



ANÁLISE DE COMPOSTOS NÃO METÁLICOS DE Al_2O_3 E $Al-Ti-O$ GERADOS DURANTE O PROCESSAMENTO DE UM AÇO IF UTILIZANDO A TECNOLOGIA ASCAT¹

Paulo André Lucas Pereira²

Jose Roberto de Oliveira³

Estéfano Aparecido Vieira⁴

Resumo

Foi avaliada a geração de inclusões de Al_2O_3 e $AlTi$ durante o tratamento de aços IF (*Intertitial Free*) em uma estação de degaseificação a vácuo RH (*Ruhrstahl-Heraeus*). A avaliação foi realizada em uma corrida sem necessidade de ajuste térmico (não foi necessário reaquecer ou resfriar a corrida) e em uma corrida onde se adicionou sucata para redução da temperatura que se encontrava sem condições de envio para estação de lingotamento contínuo. O estudo foi realizado através da análise de amostras de aço tipo Lollipop, coletadas em diferentes momentos durante o tratamento das corridas. As análises químicas destas amostras foram obtidas via espectrômetro de emissão óptica e a caracterização das inclusões realizada via MEV/EDS utilizando a tecnologia ASCAT (*Automated Steel Cleanliness Analysis Tool*). A ferramenta de análise ASCAT mostrou uma área ocupada pela Al_2O_3 e $AlTi$ em 100 mm^2 de amostra analisada nas amostras de fim de tratamento igual a 37,03 e 12,34 respectivamente, uma Fração de Área de Al_2O_3 três vezes maior que $AlTi$. Foi possível observar também uma distribuição final das inclusões de Al_2O_3 e $AlTi$ bem parecidas. Nas amostras coletadas no fim de tratamento do aço, para ambas as inclusões, quanto maior o seu tamanho menor é a sua concentração.

Palavras-chave: ASCAT; Ruhrstahl-Heraeus; Espectrômetro emissão óptica.

ANALYSIS OF NON-METALLIC COMPOUNDS OF Al_2O_3 , $Al-Ti-O$ GENERATED DURING THE PROCESSING OF AN IF STEEL USING ASCAT TECHNOLOGY

Abstract

The generation of Al_2O_3 and $AlTi$ inclusions was evaluated during the treatment of IF steels in a vacuum degassing station RH (*Ruhrstahl-Heraeus*). The evaluation was conducted in one heat without temperature adjustment (steel reheating or cooling were not necessary) and another one heat with scrap addition aiming reach the casting temperature. The study was conducted through the analysis of steel samples collected at different times during the heat treatment. Chemical analyses of these samples were obtained by optical emission spectrometry and characterization of the inclusions was performed using SEM/EDS and ASCAT technology (*Automated Steel Cleanliness Analysis Tool*). The analysis tool ASCAT showed in 100 mm^2 of area analyzed in final samples an area fraction of Al_2O_3 and $AlTi$ equal to 37,03 and 12,34 respectively, an area fraction of $AlTi$ three times smaller than Al_2O_3 . It was also possible to observe a final distribution of inclusions of Al_2O_3 and $AlTi$ very similar. In both samples were observed a lower concentration for larger inclusions.

Key words: ASCAT; Ruhrstahl-Heraeus; Optical emission spectrometry.

¹ Contribuição técnica ao 43º Seminário de Aciaria – Internacional, 20 a 23 de maio de 2012, Belo Horizonte, MG, Brasil.

² Engenheiro, ArcelorMittal Tubarão.

³ Professor Dr., Instituto Federal do Espírito Santo.

⁴ Professor Dr., Instituto Federal do Espírito Santo.



1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação

Atualmente a análise de limpidez em aços é quase sempre realizada utilizando-se um microscópio eletrônico de varredura (MEV) e microscópios ópticos (metalografia convencional). Em uma amostra de aço existem diversos tipos de inclusões presentes e uma análise de uma única ou mesmo varias inclusões podem não refletir verdadeiramente a limpidez ou o tipo de inclusões presentes. A ferramenta ASCAT (*Automated Steel Cleanliness Analysis Tool*) foi projetada para trabalhar com um microscópio eletrônico de varredura controlado por um computador (CCSEM – *Computer-Controlled Scanning Electron Microscope*) com capacidade para analisar rapidamente, centenas de inclusões. A Ferramenta ASCAT é capaz de fornecer em um curto intervalo de tempo informações sobre distribuição de tamanhos, classe, área ocupada por certa classe de inclusões entre outras informações permitindo assim uma completa caracterização inclusionária do aço em estudo.^(1,2)

1.2 Objetivo

Estudar o processo de geração de inclusões não metálicas de Al_2O_3 , AlTi em aços IF (*Intertitial Free*) através da análise de amostras coletadas durante o tratamento em um desgaseificador a vácuo RH utilizando a ferramenta de análise de inclusões ASCAT. Análise será realizada em dois diferentes tipos de processamento: uma corrida de aço IF processada em um RH sem necessidade de ajuste térmico (não foi necessário elevar da temperatura por meio de aquecimento químico ou redução por meio da adição de sucata) e uma corrida com adição de sucata para redução de temperatura visando obtenção da temperatura ideal para atendimento ao processo de lingotamento contínuo.

1.3 Revisão da Literatura

1.3.1 Inclusões

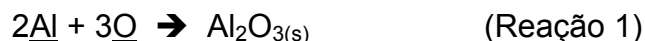
A definição e aço limpo é função da aplicação do produto final. Inclusões não metálicas tornam-se importantes quando elas são responsáveis por produzir defeitos durante o processamento dos produtos em sua aplicação final. Problemas tendem a ocorrer nos produtos quando significantes quantidades de grandes inclusões (entre 20 μm e 150 μm) surgem no produto fundido.⁽³⁾

As inclusões são classicamente divididas quanto à origem como endógenas e exógenas. Inclusões endógenas são aquelas que formam precipitados como resultado de reação química que ocorre nos aços. Elas são compostas principalmente de óxidos e sulfetos e as reações que lhes dão origem podem ser induzidas através de adições feitas ao aço durante as operações de refino ou simplesmente por mudanças de solubilidade durante o resfriamento, na etapa de solidificação. Inclusões exógenas ocorrem como resultado de incorporações mecânicas de escória, refratário ou outros materiais que têm contato com o aço.⁽³⁾



Os tipos mais comuns de inclusões endógenas observadas em aços IF são:

- a Al_2O_3 , resultado da reação entre o Al e O conforme Reação 1 obtida em sua maioria durante o processo de desoxidação do aço ou reaquescimento químico por meio da injeção de $O_{2(g)}$ e adição de $Al_{(s)}$;
- inclusões contendo Al e Ti representadas pela ferramenta ASCAT como (AlTi). Inclusões de AlTi correspondem a um composto não metálico com um percentual de Al > 75%.



1.3.2 Desgaseificador RH

O desgaseificador RH (*Ruhrstahl-Heraeus*), um reator por onde é circulado continuamente o aço líquido exposto a ação de vácuo, tem contribuído de forma bastante positiva com aumento da capacidade de uma aciaria em produzir aços de maior nível de limpidez. Isso devido a suas características de maior energia de misturamento, quando comparado aos reatores convencionais. Este fator contribui significativamente com o aumento na eficiência do processo de remoção de inclusões, um evento que envolve fenômenos como flotação, coalescimento por colisão e anexação às bolhas de gás inerte.^(4,5)

1.3.3 Espectrometria de emissão óptica

A espectrometria de emissão óptica corresponde a um método instrumental de análise por comparação, onde uma amostra é colocada sobre uma pequena mesa situada dentro do equipamento, e um eletrodo ligado a um gerador de energia produz faíscas sobre a superfície da amostra. Átomos ionizados são extraídos, emitindo luzes características para serem analisados. O instrumento converte a luz emitida pela descarga elétrica em corrente elétrica e integra a intensidade dentro de um temporizador durante um tempo estabelecido (tempo de integração). Um *software* capta o valor de integração, e calcula a concentração dos elementos.⁽⁶⁾

1.3.4 ASCAT (*Automated Steel Cleanliness Analysis Tool*)

Em setembro de 1999, RJ Lee Group e parceiros desenvolveram uma tecnologia que permite avaliar a limpidez de aços através da análise individual das inclusões. O projeto foi desenvolvido por RJLG, Dr Richard Fruehan, Oak Ridge National Laboratory (ORNL) e indústrias parceiras.⁽²⁾ O objetivo da tecnologia é aumentar o nível de informações com relação à caracterização de inclusões não metálicas, reduzir o tempo de análise permitindo ajustes no processo produtivo visando melhorias na qualidade do aço e com isso, prevenindo possíveis obstruções durante o processo de lingotamento contínuo.

O objetivo do ASCAT é permitir que se consiga, após a coleta e preparação de uma amostra de aço, realizar uma análise completa e forma clara e simples em menos de uma hora:⁽²⁾

- permite com qualidade, classificar as inclusões por meio de parâmetros químicos e morfológicos;
- fornece o % Inclusionário - número de um tipo específico de inclusões / Total de inclusões observadas na amostra;
- fornece informações sobre a Fração Área - soma da Área ocupada por uma classe de inclusões / Área total analisada;
- fornece informações sobre a densidade Numérica - número de inclusões de uma classe específica / Área total analisada.



A tecnologia ASCAT foi utilizada com objetivo de avaliar o nível de inclusões em aços ultra baixo carbono com adição de Ti (TiSULC - *Ti Stabilized Ultra Low Carbon*). Amostras de aços foram coletadas no fim do tratamento do processo em RH, no distribuidor do processo de lingotamento contínuo o no molde. O parâmetro utilizado para análise fornecido pela tecnologia ASCAT foi a Fração de Área. A Figura 1 mostra o aumento no nível de inclusões observadas no distribuidor e molde quando comparado com amostras coletadas no fim do processamento no RH atribuído a severa ré-oxidação do aço.⁽¹⁾

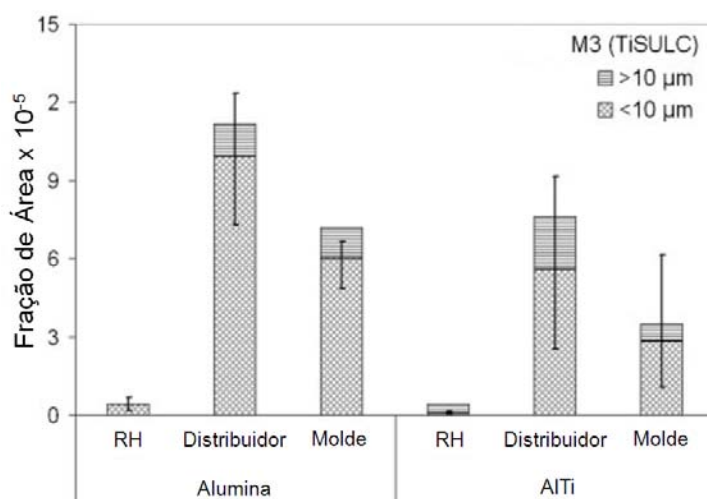


Figura 1. Comparação entre a Fração de área de inclusões de Al₂O₃ e AlTi em RH, distribuidor e molde de lingotamento contínuo.⁽¹⁾

2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste trabalho, foi estudado um aço Ultra Baixo Carbono IF (*Intertitial Free*) com requisitos de alta conformabilidade, destinado à indústria automobilística com composição química (Tabela 1).

Tabela 1. Especificação de Composição química (%) do aço em estudo

C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti
0,003	<0,030	0,160	<0,014	<0,008	0,020	<0,035	0,045

Foram avaliadas duas corridas de aço IF: Uma corrida processada sem necessidade de ajuste térmico (não foi necessário reaquecer a corrida ou adicionar sucata para redução da temperatura) e outra com necessidade de adição de sucata para obtenção da temperatura de liberação para estação de lingotamento contínuo.

Os aços em estudo foram processados sob vácuo (pressão de vácuo entre 0,4 mbar – 1,0 mbar) a temperaturas em torno de 1.580°C – 1.600°C submetido à injeção de argônio para promoção da circulação e agitação do banho com uma vazão de 2.500 NI/min

Para desoxidação dos aços foi utilizado Al_(s) com 99% de pureza e para correção química do elemento Ti, foi adicionado em ambas as corridas 217 kg do ferro liga FeTi70% com 70% de Ti em sua composição. Amostras do tipo Lollipop foram utilizadas para obtenção da composição química e caracterização inclusionária dos aços.



A sequência cronológica dos procedimentos operacionais de tratamento para cada corrida em estudo pode ser observada nas Figuras 2 e 3. A Figura 2 mostra algumas das atividades realizadas durante o tratamento da corrida processada sem necessidade de ajuste térmico mostrando o intervalo entre a desoxidação do aço e cada procedimento realizado. Nesta figura é importante observar que apenas a terceira amostra deverá apresentar inclusões de AlTi, pois as duas primeiras amostras foram coletadas antes da adição de FeTi70%.

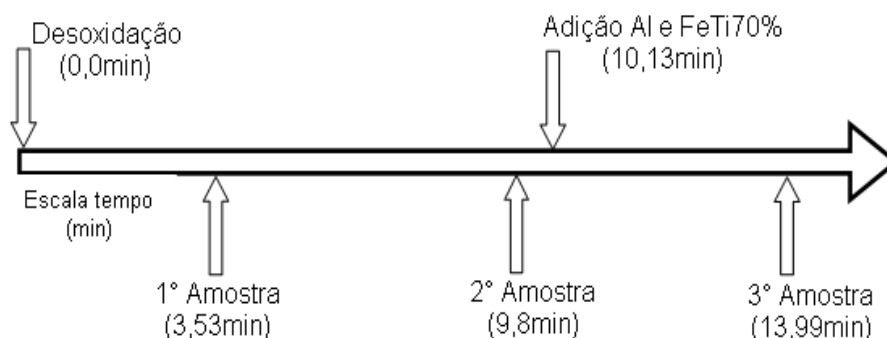


Figura 2. Sequência cronológica de ações realizadas durante processamento da corrida sem necessidade de ajuste térmico (aço não foi reaquecido ou resfriado com sucata) e intervalos entre as ações realizadas durante o tratamento do aço e a sua desoxidação.

A Figura 3 mostra a sequência cronológica de alguns procedimentos realizados no tratamento da segunda corrida em estudo. Nesta corrida adicionou-se sucata para redução da temperatura visando obter a temperatura ideal de liberação para o processo de lingotamento contínuo. Nesta corrida em estudo, a segunda e a terceira amostra deverão apresentar inclusões de AlTi pois foram coletadas após a adição de 97 kg de Mn metálico e 218 kg de FeTi70%.

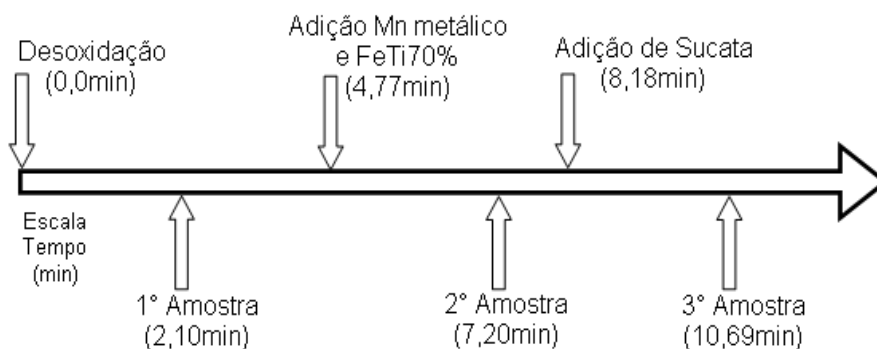


Figura 3. Sequência cronológica de ações realizadas durante processamento da corrida com necessidade de ajuste térmico (adição de sucata) e intervalos entre as ações realizadas durante o tratamento do aço e a sua desoxidação.

A análise química foi obtida por meio de um espectrômetro de emissão óptica (ARLL 4460). A caracterização das inclusões de Al_2O_3 e AlTi foi obtida com a ajuda do centro de pesquisas do grupo ArcelorMittal Global R&D (*Research and Development*) localizado em Chicago, EUA. Para o envio das amostras ao centro de pesquisa, foi realizado um procedimento de identificação objetivando eliminar qualquer desvio com relação a uma possível troca de resultados.

Após obtenção da análise química das amostras, elas foram seccionadas ao meio (Figura 4) para análise via ASCAT. Uma área de 100 mm^2 foi escolhida para caracterização em todas as amostras coletadas e o principal parâmetro de avaliação



inclusionária utilizado no presente trabalho corresponde a Fração de Área de Al_2O_3 e $AlTi$ (Área (mm^2) ocupada por uma classe de inclusão sobre $100 mm^2$ de área analisada na região seccionada da amostra lollipop).



Figura 4. Amostra de aço coletada durante experimentos logo após processo de corte antes da preparação para caracterização.

Para caracterização das inclusões foi utilizado um microscópio eletrônica de varredura, acoplado a um sistema de microanálise por dispersão de energia (MEV/EDS) tipo Leica S 440, com ajuda do software ASCAT.⁽²⁾

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Antes de se iniciar a discussão dos resultados e importante destacar que nas duas corridas em estudo (uma corrida sem ajuste térmico e uma corrida com adição de sucata para redução da temperatura) a amostra coletada no fim de tratamento e utilizada para avaliação via ASCAT não representa a corrida final processada. Após essa amostra ainda foi observado um borbulhamento final seguido da coleta de mais uma amostra que foi utilizada para análise química com objetivo de liberação da panela de aço para o processo de lingotamento contínuo. Essa ultima amostra não foi utilizada para avaliação via ASCAT.

A Tabela 2 apresenta a composição química das duas corridas em estudo. A segunda amostra coletada na corrida sem adição de sucata, por um descuido, não passou pelo espectrômetro de emissão óptica para obtenção do resultado de análise química.

Tabela 2. Composição química das corridas em estudo

Corrida	Amostras	C	Si	Mn	P	S	AlS*	AlT**	Ti
Sem Ajuste Térmico	01	0,0021	0,002	0,110	0,014	0,006	0,034	0,040	0001
	02	-	-	-	-	-	-	-	-
	03	0,0013	0,003	0,117	0,014	0,0053	0,047	0,049	0,043
Com Adição Sucata	01	0,0009	0,002	0,083	0,011	0,0079	0,054	0,059	0,002
	02	0,0018	0,002	0,110	0,011	0,0090	0,057	0,066	0,049
	03	0,0011	0,004	0,117	0,012	0,0080	0,051	0,051	0,048

* Al solúvel; ** Al Total

A Figura 5 mostra a redução das inclusões de Al_2O_3 com o decorrer do processamento do aço. Essa figura apresenta a Fração de Área obtida com as amostras coletadas na corrida sem necessidade de reaquecimento ou resfriamento com sucata e na corrida com necessidade de adição de sucata para redução da temperatura. Antes do processo de desoxidação do aço em ambas as corridas em



estudo, foi medido o teor de \underline{Q} do banho: Corrida sem adição de sucata apresentou um teor \underline{Q} igual a 454 ppm e a corrida com adição de sucata apresentou um teor de \underline{Q} igual a 437,4 ppm.

Com a Figura 5 e a Tabela 3 é possível observar uma grande redução na Fração de Área entre a primeira e a segunda amostra coletada na corrida com adição de sucata. Com 7,2 min após desoxidação do banho, e 2,43 min após adição de 97 kg de Mn metálico e 218 kg de FeTi70 para ajuste químico (Figura 3), observa-se uma redução na Fração de Área de 2.236,4 para 17,6. A Corrida em estudo sem adição de sucata para ajuste de temperatura apresentou uma redução menor entre a primeira e a segunda amostra (redução de 2.296,98 para 94,19) mesmo com um maior intervalo (9,8 min) entre a coleta da segunda amostra e a desoxidação do banho.

Importante destacar o aumento na Fração de Área observada entre a segunda e a terceira amostra coletada na corrida com adição de sucata (aumento de 17,6 para 41,8) levando a crer que ocorreu um processo de reoxidação do banho.

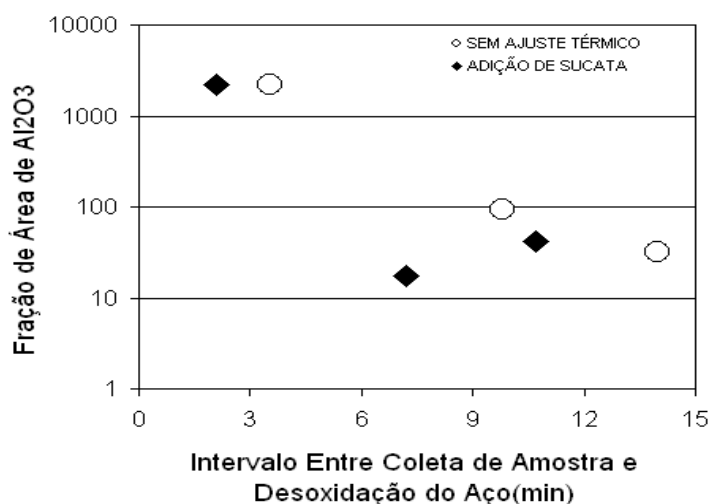


Figura 5. Redução da fração de área de Al₂O₃ em função do intervalo entre a coleta de amostra e a desoxidação do aço. Redução devido brobulhamneto e circulação do aço pela câmara de vácuo.

Tabela 3. Fração de Área e intervalo entre amostragem e desoxidação das amostras coletadas no presente trabalho

	Amostras	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Sem Ajuste Térmico	Fração Área Al ₂ O ₃	2226,98	94,19	32,25
	Intervalo Coleta Amostra e desoxidação	3,53	9,8	13,99
Com Adição Sucata	Fração Área Al ₂ O ₃	2236,4	17,6	41,8
	Intervalo Coleta Amostra e desoxidação	2,1	7,2	10,69

3.1 Análise das Inclusões de Al₂O₃ e AlTi na Corrida Processada Sem Ajuste Térmico

A Figura 6 apresenta a Fração de Área (Área Ocupada pela Al₂O₃ mm²/100 mm² de Área Analisada) e o percentual de inclusões de Al₂O₃ obtido com as amostras coletadas na corrida sem necessidade de adição de sucata. Resultados obtidos com



a análise de uma área de 100 mm² da seção transversal de amostras tipo lollipop. Com a Figura 6 é possível observar uma redução na Fração de Área em todas as faixas de tamanhos avaliadas pelo ASCAT conforme valores observados na Tabela 4. Resultado esperado devido processo de agitação e circulação do aço pela câmara de vácuo que promove o coalescimento, crescimento e remoção das inclusões do banho por flotação para a escória.

Para a primeira amostra coletada 3,53 min e a segunda amostra coletada 9,8 min após a desoxidação do banho metálico, a Figura 6 mostra um elevado percentual de inclusões na faixa de tamanhos entre 2,5 µm – 5 µm. Com o decorrer do processo de borbulhamento e circulação do aço pela câmara de vácuo o que se observa com a terceira amostra é uma redução no percentual de inclusões de tamanhos maiores que 2,5 µm levando a uma distribuição com um percentual maior de inclusões de tamanho pequeno (inclusões de tamanhos entre 1 µm – 2,5 µm). Esse fato mostra a maior facilidade na remoção de uma inclusão, quanto maior é o seu tamanho.

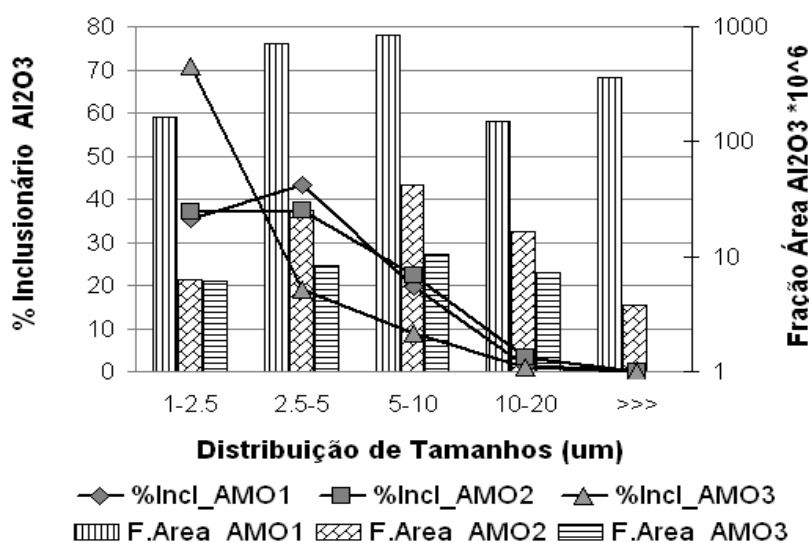


Figura 6. Percentual inclusionário e Fração e Área de Al₂O₃ em corridas sem necessidade de reaquecimento ou redução da temperatura por meio de sucata (resultados obtidos via ASCAT).

Tabela 4. Fração de Área das amostras coletadas na segunda corrida sem necessidade de ajuste térmico

Amostras	Fração de Área estratificada por tamanho					Fração Área Total
	1-2,5 µ	2,5-5 µ	5-10 µ	10-20 µ	>>>	
AMO1	165,61	712,47	836,45	149,63	362,82	2.227,00
AMO2	6,30	25,23	42,37	16,49	3,80	94,19
AMO3	6,20	8,31	10,49	7,25	0,00	32,25

A Figura 7 apresenta o resultado da Fração de Área de AlTi obtido com a corrida processada sem adição de sucata. Como a primeira e a segunda amostra foram coletadas antes da adição de FeTi70%, somente com a terceira amostra foi possível encontrar inclusões de AlTi. A distribuição de AlTi apresentada nesta figura mostra um percentual de inclusões maior quanto menor e a faixa de tamanho das inclusões.

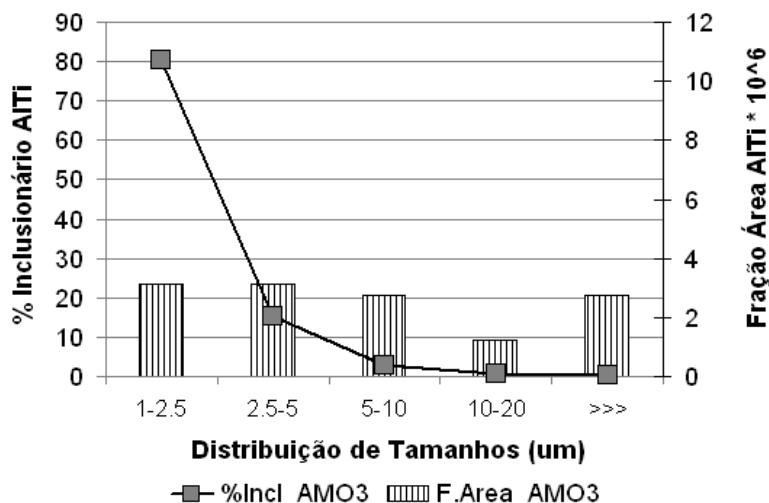


Figura 7. Percentual inclusonário e Fração e Área de AlTi em corridas sem necessidade de reaquecimento ou redução da temperatura por meio de sucata (resultados obtidos via ASCAT).

Tabela 5. Fração de Área das amostras coletadas na segunda corrida com adição de sucata

Amostras	Fração de Área estratificada por tamanho					Fração Área Total
	1-2,5 µ	2,5-5 µ	5-10 µ	10-20 µ	>>>	
AMO3	3,13	3,15	2,73	1,21	2,73	12,96

3.2 Análise das Inclusões de Al₂O₃ e AlTi na Corrida Processada com Adição de Sucata

A Figura 8 apresenta a Fração de Área (Área Ocupada pela Al₂O₃ mm²/100 mm² de Área Analisada) e o percentual de inclusões de Al₂O₃ obtido com as amostras coletadas na corrida com adição de sucata. Com a Figura 8 é possível observar na primeira amostra coletada, um percentual de inclusões entre 2,5 µm – 5 µm bem parecido com o percentual de inclusões entre 1 µm – 2,5 µm (44% e 40% respectivamente). As demais amostras (segunda e terceira amostra) apresentam uma distribuição com uma grande concentração de inclusões de tamanho entre 1 µm – 2,5 µm devido maior facilidade de remoção de inclusões maiores.

A Figura 8 apresenta uma grande redução na Fração de Área entre a primeira e a segunda amostra (redução de 2.236,4 para 17,6), porem é observado um elevado aumento na Fração de Área entre a segunda e a terceira. Conforme observado na Figura 3, entre essas duas amostras foi adicionado 2.387 kg de sucata para redução da temperatura. Conforme Figura 8 e Tabela 6, com exceção da faixa de tamanhos entre 10 µm – 20 µm, todas as demais apresentaram um aumento na Fração de Área de Al₂O₃. O grande aumento na Fração de Área na faixa de tamanhos entre 1 µm – 2,5 µm reforça a idéia de reoxidação do banho com a adição de sucata, pois leva a crer que ocorreu a nucleação de novas inclusões mesmo com um intervalo de borbulhamento e circulação do aço pela câmara de vácuo entre a segunda e terceira amostra de 3,48 min.

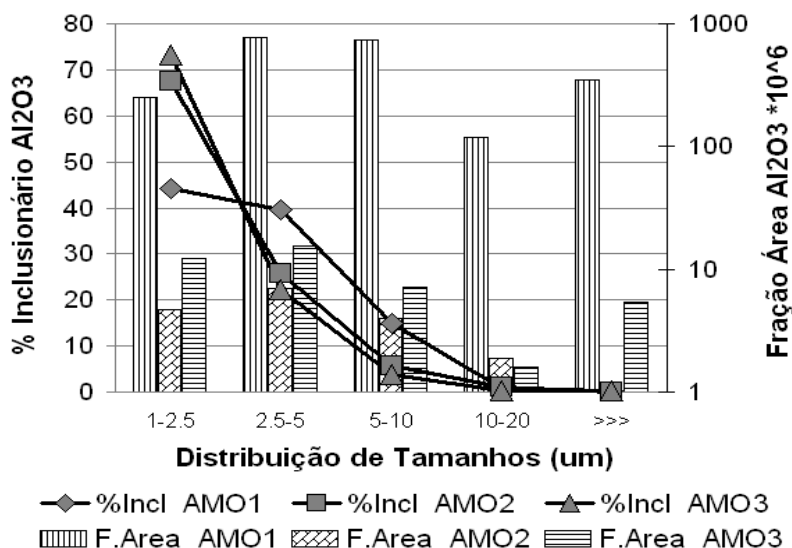


Figura 8. Distribuição e Fração e Área de inclusões de Al_2O_3 em corridas com adição de sucata para redução da temperatura (resultados obtidos via ASCAT).

Tabela 6. Fração de Área das amostras coletadas na segunda corrida com adição de sucata

Amostras	Fração de Área estratificada por tamanho					Fração Área Total
	1-2,5 μ	2,5-5 μ	5-10 μ	10-20 μ	>>>	
AMO1	249,1	780,3	736,7	118,8	351,6	2.236,4
AMO2	4,7	7,0	4,0	1,9	0,0	17,6
AMO3	12,3	15,5	7,1	1,6	5,4	41,8

A Figura 9 apresenta o resultado da Fração de Área de $AlTi$ obtido com as amostras coletadas na corrida processada com adição de sucata. Nesta corrida, a segunda e a terceira amostra apresentam inclusões de $AlTi$ pois foram coletadas após adição de 218 kg de $FeTi70\%$ para correção química de Ti .

A Figura 9 mostra um aumento na Fração de Área de $AlTi$ entre a segunda e a terceira amostra para inclusões de tamanhos entre 1 μm – 2,5 μm , 2,5 μm – 5 μm e 5 μm – 10 μm conforme observado também na Tabela 5. Aumento na Fração de Área mesmo com um intervalo de 3,48 min entre a coleta das duas amostras. Nas demais faixas observa-se uma redução na Fração de Área de $AlTi$. Entre essas duas amostras foi adicionado, conforme comentado anteriormente, 2.387 kg de sucata para ajuste da temperatura final do aço levando a crer que a adição de sucata foi o responsável pela geração de novas inclusões de $AlTi$ no banho.

A distribuição inclusionária de $AlTi$ apresenta o mesmo comportamento observado na primeira corrida em estudo (corrida sem adição de sucata). Um comportamento onde se observa uma maior concentração de inclusões quanto menor e o seu tamanho.

Pequenas alterações são observadas entre a distribuição da segunda e terceira amostra. Com o decorrer do processamento do aço observa-se um aumento no percentual de inclusões entre 1 μm – 2,5 μm (aumento de 75% para 87% entre a segunda e terceira amostra) e uma redução no percentual das demais faixas.

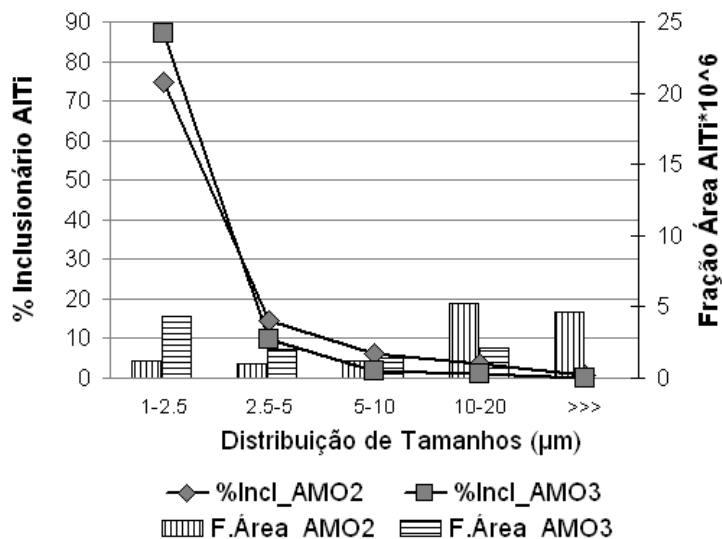


Figura 9. Percentual inclusionário e Fração e Área de AlTi em corridas com adição de sucata para redução da temperatura (resultados obtidos via ASCAT).

Tabela 7. Fração de Área das amostras coletadas na segunda corrida com adição de sucata e ação

Amostras	Fração de Área estratificada por tamanho					Fração Área Total
	1-2,5 μ	2,5-5 μ	5-10 μ	10-20 μ	>>>	
AMO2	1,2	1,0	1,2	5,2	4,6	13,2
AMO3	4,3	2,1	1,4	2,1	0,0	9,98

4 CONCLUSÕES

A capacidade da ferramenta ASCAT em analisar centenas de inclusões em um curto intervalo de tempo (<1 hora) quando comparado com os métodos convencionais a torna um poderosa ferramenta de análise;

O grande número de inclusões de Al₂O₃ geradas com o processo de desoxidação do aço levou a uma distribuição inclusionária, nas primeiras amostras coletadas após a desoxidação, conforme observado na Figura 6 (amostras 1 e 2) e Figura 8 (amostra 1). Essa distribuição mostra uma grande geração de inclusões entre 2,5 μm – 5 μm resultado do coalescimento e crescimento de um elevado número de inclusões menores geradas com o processo de desoxidação. Com a eliminação das inclusões devido o processo de agitação e circulação do banho pela câmara de vácuo, a maior facilidade na remoção de inclusões grandes leva a uma distribuição final com uma maior concentração de inclusões de menor tamanho. Quanto menor e o tamanho da inclusão, maior e a sua concentração no fim do processamento do aço.

As Figuras 8 e 9 mostram um aumento na Fração de Área de Al₂O₃ e AlTi entre a segunda e a terceira amostra (ambas coletadas após a adição de FeTi70%). Entre essas amostras, adicionou-se 2.387 kg de sucata para redução da temperatura do banho levando a crer que a adição de sucata foi o responsável pelo aumento na Fração de Área de Al₂O₃ e AlTi.

A corrida em estudo, processada sem adição de sucata, apresentou uma Fração de Área final de Al₂O₃ e AlTi igual a 32,5 e 12,96 respectivamente e a corrida processada com adição de sucata apresentou uma Fração de Área de Al₂O₃ e AlTi igual 41,8 e 9,98. O resultado médio da Fração de Área final de Al₂O₃ e AlTi foi de



37,03 e 12,34 respectivamente mostrando uma fração de Área de Al_2O_3 três vezes maior que AlTi.

REFERÊNCIAS

- 1 KAUSHIK P., PIELET H., YINI H.. *Inclusions characterization – tool for measurement of steel cleanliness and process control: Part 1.*
- 2 RJ Lee Group, Oak Ridge National Laboratory, RJ Fruehan Consulting, Aspex LLC Development of the Automated Steel Cleanliness Analysis Tool ASCAT, RJ Lee Group 350 Hochberg Rd Monroeville, PA 15146, September 24, 1999 through September 23, 2005.
- 3 FACO, J.R. *Levantamento das inclusões nos principais grupos de aços produzidos em aciaria do tipo LD.* Dissertação (Mestrado em Metalurgia e Materiais) – Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2005.
- 4 SILVA, C. A. ; MARTINS, A. A. ; KATSUJIRO, S. ; FERREIRA, M. A. C. ; AZEVEDO, F. R. S. *Refino Secundário dos Aços.* Belo Horizonte, MG, Brasil, ABM, [Apostila de Curso], 2008.
- 5 LASCOSQUI, P.S.B. *Avaliação da limpidez do aço líquido através da modelagem matemática do desgaseificador - RH da Companhia Siderurgia de Tubarão CST.* Dissertação (Mestrado em Metalurgia e Materiais) - REDEMAT Escola de Minas. Ouro Preto, MG: Universidade Federal de Ouro Preto, 2006.
- 6 Thermo Scientific. Why OES. www.Thermo.com/com/cda/product/details Acessado em: Setembro de 2005.