

MODELO DE COORDENAÇÃO DE UMA ACIARIA ELÉTRICA¹

Tiago Seixas Bittencourt²
Julio Cesar Correa de Oliveira³
Aline da Costa Miranda Lima⁴
Eduardo Sérgio Coelho⁵
Fernando Souza Cândido⁶

Resumo

Face às inúmeras variações existentes em todos os fenômenos naturais, o processo de fabricação de aço via rota semi-integrada pode ser substancialmente afetado pelo descompasso de tempos entre as etapas do processo fabril. Composta basicamente por três equipamentos, Forno Elétrico a Arco (FEA), Forno Panela (FP) e Lingotamento Contínuo (LC), a rota de fabricação semi integrada, doravante denominada aciaria elétrica, pode ser tão mais produtiva à medida que haja uma maior sinergia temporal entre tais equipamentos. De maneira análoga quando a defasagem temporal entre as etapas do processo aumenta, a produtividade da operação fabril decresce de maneira proporcional. O modelo proposto no presente trabalho tem por finalidade apresentar uma ferramenta matemática capaz de prever os principais descompassos temporais que podem surgir durante a operação de uma aciaria elétrica, de modo a possibilitar a intervenção operacional premeditada com o intuito de garantir o equilíbrio temporal do processo de fabricação, evitando interrupções operacionais desnecessárias. Para tal, três módulos matemáticos compõem o modelo de coordenação, (i) o primeiro é dedicado exclusivamente ao FEA, capaz de identificar a cada evento temporal, a condição produtiva do mesmo, inferindo detalhes sobre possíveis atrasados em escala de curto, médio e longo prazo, como por exemplo, a inferência sobre o tempo morto, tempo entre o término da última corrida e o início do horário de tarifação horo-sazonal de energia elétrica; (ii) o segundo núcleo matemático, dedica-se ao LC, capaz de inferir detalhes sobre a produtividade do mesmo e tem, como principal saída a indicação do diâmetro de válvula que melhor equaliza o problema da oscilação temporal; e (iii) um módulo integrador que monitora os *outputs* dos demais núcleos matemáticos e, através de métodos de otimização linear, busca adequar a condição temporal da aciaria para um determinado ritmo desejado.

Palavras-chave: Coordenação de tempos; Aciaria elétrica; Forno elétrico a arco; Lingotamento contínuo; Otimização.

ELECTRICAL MELTSHP COORDINATION MODEL

Abstract

Face to the several variations exist in all the natural phenomena, the steel manufacturing process by semi integrated route can be substantially affected by the time gap between the manufacturing process steps. Basically composed of three equipments, Electric Arc Furnace (EAF), Ladle Furnace (LF) and Continuous Casting Machine (CCM), the semi integrated manufacturing route, from now on called by electrical meltshop, can be so much more productive as there is a greater synergy time between such equipments. In a similarly way, as the gap between the process steps increases, the operation of the plant decreases proportionally. The model proposed in this present work intends to show a mathematical tool able to predict the major temporal mismatches that may arise during the operation of an EAF in order to get possible the premeditated operational intervention in order to ensure the best time balance of the manufacture process in order to avoid unnecessary operational interruptions. To be possible get this goal, three mathematical modules form the coordination model, (i) the first is dedicated exclusively to EAF, able to identify in every single time event, the condition of the EAF production, inferring details about possible late in short, medium and long scale, for example the inference of the dead time, time wasted between the finishing the last heat and the beginning of peak time, day period where energy price is much high, (ii) the second mathematical core, dedicated to CCM, able to infer details about CCM productivity, as its main output is the CCM valve diameter that best equalizes the problem of time and (iii) an integrator module that monitors the outputs of other mathematical cores, and through linear optimization method search the best temporal condition to the desire meltshop rate.

Key words: Time cordination; Electrical Meltshop; Electric arc furnace; Ladle furnace; Optimization.

¹ Contribuição técnica ao 44º Seminário de Aciaria – Internacional, 26 a 29 de maio de 2013, Araxá, MG, Brasil.

² Engenheiro Especialista, M.Sc. Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Brasil.

³ Técnico de Desenvolvimento. Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Brasil.

⁴ Coordenadora Técnica, M.Sc. Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Brasil.

⁵ Especialista em Siderurgia. Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Brasil.

⁶ Membro da ABM. Gerente de Aciaria, M.Sc. Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

Mediante a um balanço de tempos de uma aciaria, é possível evidenciar de maneira clara e objetiva, todos os parâmetros relacionados à: interrupções, atrasos e, conseqüentemente, a real capacidade de produção da mesma. Deste modo, é possível, através de previsões matemáticas, estabelecer relações que equacionem o problema de coordenação de uma aciaria, possibilitando assim, projetar cenários de produção que aperfeiçoem a utilização dos equipamentos, extraíndo dos mesmos sua melhor performance.

Idealmente, uma aciaria elétrica composta pela rota básica, isto é, Pátio de Sucatas (PS) → Forno Elétrico a Arco (FEA) → Forno Panela (FP) → Lingotamento Contínuo (LC), deve seguir uma distribuição de capacidade instalada de modo que a capacidade do FEA seja suprimida pelas capacidades dos processos seguintes e subseqüentes, isto é, a capacidade do FEA deve ser a menor capacidade instalada da aciaria, quando comparada às capacidades do PS, FP e LC, conforme apresentado na distribuição qualitativa da Figura 1.

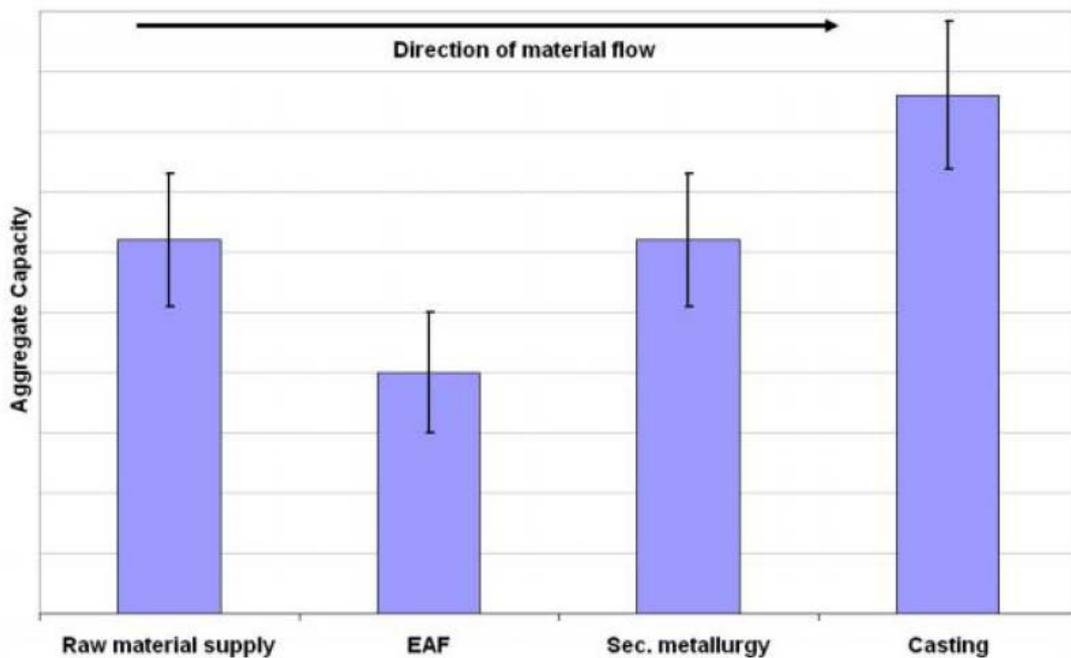


Figura 1. Distribuição de capacidade instalada ideal para uma aciaria elétrica.⁽¹⁾

1.1 Estrutura Temporal de uma Aciaria Elétrica

A estruturação genérica de tempos em uma aciaria elétrica pode ser definida conforme apresentado na Figura 2, onde é possível visualizar a distribuição do tempo calendário em relação aos principais eventos da aciaria, os quais incluem, tempos de processo e períodos de interrupção, programados ou não.

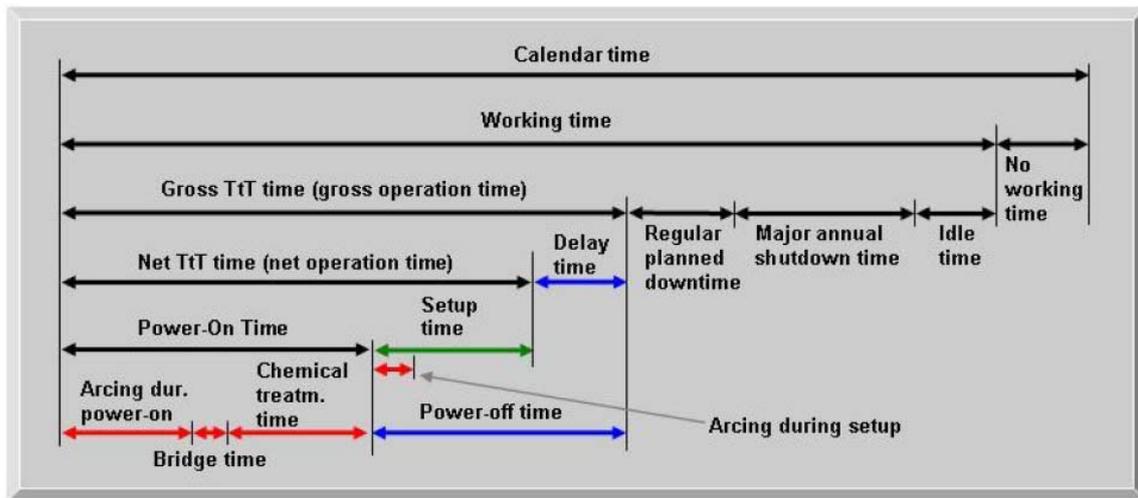


Figura 2. Distribuição do tempo calendário em relação aos principais eventos da aciaria.⁽²⁾

Conceitualmente, o tempo calendário, isto é, o período máximo disponível para a operação é consumido por dois grandes eventos temporais, são eles: (i) tempos de processo; e (ii) interrupções, sendo este último subdividido em interrupções programadas e não programadas.

A Figura 3 mostra como as interrupções, sejam elas de processo e/ou de origem externa, consomem o tempo calendário da aciaria. Considerando uma utilização de 82,8% e uma disponibilidade de 93,3%, tal consumo é de 65% do tempo calendário.

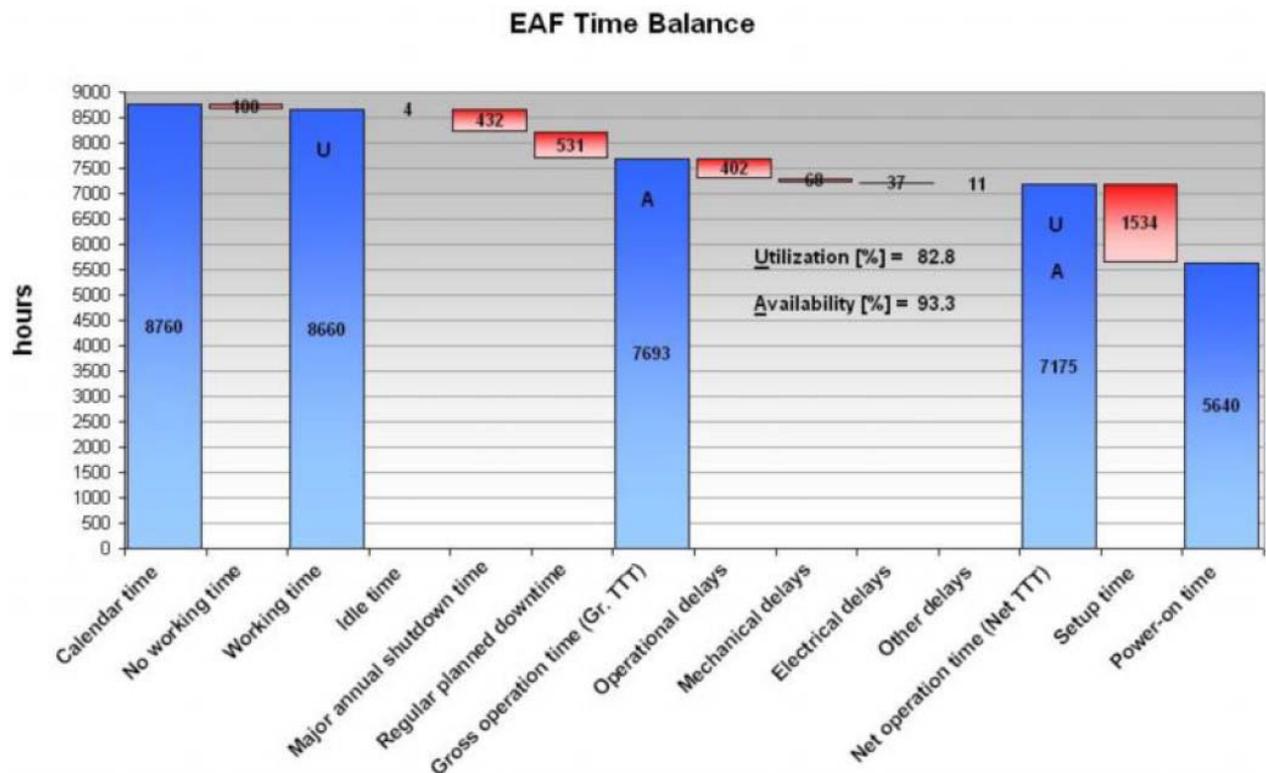


Figura 3. Consumo do tempo calendário em relação aos principais eventos da aciaria.⁽³⁾

1.2 Tempos de Processo

Conceitualmente, considera-se como o tempo de uma corrida no FEA o somatório entre os tempos de forno ligado (*Power on*) e forno desligado (*Power off*).⁽⁴⁾

1.2.1 Power-on

O tempo de forno ligado é definido pelo tempo total transcorrido entre o fechamento de contato elétrico do disjuntor do FEA e sua abertura. Pode-se ainda definir o *Power on* como a relação entre o consumo absoluto de energia e a potência ativa do transformador do FEA, conforme descrito na Equação 1.

$$Power - on = \frac{\text{energia} - \text{elétrica}}{\text{potência}} \quad (1)$$

1.2.2 Power-off padrão

O tempo de forno desligado é subdividido em interrupções dita padrões, ou programadas dentro uma rotina operacional pré-determinada e interrupções provenientes de falhas operacionais e/ou de equipamentos. Considera-se como *Power off* de processo, todo evento de interrupção inerente à operação do FEA, isto é, tempo de carregamento dos cestões de sucata, tempo de vazamento do FEA, tempo de preparação de canal, tempo de avaliação etc.

1.3 Interrupções

As interrupções na aciaria advêm de duas origens principais: (i) programadas; e (ii) não programadas.

1.3.1 Interrupções programadas

Este grupo de interrupções engloba todas as paradas que previamente podem ser computadas e/ou previstas dentro do horizonte de planejamento da aciaria. Fazem parte deste grupo as seguintes interrupções: (i) manutenção preventiva; (ii) horário sazonal; (iii) interrupções de programação de aços; e (iv) limitantes de vida de equipamento (ex. distribuidor), entre outras.

1.3.2 Interrupções não programadas

Já as paradas não programadas, como se intui pela própria nomenclatura, têm origem não planejada, ocorrem a despeito do desejo operacional da aciaria. Compõem esse grupo as seguintes paradas: (i) atrasos nos tempos padrões de processo; (ii) falhas de equipamentos de origem mecânica, elétrica/eletrônica ou de automação; e (iii) paradas externas (utilidades), entre outras.

2 METODOLOGIA

Um balanço de tempos da aciaria foi feito empregando técnicas de simulação de tempos e movimentos em intervalos de curto prazo. Para tal foi desenvolvido um modelo computacional em plataforma Delphi.

A compilação dos dados foi feita através da lógica de cruzamento de dados de origem-destino, onde as informações temporais da aciaria podem ser introduzidas no modelo redundantemente, de maneira manual ou diretamente através da interface com o sistema de automação nível 1.

A otimização do ritmo dos equipamentos visando à estabilidade temporal foi feita através de um algoritmo de otimização, empregando o método *Simplex*.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 4 mostra o esboço da tela principal do modelo de coordenação da aciaria. A previsão de início e de término de cada corrida é atualizada a cada evento da corrida. Tal fato possibilita dimensionar em tempo real o descompasso entre os equipamentos críticos que compõem a rota de fabricação da aciaria, ou seja, as produtividades do FEA, FP e LC. Deste modo, é possível equalizar os tempos da aciaria através do controle individual de produtividade de cada um desses equipamentos.

As informações sobre o tempo de espera entre o FP e seus processos sequente e subsequente estão disponíveis em tempo real, possibilitando ao operador do LC ter uma melhor orientação acerca da administração do tempo de lingotamento, evitando, interrupções na aciaria oriundas do descompasso de tempo entre os equipamentos.

Adicionalmente, o operador do FEA pode prever, com certa antecedência, o tempo morto da aciaria, isto é, a diferença entre o horário de início do período de sazonal em relação ao término da última corrida válida na aciaria, maximizando a produtividade do FEA e evitando custos elevados com demanda fora do contrato.

A Figura 5 mostra a tela de acompanhamento da coordenação do FEA, onde é possível prever a cada corrida, o tempo morto previsto para o fim do dia. Adicionalmente o operador do FEA pode simular corridas especiais, tais como com carga reduzida, com carregamento único etc., de modo a utilizar o tempo morto previsto em prol da produção de mais uma corrida. Para tal o operador do FEA tem disponível um simulador de corridas (Figura 6), onde todos os tempos padrões e não padrões da corrida estão disponíveis para a simulação irrestrita do operador.



Figura 4. Tela principal do modelo de coordenação da aciaria.

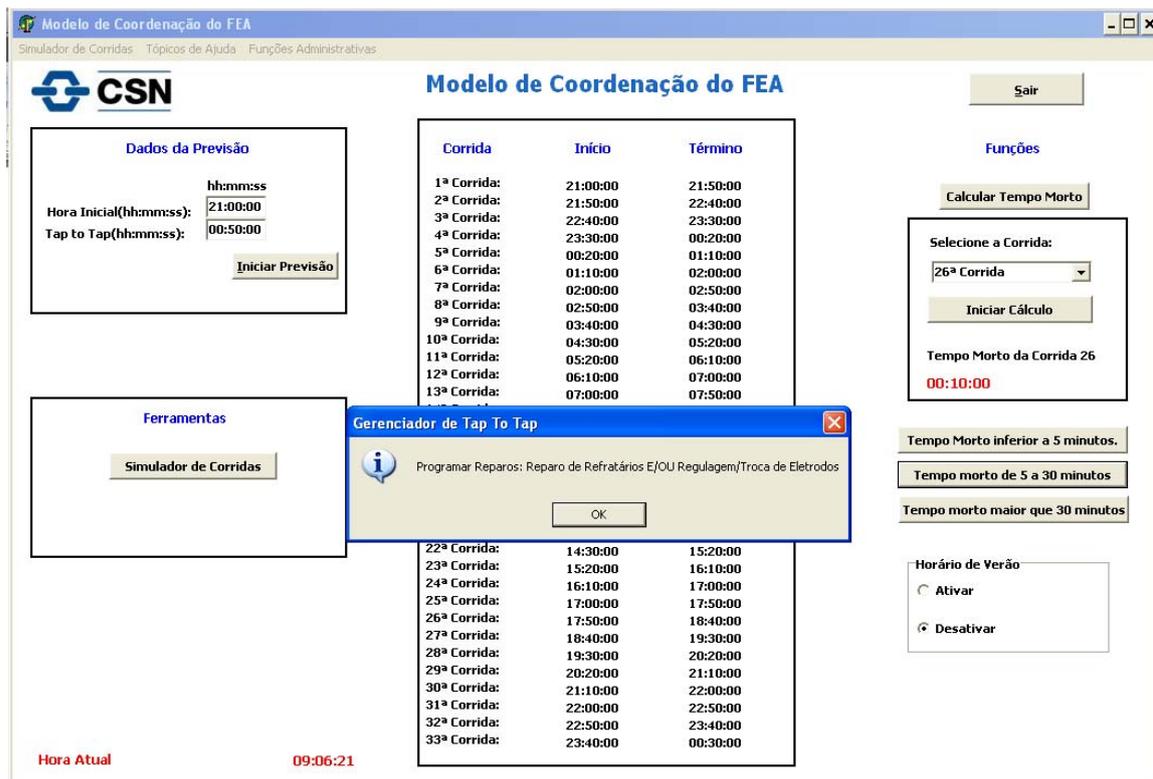


Figura 5. Tela de acompanhamento do modelo de coordenação do FEA.

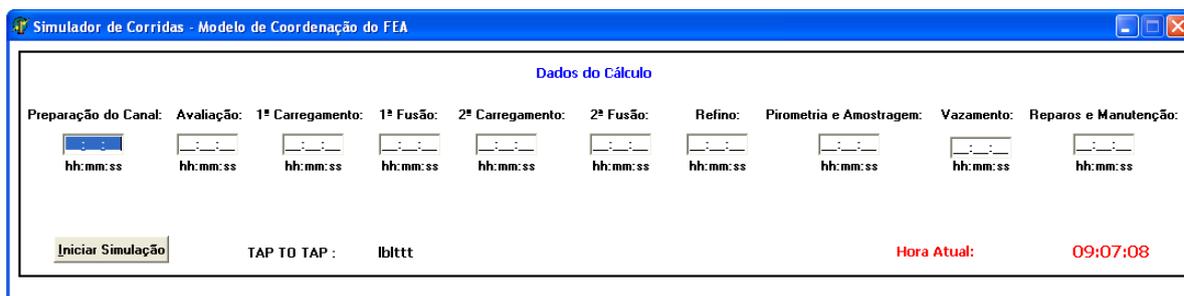


Figura 6. Simulador de corridas do FEA.

4 CONCLUSÕES

Os resultados do modelo mostraram que a ferramenta computacional criada representa uma alternativa viável para o controle operacional de tempos da aciaria. Através do modelo de coordenação da aciaria é possível simular cenários alternativos que indica a melhor condição operacional para maximizar a produtividade, reduzir as paradas não programadas e subsidiar a tomada de decisão operacional.

REFERÊNCIAS

- 1 Riedinger, D. Opfermann, A, *et al.* "The Time Balance of the Electric Arc Furnace". MPT International. Julho, 2010.
- 2 Riedinger, D. Hetzel, R. *et al.* "Conceptual Basics and Excellence of Maintenance in Minimills". MPT International. Maio/2008.
- 3 BSE Best Practice Database.
- 4 Fleischer. Greinacher. "Maintenance at Minimills – Effective but also Efficient?" Iron and Steel Technology. Fevereiro/2008.