor em um nível baixo, equivalente a 3 toneladas de aço, a formação de uma dispersão de gotas de querosene pigmentadas, correspondente a formação de um bloco de macro inclusões. A partir de 120 segundos, não se observa mais o arraste a ar para o interior do aço e o escoamento torna-se mais calmo.



Figura 6: Vistas frontal do ensaio de emulsificação para os tempos de 2 e 120s, na velocidade 1,7m/min.



Figura 7: Vistas frontal do ensaio de emulsificação para os tempos de 2 e 120s, na velocidade 2,3m/min.

Na vista lateral observa-se que não ocorre a presença de gotas maiores, nem mesmo nuvem de dispersão de gotículas. Verifica-se que o volume de água é límpido não apresentando dispersão de querosene.



Figura 8: Vistas lateral do ensaio de emulsificação para os tempos de 2 e 120s, na velocidade 1,7m/min.



Figura 9: Vistas lateral do ensaio de emulsificação para os tempos de 2 e 120s, na velocidade 2,3m/min.

Percebe-se um pequeno aumento na turbulência, em consequência da variação da velocidade.

## CONCLUSÕES

Conclui-se que devido a variação da velocidade de lingotamento houve pouca influência no escoamento.

No ensaio de escoamento é ascendente e depois de atingir a camada de escória de forma tranquila, retorna para o fundo.

No ensaio de DTR, com maior velocidade, o tempo mínimo no veio central fica aproximadamente 1 minuto. Já os veios laterais apresentam uma condição boa, ao apresentar um tempo mínimo de 2 minutos em baixa velocidade. Nos tempos médios os veios central e lateral apresentam uma condição que se reduz com o aumento da velocidade. O volume de mistura cresce com o aumento da velocidade, tendo seus valores elevados entre 0,4 e 0,6 no veio central e 0,6 e 0,75 nos veios laterais. O volume morto diminui com o aumento da velocidade, tendo em baixa velocidade aproximadamente 40 %, chegando a 50 % no veio central e em altas velocidades menos que 40 % no veio central e em torno de 20% nos veios laterais. O volume pistonado também diminui com o aumento da velocidade, no qual em baixa velocidade não chega a 10%, o que dificulta a flotação.

No ensaio de emulsificação nota-se, que devido ao aumento de velocidade ocorre uma maior turbulência, porém é contida pelo inibidor. E as condições de emulsificação não pioram devido a mudança de velocidade.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Laboratório de Siderurgia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ao Prof Antônio Vilela pela orientação, aos meus colegas de trabalho Ana Clara Dias Oliveira e Andrei Corrado C. Ferreira e à Fapergs pelo incentivo financeiro.