

# OTIMIZAÇÃO DA CAPACIDADE DE TRANSPORTE DE GUSA LÍQUIDO EM CARROS TORPEDO NA USIMINAS – USINA II<sup>1</sup>

*José Manoel de Simões Henriques<sup>2</sup>*  
*Carlos Antonio Bomfim Tavares<sup>3</sup>*  
*José Carlos Andreolli Silva<sup>4</sup>*  
*Luiz Carlos de Oliveira<sup>5</sup>*  
*Jorge Luiz Santana<sup>5</sup>*  
*Ivan Carlos Wille<sup>5</sup>*

## **Resumo**

Com o objetivo de otimizar a capacidade de transporte de gusa líquido em carros torpedos e garantir maior segurança operacional na Usiminas, planta Usina II, a Usiminas tem por filosofia a melhoria contínua e busca constantemente estratégias que possam viabilizar a melhoria de suas operações e torná-la cada dia mais competitiva, face à necessidade de obter maior desempenho e produtividade de seus equipamentos. Devido ao crescente aumento de produção dos Altos fornos, buscou-se a evolução da carga média dos carros torpedos revendo o nível de carregamento, as rotas de movimentação e definição de frequências das rotinas internas ao Circuito de Gusa, o que permitiu aumentar o volume de gusa transportado sem necessidade de aquisição de novos equipamentos.

**Palavras-chave:** Carro torpedo; Transporte ferroviário; Gusa.

## **OPTIMIZATION OF TRANSPORT CAPACITY OF PIG IRON LIQUID IN TORPEDO CARS IN USIMINAS –PLANT II**

## **Abstract**

With the objective of optimizing transport capacity of liquid pig iron in torpedo cars and to ensure greater operational safety at Usiminas, plant II, the Usiminas is the continuing improvement philosophy and seeking constantly strategies that can facilitate the improvement of its operations and make the each day more competitive, given the need to obtain-higher performance and productivity of their equipment. Due to the increasing production of blast furnaces, sought-if the evolution of average load of torpedo cars reviewing the shipment level, the routes of handling and definition of frequencies of internal routines to the circuit of pig iron, which has helped increase the volume of pig iron transported without the need for acquisition of new equipment.

**Key words:** Torpedo car; Rail transport; Pig iron.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 28º Seminário de Logística, 17 e 18 de junho de 2009, Belo Horizonte, MG*

<sup>2</sup> *Engenheiro Elétrico, Analista Industrial do Transporte Ferroviário da Usiminas – Planta Cubatão.*

<sup>3</sup> *Engenheiro Mecânico, Gerente de Serviços Gerais da Usiminas – Planta Cubatão.*

<sup>4</sup> *Téc. Eletrotécnico, Supervisor Industrial do Transporte Ferroviário da Usiminas – Planta Cubatão.*

<sup>5</sup> *Téc. Metalúrgico, Supervisor Industrial do Transporte Ferroviário da Usiminas – Planta Cubatão.*

# 1 INTRODUÇÃO

Na usina II da Usiminas, o transporte de gusa líquido entre os Altos Fornos e a Aciaria é feito em carros torpedo movimentados por locomotivas rádio controladas, utilizando a malha ferroviária interna.

As áreas e atividades envolvidas nesse processo são denominadas na planta como Circuito de Gusa. O fluxo desse processo é apresentado na figura abaixo:

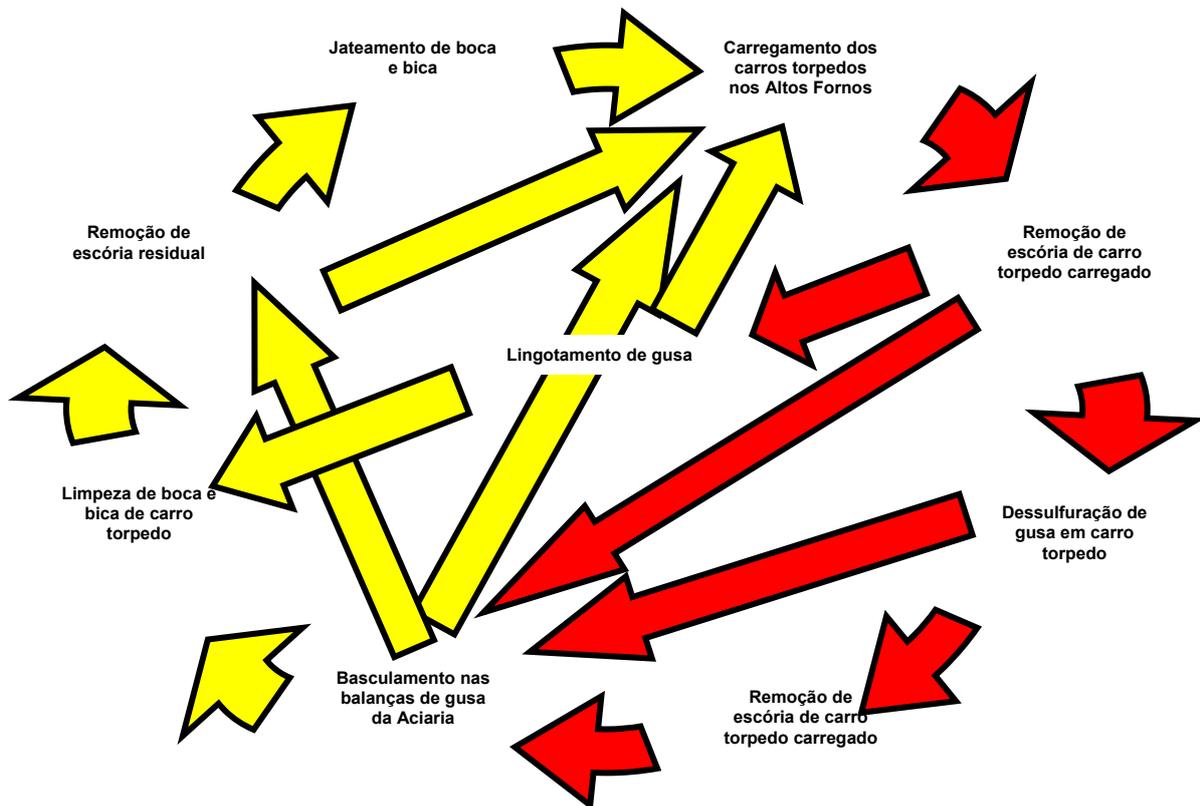


Figura 1 - Fluxo do Circuito de Gusa.

Como observado na Figura 1, o processo normal de movimentação dos carros torpedos pelas seguintes etapas do processo do circuito de gusa é:

- carregamento do carro torpedo nos altos fornos;
- remoção de escória do carro torpedo carregado;
- dessulfuração do ferro gusa no carro torpedo (de acordo com a programação o ferro gusa pode ser dessulfurado somente na panela, no carro torpedo e na panela, ou ainda não ser dessulfurado);
- remoção de escória do carro torpedo carregado (de acordo com a necessidade da balança de gusa esta segunda remoção pode ser descartada);
- descarga do ferro gusa através do basculamento do carro torpedo na balança da Aciaria;
- limpeza de boca e bica de carro torpedo, quando identificada a necessidade pelo balanceiro da Aciaria;
- remoção de residual de ferro gusa, quando identificada a necessidade pelo programador de transporte;

- jateamento de carro torpedo, quando identificada à necessidade pelo programador de transporte, pelo balanceiro ou pelo operador de circuito de gusa; e
- carregamento do carro torpedo nos altos fornos, e assim iniciado o ciclo novamente.

De acordo com a necessidade do planejamento da produção, da Aciaria, e da disponibilidade de CTs vazios, algumas etapas normais do processo podem ser descartadas.

Para realizar a movimentação do gusa desse processo há disponíveis desde 1997, 35 carros torpedos (CT), sendo:

- 6 CTs fabricados pela Delattre com capacidade para 190 toneladas; e
- 29 CTs fabricados pela Cobrasma com capacidade para 200 toneladas.

As características construtivas desses carros torpedos são:

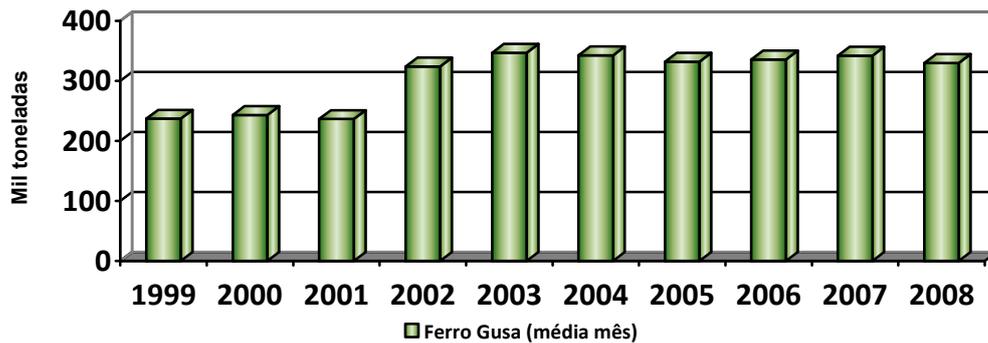
- bitola de 1,600 m;
- rodas de 33" e 36"; e
- alimentação elétrica dos motores de basculamento na tensão de 230 Vcc.

A evolução da frota de CTs ocorreu conforme Tabela 1.

**Tabela 1** - Evolução da frota de CTs da Usiminas – Usina II – 2009.

| DATA       | AÇÃO                                  | Quantidade de CTs com capacidade de: |       |       |
|------------|---------------------------------------|--------------------------------------|-------|-------|
|            |                                       | 150 t                                | 190 t | 200 t |
| até dez/90 | Aquisição dos CTs 01 a 30             | 10                                   | 0     | 20    |
| jan/94     | Aumento de capacidade do CT 5         | 9                                    | 1     | 20    |
| set/95     | Aquisição do CT 31                    | 9                                    | 1     | 21    |
| set/95     | Aumento de capacidade do CT 01        | 8                                    | 2     | 21    |
| abr/96     | Aumento de capacidade do CT 04        | 7                                    | 3     | 21    |
| jun/96     | Aumento de capacidade do CT 02        | 6                                    | 4     | 21    |
| jul/96     | Aumento de capacidade do CT 03        | 5                                    | 5     | 21    |
| ago/96     | Aumento de capacidade do CT 06        | 4                                    | 6     | 21    |
| out/96     | Aumento de capacidade dos CTS 08 e 09 | 2                                    | 6     | 23    |
| abr/97     | Aumento de capacidade CT 10           | 1                                    | 6     | 24    |
| mai/97     | Aquisição do CT 32                    | 1                                    | 6     | 25    |
| jun/97     | Aquisição do CT 33                    | 1                                    | 6     | 26    |
| jul/97     | Aquisição do CT 34                    | 1                                    | 6     | 27    |
| set/97     | Aumento de capacidade do CT 7         | 0                                    | 6     | 28    |
| nov/97     | Aquisição do CT 35                    | 0                                    | 6     | 29    |

O gráfico a seguir mostra a evolução da movimentação de ferro gusa na planta da Usina II da Usiminas. Para alcançar esse patamar foi necessário identificar e eliminar vários gargalos verificados ao longo do tempo em todo o ciclo do processo.



**Figura 2** - Evolução da movimentação de gusa em carros torpedos na Usiminas - Planta Usina II.

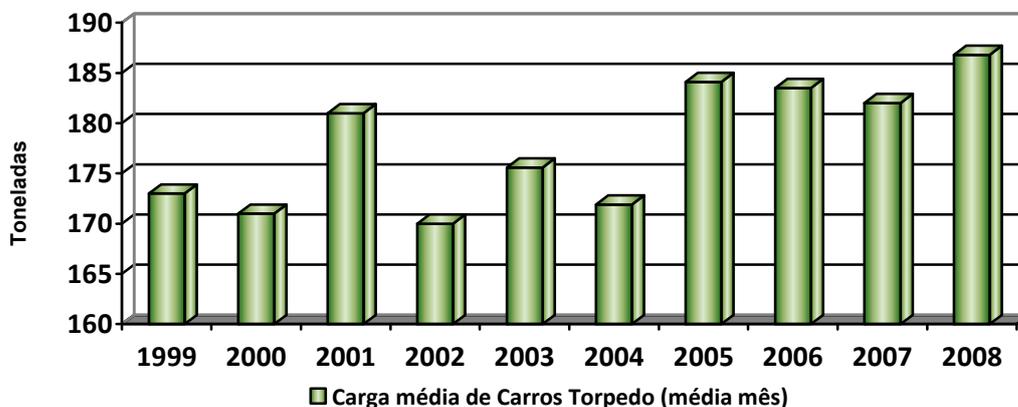
O aumento do volume transportado necessitou a evolução da carga média dos carros torpedos, objeto deste trabalho. Essa evolução ocorreu através do trabalho conjunto entre as áreas do no Circuito de Gusa (Transporte Ferroviário, Altos Fornos, Aciaria e Manutenção de Refratário).

## 2 METODOLOGIA E RESULTADOS OBTIDOS

Antes de explicar a metodologia utilizada para a otimização da capacidade de transporte, apresentaremos a definição e a evolução de carga média.

Definimos como sendo carga média, a média do nível de carregamento da frota de CTs em um determinado período (turno, dia, semana, mês, etc.). Atualmente objetiva-se uma carga média maior ou igual a 180 toneladas por CT.

Na Figura 3 apresentamos a evolução da carga média ao longo dos últimos anos.

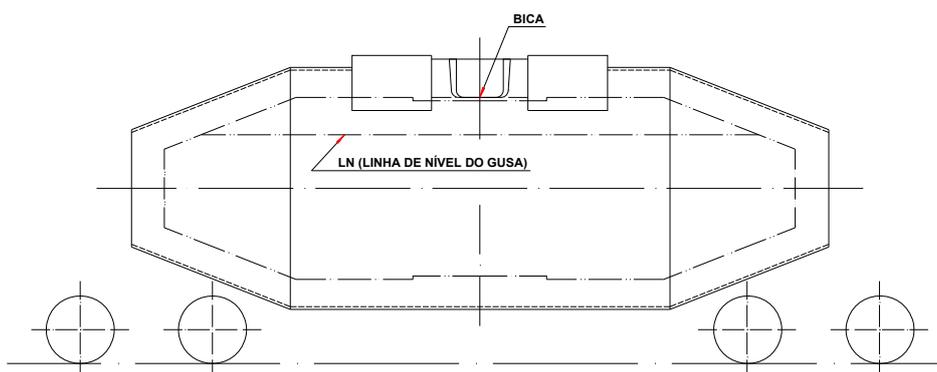


**Figura 3** - Evolução da carga média de carros torpedos na Usiminas - Planta Usina II.

### 2.1 Carregamento nos Altos Fornos

O carregamento do ferro gusa em carros torpedos nos Altos Fornos foi elevado, permitindo um maior carregamento de gusa com a diminuição da borda livre, aproveitando de maneira otimizada a capacidade de transporte dos CTS.

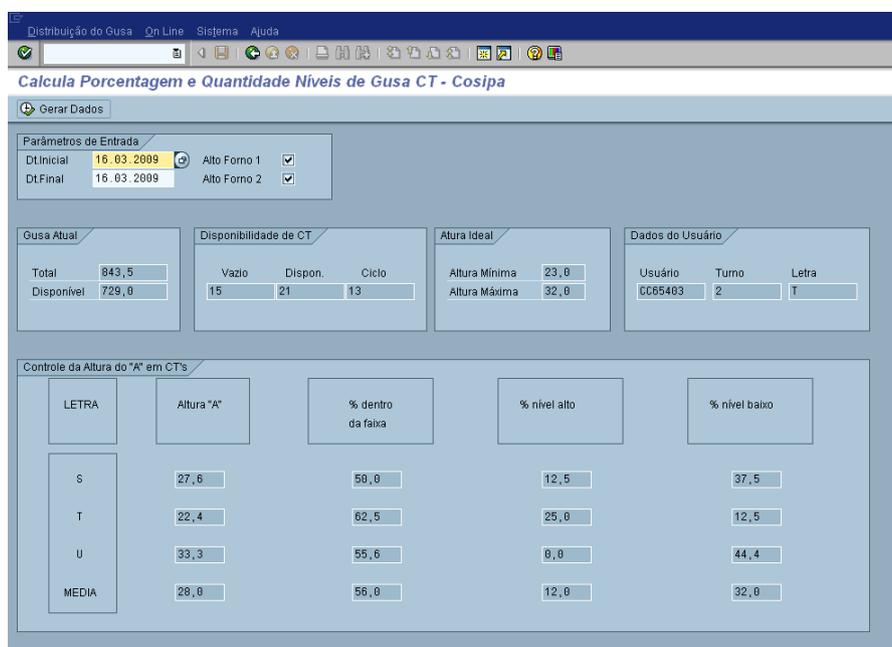
O nível de borda livre diminuiu de 280 mm para 230 mm, conforme observado na Figura 4. O nível foi reduzido, respeitando o limite mínimo de borda livre que permita a dessulfuração do ferro gusa dentro do CT na Aciaria.



**Figura 4** – Nível de carregamento de carros torpedado (linha de nível de gusa) nos Altos Fornos.

O controle do carregamento nos Altos Fornos é feito pelo operador da área de corrida, objetivando o carregamento de 230 mm através de uso de sonda mecânica (atualmente encontra-se em fase de instalação, testes e avaliação o uso de sonda eletrônica óptica).

Entretanto, o maior ganho no carregamento ocorreu através da gestão dos programadores de transporte ferroviário do índice de carregamento através de sistema informatizado em tempo real, fiscalizando o trabalho dos operadores dos Altos Fornos quanto ao cumprimento desse nível. Na figura 5 abaixo, observamos uma tela do sistema de acompanhamento em tempo real de utilização pelos programadores ferroviários.



**Figura 5** – Sistema Informatizado de acompanhamento do nível de carregamento de carros torpedado.

O valor mínimo de borda livre foi estabelecido com base na limitação técnica das estações de dessulfuração da Usiminas – Planta Usina II. O carregamento do CT com valores abaixo desse valor provoca maior a projeção de gusa durante o processo de dessulfuração, conforme observado na Figura 6.

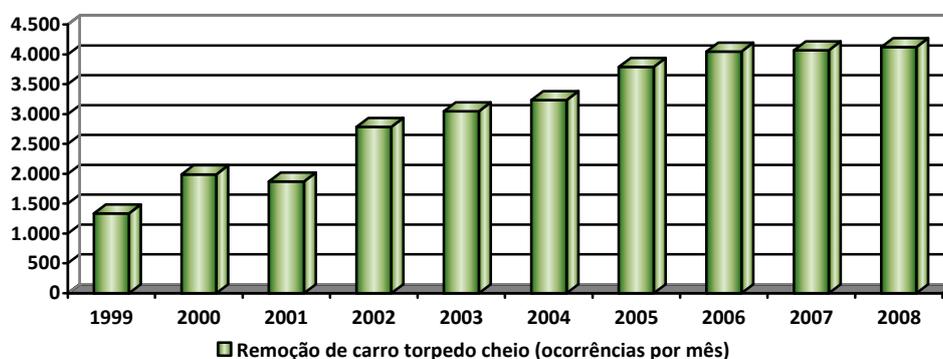


**Figura 6** – Dessulfuração de gusa dentro de carros torpedo na Usiminas – Planta Usina II.

## 2.2 Movimentação dos Carros Torpedos e Realização de Rotinas Internas do Circuito de Gusa

Os programadores de transporte ferroviário contribuíram para o aumento da carga média objetivando a realização da remoção de escória em 100% dos carros torpedos carregados antes do processo de dessulfuração ou descarga direta na balança, minimizando o risco de agregar escória no teto, boca e bicas dos torpedos, diminuindo assim a capacidade útil de armazenamento, conforme observado na Figura 7.

O processo de dessulfuração naturalmente agrega escória ou gusa aos carros torpedos devido às reações químicas decorrentes desse processo. Por este motivo, objetivam também a realização de pelo menos 70% de remoções de escória após esse processo para minimizar o risco de agregar material.



**Figura 7** - Evolução da realização de rotinas de remoção de carros torpedos carregados na Usiminas - Planta Usina II.

Um processo contribuinte para evitar o residual de gusa após a descarga, é a limpeza de boca e bica dos carros torpedos através da utilização de máquinas demolidoras, para que escória agregada nessas regiões impeça o basculamento total (zeragem) do CT, agregando gusa ou escória no interior do mesmo

Entretanto, devido a problemas operacionais dos altos fornos (como queda de temperatura do ferro gusa, má qualidade ou passagem de escória), bem como a ocorrência de alguma falha eventual no processo do circuito de gusa como um todo, alguns carros torpedos têm sua carga média abaixo da objetivada. Quando isto é identificado pelo programador (pelo menos 20% abaixo), um CT é retirado do ciclo e realiza a remoção de escória a frio, onde é resfriado naturalmente por um

determinado período, de modo a permitir que a escória desagregue, seja basculada e o CT retorne ao nível útil de carregamento desejado.

Um item que influencia sobre a carga média é o tempo que o CT fica vazio, pois o carregamento de CTs frios propicia agregar material ao mesmo, reduzindo também o seu volume útil e por consequência sua carga média. Assim, a movimentação rápida entre os pontos de descarga, “zeragem” e de carregamento, é um fator que contribui para a manutenção da carga média, mantendo assim a rotatividade dos CTs em ciclo.

Por esta razão, foram implantadas melhorias no layout ferroviário de modo a reduzir os tempos da movimentação ferroviária, através da instalação de duas travessias oblíquas no trajeto, remodelação de trechos, dentre outras melhorias.

### **2.3 Descarga na Aciaria**

Outro fator contribuinte para aumentar o nível de carregamento foi à implantação e utilização da EDGP (Estação de dessulfuração de ferro gusa em panela) pela Aciaria. A utilização dessa estação faz com que o ferro gusa não seja dessulfurado dentro do CT, não existindo assim limitação técnica de carregamento do CT no Alto Forno. Por questão de limitações técnicas da Aciaria, não é realizada a dessulfuração do ferro gusa *somente em panela*.

Atualmente na planta da Usina II a dessulfuração do ferro gusa ocorre na ordem de aproximadamente *15% somente em panela* e o restante dentro do carro torpedo. O aumento desse percentual acarretará num aumento da carga média em decorrência da diminuição do nível de borda livre de carregamento.

### **2.4 Manutenção Refratária**

Desde a entrada em operação dos carros torpedo, o circuito de gusa vem passando por uma serie de mudanças e solicitações devido a evoluções e entrada de novos equipamentos e processos. Estas alterações demandaram adaptações do revestimento refratário e de sua metodologia de manutenção.

Ao longo destes anos também a tecnologia de refratários evolui e a Usiminas – Planta Usina II utilizou desta evolução tecnológica para fazer frente aos novos desafios, substituindo os refratários possibilitando aumentar o volume interno útil com adoção de revestimento refratário de dimensões menores, sem risco à carcaça por falta ou falha do isolamento térmico ou ao ciclo médio de manutenção.

## **3 DISCUSSÃO**

O ritmo de produção dos Altos Fornos na Usiminas – Planta Usina II previsto para 2008 foi de 3.721.479 t de ferro gusa, equivalente a uma produção de diária de 10.196 t.

Mantida a carga média obtida em 2002 (170 t), apresentada na figura 3, calculando a quantidade de posicionamentos de CTs nas bicas de carregamento dos Altos Fornos (dividindo a produção diária atual pela carga média) chegaríamos à necessidade de 60 posicionamentos diários, onde anualizando seriam necessários 21.891 posicionamentos nos Altos Fornos.

Com a otimização da carga média para 186,8 t em 2008, foram necessários apenas 19.922 posicionamentos, equivalente a 55 por dia. Assim, deixou de ser realizado 5 posicionamentos diários ou 1.968 no ano.

Conseqüentemente, além do posicionamento dos CTs nos Altos Fornos, deixou de ocorrer à movimentação desses torpedos até a descarga na Aciaria e sua passagem pelos respectivos processos intermediários apresentados no fluxo do processo na Figura 1.

A manutenção dos tempos de processo (tempos de manobra) e do número de equipamentos, não permitiria absorver o aumento de movimentação de gusa na planta de Usina II, sem a aquisição de novos CTs ou locomotivas que pudessem compensar este fato.

O aumento da carga média trouxe também maior segurança operacional para a Aciaria, já que possibilitou um aumento no volume de gusa em trânsito. Assim, quando da ocorrência de problemas operacionais na Aciaria que impeçam o consumo do ferro gusa dos carros torpedos carregados, a frota em ciclo é capaz de absorver um volume maior estocado até a normalização dos problemas sem a necessidade de lingotamento de gusa no chão para não interromper o fornecimento de CTs vazios para os Altos Fornos (fato este que é extremamente prejudicial para a operação destes equipamentos).

Como observado na figura 7, à carga média mais elevada permitiu ainda a realização de um maior número de rotinas de manutenção da capacidade interna de armazenamento dos torpedos. Isto foi devido ao aumento do volume do ferro gusa em trânsito e a conseqüente diminuição do número de carros torpedos carregados para um mesmo volume de gusa em trânsito, permitindo que os CTs agora vazios que eventualmente apresentem desempenho inferior possam ser direcionados pelos programadores de transporte ferroviário para a realização de rotinas de limpeza e recuperação do volume interno útil. Dessa forma, a queda observada é fruto do nível de volume interno útil obtido devido a esse fator.

#### **4 CONCLUSÃO**

As mudanças executadas na gestão do circuito de gusa (quanto ao nível de carregamento, as rotas de movimentação, a frequência de realização das rotinas internas), trouxeram um aumento à carga média dos carros torpedos, conseqüentemente aumentando e otimizando o volume de ferro gusa líquido transportado na Usiminas – Planta Usina II. Desta forma foi possível absorver os aumentos de produção dos últimos anos sem a necessidade de aquisição de novos carros torpedos.

O aumento da carga média propiciou também a redução do impacto dos custos do transporte ferroviário sobre o produto final, devido à economia de combustível (óleo diesel) das locomotivas em seu deslocamento, obtida com a realização de uma menor quantidade de manobras ferroviárias de movimentação de carros torpedos.

Minimizamos ainda a perda de gusa lingotado em emergência, devido ao aumento do volume de gusa em trânsito, possibilitando retardar ou até mesmo eliminar a necessidade do lingotamento.

#### **Agradecimentos**

Ao técnico metalúrgico e assistente de transporte ferroviário aposentado Celso Fernandes de Andrade que auxiliou tecnicamente quando da implantação do

Circuito de Gusa e contribuiu com informações importantes para a elaboração deste trabalho.

Aos supervisores industriais José Carlos Andreolli, Jorge Luiz Santana, Luiz Carlos de Oliveira, Ivan Carlos Wille, Rinaldo dos Santos, Jonas Romildo dos Santos e Moacir Francisco Júnior do transporte ferroviário da Usiminas – Planta de Usina II, pelas informações prestadas para auxiliar na elaboração do trabalho e na competente gestão das atividades do transporte ferroviário para com o Circuito de Gusa.

Ao engenheiro mecânico e ex-gerente do Transporte Ferroviário da Usiminas – Planta de Usina II Carlos Antônio Bomfim Tavares, pela preciosa ajuda nas informações prestadas para auxiliar na elaboração do trabalho e no competente gerenciamento das atividades do transporte ferroviário para com o Circuito de Gusa.