

GGP: GESTÃO GLOBAL DE PRODUTIVIDADE¹

Glaudistoni Félix²
Marcello Torturela³

Resumo

Este artigo trata de uma metodologia para a modelagem matemática da Gestão Global de Produtividade (GGP) de uma linha de decapagem acoplada ao laminador de tiras a frio (Declam) na ArcelorMittal Vega. O modelo desenvolvido serve para a detecção de gargalos, a otimização das velocidades das seções e a gestão dos recursos envolvidos no processo produtivo. O GGP foi concebido através da filosofia da Teoria das Restrições (TOC) e ferramentas do modelo de decisão Custeio Baseado em Atividades (ABC), aqui visto como um modelador matemático. Neste contexto, o GGP interage de forma dinâmica para a configuração *on line* do melhor ciclo de velocidades das seções em função do comprimento da bobina, da preparação de máquinas (*setup*) e do material a ser processado. A metodologia proposta confirma a eficácia da gestão modelada pelo GGP e foi observada a estabilidade de consumo de HCl abaixo de 35,62 m³/1000ton, redução de Consumo de Energia Elétrica em 8,26% e a redução de Marcha Lenta em 22,62%. Este projeto foi desenvolvido sem custos de investimento, gerando aumento da disponibilidade do equipamento e aumentando a produtividade média em (th) em 13,86% para produto laminado a frio (BFH) e 18,90% para produto decapado (BQD).

Palavras-chave: Gargalo; Teoria das restrições; Gestão global de produtividade.

GPM: GLOBAL PRODUCTIVITY MANAGEMENT

Abstract

This article discusses a methodology for mathematical modeling of Global Management Productivity (GGP) of a coupled pickling line for cold strip mill (PLTCM) at ArcelorMittal Vega. The model is used to detect bottlenecks, optimizing the speed of the sections and management of resources involved in the production process. The GGP was designed through the philosophy of the Theory of Constraints (TOC) and tools of the decision model Activity Based Costing (ABC), here seen as a mathematical modeler. In this context, the GGP interacts dynamically to setting on line the best sections cycle speeds in function of the coil length, the preparation of machines (*setup*), and the material being processed. The proposed methodology confirms the effectiveness of management GGP and it was observed the stability of HCl consumption lower than 35.62 m³/1000ton, Energy Consumption reduction at 8.26% and slowdown reduction at 22.62%. This project was developed without the investment costs, increasing equipment availability and increasing the average productivity in (th) at 13.86% for cold rolled products (BFH) and 18.90% for pickled products (BQD).

Key words: Bottleneck; Theory of constraints, Global productivity management.

¹ Contribuição técnica ao 47º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 26 a 29 de outubro de 2010, Belo Horizonte, MG.

² Especialista em Desenvolvimento Automação e Instrumentação ArcelorMittal Vega.

³ Especialista em Manutenção ArcelorMittal Vega.

1 INTRODUÇÃO

Com aumento da complexidade das cadeias e das redes de produção, associada à evolução dos padrões de consumo da sociedade mundial, observa-se ao longo das últimas décadas uma profunda alteração nos mecanismos tradicionais de gestão organizacional, dando espaço para o surgimento de novas teorias e ferramentas. No setor da indústria, em virtude do atendimento aos desafios requeridos para um menor custo de produção e objetivando altos índices de eficiência na crescente competitividade do mercado, faz-se necessário melhorar continuamente o processo de Decapagem acoplada ao Laminador de Tiras a Frio (Declam).

O presente artigo busca apresentar um estudo de caso onde se propôs aplicar o modelador matemático (GGP) no controle de velocidade das seções da Declam. Os principais objetos do GGP são:

- identificar as restrições *on line* no processo de produção de bobinas laminadas a frio (BFH) e bobinas a quente decapadas (BQD);
- realizar a gestão automática das velocidades buscando o melhor ciclo de produtividade em relação ao comprimento de cada bobina a quente (BQ) a ser processada.

“A plena utilização de todos os recursos, conforme vinha sendo aceito em unanimidade, acabava gerando diversos problemas, ou seja, maximizar todos os recursos não garantia a maximização do ganho da empresa; não garantia seu retorno financeiro”.⁽¹⁾

A Teoria das Restrições ou TOC - *Theory of Constraints*,⁽²⁾ concebida por Eliyahu Goldratt, revela-se como um modelo de decisão que procura identificar as restrições para otimizar a produção e ao mesmo tempo melhorar o *lead time* dos clientes. Para a compilação dos dados foi proposto o Custeio Baseado em Atividades ABC - *Activity Based Costing*, um modelo de decisão que procura medir o tempo de processamento de cada produto através dos coeficientes técnicos de tempo dos processos, atividades, preparação de máquinas (*setups*) e de quantidade de matérias-primas.

De acordo com SRIKANTH, restrição é qualquer elemento que impede o sistema de atingir sua meta de ganhar mais dinheiro agora e no futuro⁽³⁾. Quando a restrição do sistema encontra-se na linha produtiva ela será igual ao gargalo (menor velocidade).

2 MATERIAL E MÉTODOS

Objetivando condições seguras para implementação e operacionalização de um sistema, assim como, a identificação de erros de projeto, partiu-se do princípio que as soluções concebidas sejam previamente avaliadas antes que o sistema seja efetivamente implantado.

2.1 Linha de Decapagem Contínua (DEC) Acoplada ao Laminador de Tiras a Frio (DECLAM)

A Linha de Decapagem Contínua (DEC) é utilizada para a produção de tiras laminadas a quente decapadas, aparadas lateralmente e oleadas. Seu produto é amplamente utilizado pela indústria automotiva, máquinas em geral e em outros campos de aplicação que usam chapas laminadas a quente e decapadas. A DEC

fornece material decapado para o laminador de tiras a frio (quatro cadeiras) acoplado à linha com capacidade de 880 kt/ano.

Esta linha de decapagem (Figura 1) possui uma tecnologia avançada de decapagem turbulenta. O ácido clorídrico (HCl) é injetado através de um canal por meio de cabeçotes aspersores, de forma a aumentar a eficiência, encurtar o tempo e aumentar a velocidade de decapagem. A decapagem possui em seu processo três tanques de ácido, seguidos de um tanque de rinsagem em cascata quádrupla e possui também três acumuladores de chapa utilizados como pulmão de cada seção.

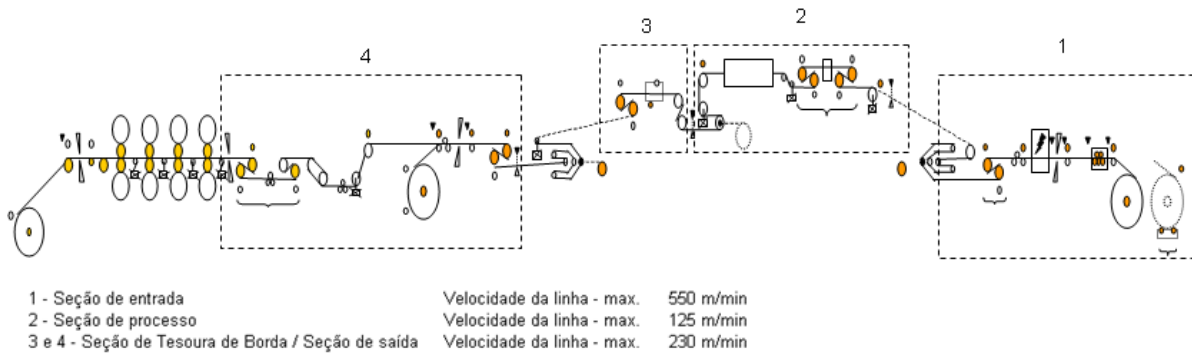


Figura 1. Layout da Linha de Decapagem contínua (DEC) acoplada ao Laminador de Tiras a Frio (Declam).⁽⁴⁾

2.2 Software e Equipamento

Na configuração dos softwares e equipamentos utilizados para concepção e compilação dos dados do modelador matemático GGP, foram utilizados os seguintes equipamentos de automação e seus aplicativos na arquitetura conforme (Figura 2):

- InTouch 7.1 / 7.11 da Wonderware;
- P80_C, versão 2.6H da Alstom;
- HPC, CPU – VMIVME-7698, nº 800.007698.000 da VMIC;
- Microsoft Excel 97 SR – 2.

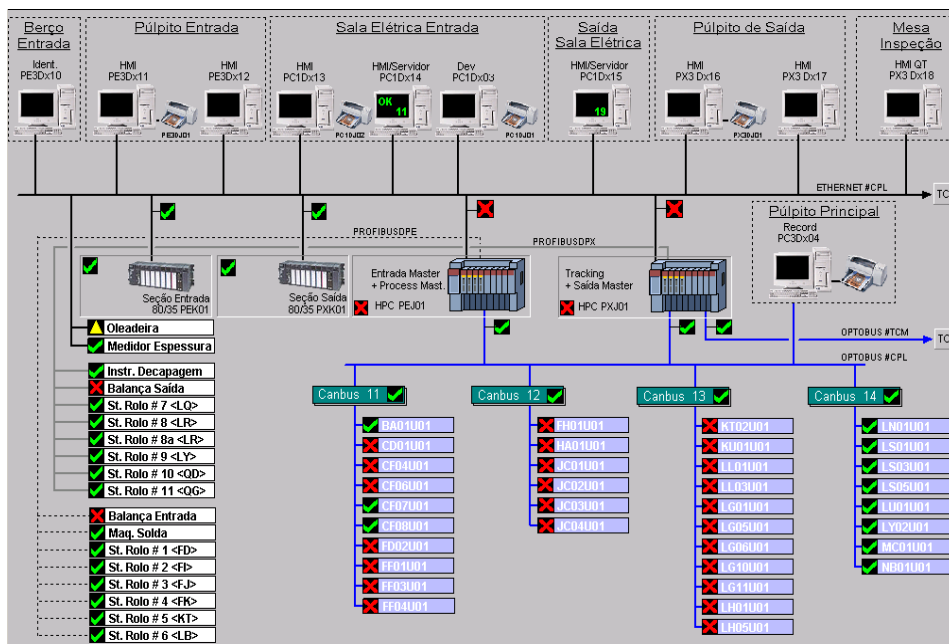


Figura 2. Arquitetura de rede da Decapagem.⁽⁵⁾

2.3 Sistema Experimental

A Teoria das Restrições propõe a programação da produção através da lógica Tambor-Pulmão-Corda (TPC). Esta lógica permite sincronizar a produção através do balanceamento do fluxo produtivo e não da capacidade individual de cada recurso, sendo: primeiro passo (Tambor), segundo passo (Pulmão) e terceiro passo (Corda) “eis que a soma dos ótimos locais não garante o ótimo global”⁽¹⁾.

O Tambor (primeiro passo) é o recurso que dita o ritmo da produção e têm influência direta nos demais passos de todos os recursos. O GGP utiliza a filosofia Tambor nas equações de enchimento (Figura 3) e esvaziamento (Figura 4) conforme descrito nas Tabelas 1 e 2 no formato de funções no Excel, buscando assim como premissa efetuar a gestão de velocidade de cada seção quando estiver enchendo e esvaziando os acumuladores, acoplando a equação de interpolação linear nas extremidades de acumulação (cheio e vazio) dos 3 acumuladores da Declam.

$$\text{Referência de velocidade } V_f \text{ X mpm} = \left(\frac{\text{Comprimento remanescente da Pay Off Reel}}{\text{Comprimento remanescente da Pay Off Reel} - \text{Comprimento a preencher em mt}} \right) \times \text{Velocidade max. do processo mpm}$$

Figura 3. Equação de Enchimento.⁽⁶⁾

$$\text{Referência de velocidade } V_f \text{ Y mpm} = \left(\frac{\text{Comprimento a esvaziar em mt}}{\text{Comprimento remanescente da solda}} \right) \times \text{Velocidade max. do processo mpm}$$

Figura 4. Equação de Esvaziamento.⁽⁶⁾

Tabela 1. Equação de Enchimento do GGP⁽⁶⁾

Dados informativos	Linha usada na planilha do Excel	Equação montada na planilha do Excel
Comprimento do Acumulador em metros	(E51)	
Posição do Acumulador %	(E52)	
Comprimento restante em metros	(E53)	= (((E51*E52)/100)*E51)/E51
Comprimento a preencher em metros	(E54)	= E51-E53
Comprimento remanescente	(E55)	REV = (DIAM - DIAM_F) / (2 * THICK) REM.LNG = PI * (DIAM + DIAM_F)/2 * VER
Velocidade max. Seção em mpm	(E56)	
Referência de velocidade Vf_X mpm	(E57)	= (((E55)/(E55-E54))*E56)
Tempo (enchimento Acumulador) em segundos	(E58)	= (E54/(E56-E57))*60

Tabela 2. Equação de Esvaziamento do GGP⁽⁶⁾

Dados informativos	Linha usada na planilha do Excel	Equação montada na planilha do Excel
Comprimento do Acumulador em metros	(N58)	
Posição do Acumulador %	(N59)	
Comprimento restante em metros	(N60)	= (((N58*N59)/100)*N58)/N58)
Comprimento a esvaziar em metros	(N61)	= -1*(((N58*10)/100)-N60)
Comprimento remanescente	(N62)	
Velocidade max. Seção em mpm	(N63)	
Referência de velocidade Vf_Y mpm	(N64)	= -1*(N63/((N61-N62)/N62))
Tempo (enchimento Acumulador) em segundos	(N65)	= (N62+N61)/(N63+N64)*60

A TOC - *Theory of Constraints* faz menção a fatores de imprevisibilidade que são, na realidade, eventos aleatórios e flutuações estatísticas que podem causar interrupções no sistema a qualquer momento. Como forma de minimizar os impactos decorrentes dessas flutuações, é proposta a criação de estoques de segurança, denominados pulmões.

Conforme Goldratt (1989: 116).⁽¹⁾ “Uma observação cuidadosa dos pulmões pode nos dizer muito sobre as flutuações inevitáveis na nossa fábrica e no seu mercado. O entendimento de como gerenciar adequadamente os pulmões de investimento pode melhorar a nossa posição imediata na vantagem competitiva, já que a maioria do nosso investimento está nos pulmões, e servir para localizar, com precisão, os melhoramentos mais necessários para ressaltá-la ainda mais”.

Com os pulmões (segundo passo) devidamente dimensionados, passa-se ao terceiro passo da otimização (Corda), que consiste em subordinar os outros recursos à batida do Tambor com uma configuração conforme Figura 5.

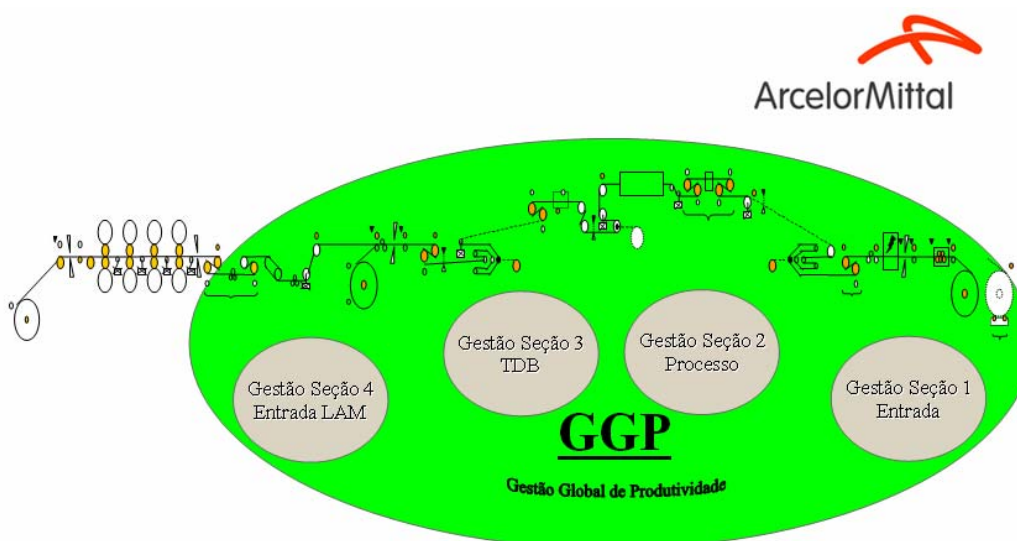


Figura 5. Sistema experimental.⁽⁶⁾

O comprimento da Corda representa o total de estoque em processo permitido e tem papel essencial para garantir um fluxo mais estável e um ganho igual ou próximo ao inicialmente projetado.⁽⁷⁾ O GGP utiliza como Corda a correlação com o comprimento da bobina a ser processada. O início da bobina a ser processada foi considerado como ponta e o fim da bobina como cauda, onde o GGP faz comparações com um *clock* de cinco segundos, analisando os *setups* necessários nas seções para garantir o balanceamento de forma a otimizar o ciclo de velocidade por seções da Declam e arquivando em um banco de dados (a cada minuto) todas as informações referentes ao ciclo de processo.

3 RESULTADOS

Os resultados obtidos após a implementação do GGP em Agosto de 2009 foram considerados a partir do gargalo (seção de processo) sendo este o ponto de visualização para toda a Declam.

O Quadro 1 apresenta as produtividades operacionais mínimas e máximas antes e após a implementação do GGP, dentro de uma amostragem de 1390 BQ's processadas no ano de 2009, observando-se um ganho médio de produtividade (th) variando de 7,25% a 29% dentro do mix produtivo.

Quadro 1. Produtividade de produto laminado (BFH) amostrada por material processado em 2009⁽⁶⁾

Material	Qtd de BQ	Antes do GGP em (th)			GGP em (th)			Ganho em (%)		
		Minimo	Maximo	Média	Minimo	Maximo	Média	Minimo	Maximo	Média
BH	200	205	230	217,5	214	255	234,5	4,21	9,80	7,25
ES	3300	195	215	205	220	245	232,5	11,36	12,24	11,83
IF	2400	200	215	207,5	220	235	227,5	8,51	9,09	8,79
ML	450	170	185	177,5	230	270	250	26,09	31,48	29,00
RF	600	200	215	207,5	225	255	240	11,11	15,69	13,54

3.1 Restrição Identificada pelo GGP

O GGP registra em um banco de dados as condições operacionais da Declam a cada minuto, podendo identificar o percentual de atuação do GGP no processo e as restrições detectadas, conforme Figura 6.

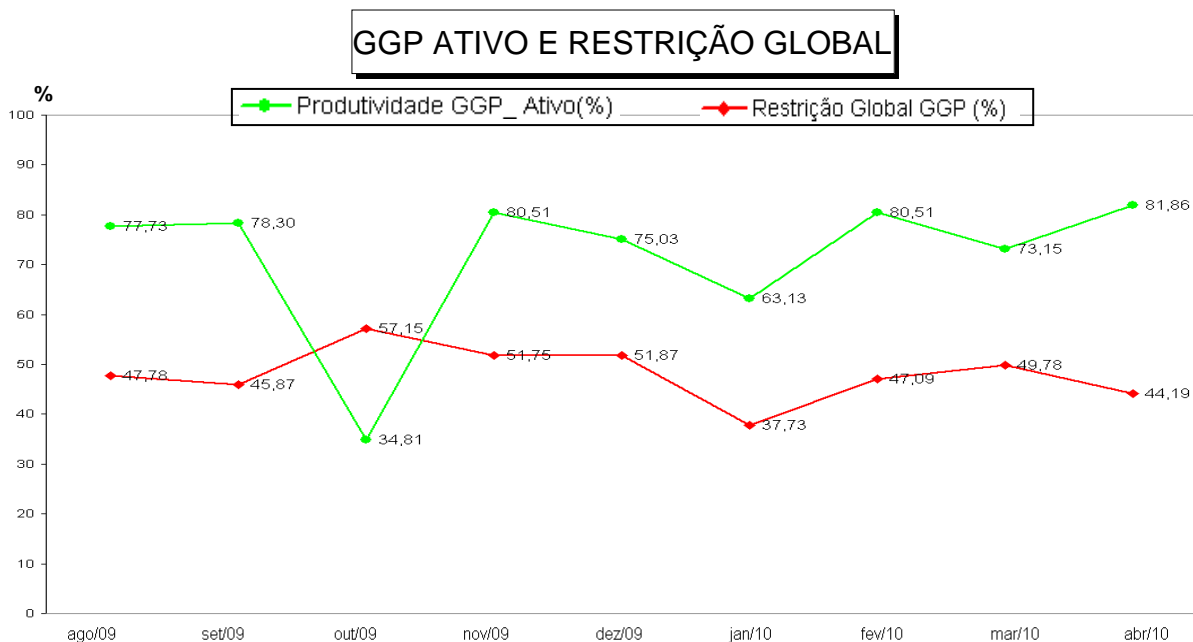


Figura 6. Percentual do modelador matemático GGP ativo e as restrições detectadas que ocasionaram a diminuição da velocidade de marcha do processo menor que 124 mpm.⁽⁸⁾

3.2 Consumo de HCl e Energia Elétrica

Os dois principais insumos que foram controlados na DECLAM na implantação do GGP são: HCl em m³/1.000 ton da Decapagem e Energia Elétrica em KW/ton do laminador a frio (K9), permitindo verificar na Figura 7 uma estabilidade de HCl e uma redução do consumo de Energia Elétrica na ordem de 8,26% conforme Figura 8.

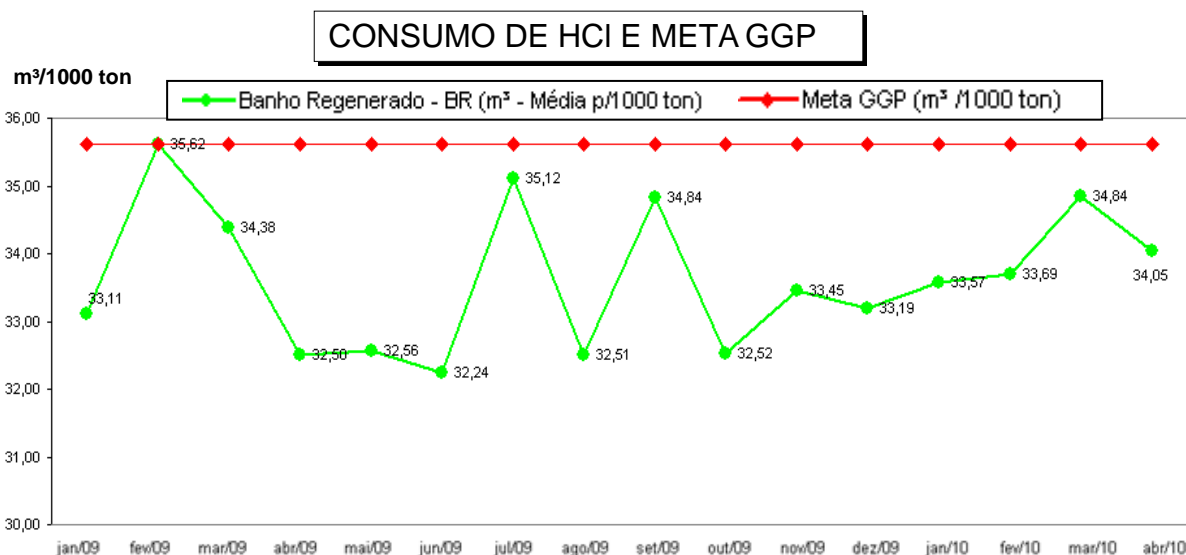


Figura 7. Consumo de ácido HCl em m³/1.000ton e meta do GGP.⁽⁹⁾

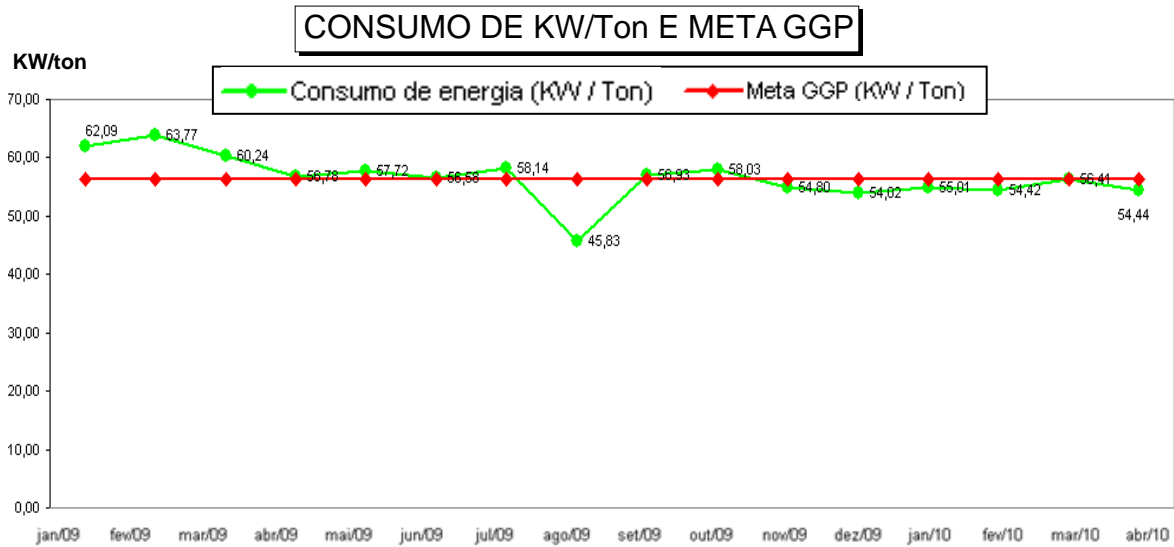


Figura 8. Consumo de Energia Elétrica em KW/ton e meta do GGP.⁽¹⁰⁾

3.3 Marcha Lenta (Slowdown – h)

A marcha lenta da DECLAM tem influência direta na produtividade, o GGP identifica o gargalo e controla de forma automática as velocidades das seções, sendo observada após a implantação uma redução de 22,62% de marcha lenta, conforme Figura 9.

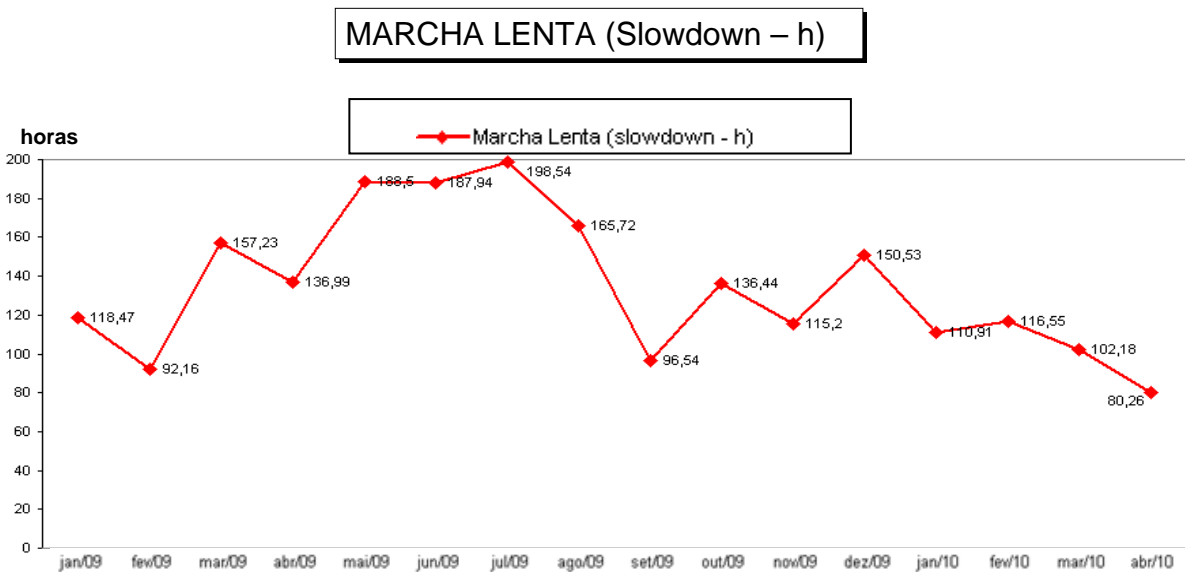
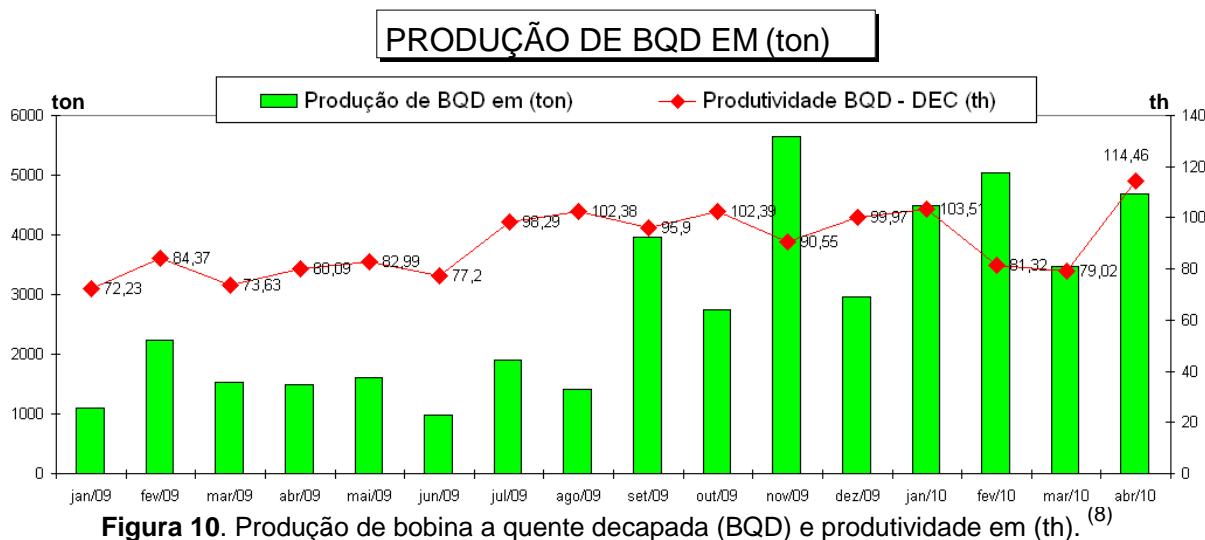


Figura 9. Marcha Lenta em horas da Declam.⁽¹¹⁾

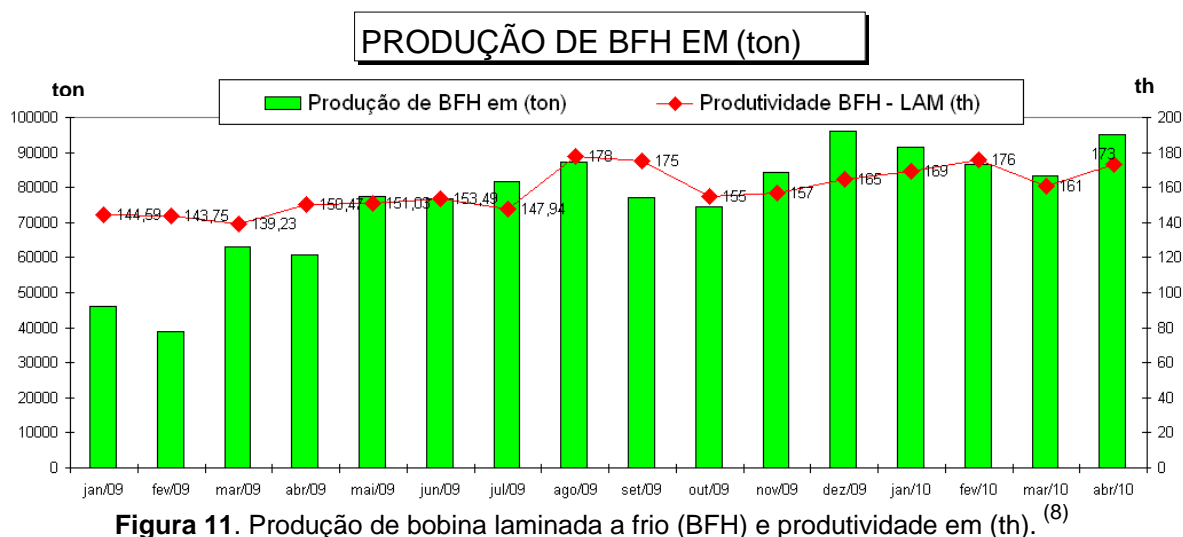
3.4 Produtividade DEC para BQD

Na Figura 10, é possível detectar um aumento considerável da produtividade em (th) a partir da implementação do GGP (ago/09) com ganho médio de 18,90%.



3.5 Produtividade LAM para (BFH)

Na Figura 11, é possível detectar um aumento considerável da produtividade em (th) a partir da implementação do GGP (ago/09) com ganho médio de 13,86%.



4 DISCUSSÃO

O modelo de Gestão Global de Produtividade (GGP), por ser um modelo concebido há pouco tempo em uma linha de decapagem acoplada ao laminador a frio (DECLAM) e por atuar diretamente no controle de gestão das velocidades no processo produtivo, fez-se necessário, na fase de implementação, uma adaptação à nova cultura de gestão operacional da AMV. Anteriormente cada operador executava a gestão de velocidade focada na seção que estava controlando, tendo como premissa básica operar na máxima velocidade na sua seção para obter a maior produtividade. Em contra partida, o conceito de produtividade que o GGP estabelece visa equacionar ciclos de velocidades para cada seção da linha de produção contemplando o cenário ótimo para cada *setup* com a visão global controlando de forma a manter o gargalo no maior tempo possível na velocidade de processamento ideal.

A implementação do GGP trouxe inicialmente desconforto e dúvidas conceituais para os operadores. Para minimizar o impacto, foi instaurada uma rotina de treinamentos com objetivo de habilitá-los, de forma gradativa, a cada modelador. Essa rotina teve apoio da alta gerência, onde foram emitidos relatórios mensais informando a evolução do GGP. No final da implementação do sistema, os índices de produtividade ton/h foram potencializados quebrando de forma contundente paradigmas no que tange a gestão de produtividade, onde hoje o GGP se integrou no dia a dia das equipes de operação, firmando-se atualmente como uma ferramenta indispensável.

5 CONCLUSÃO

A implantação do GGP como modelador matemático para controle automático na gestão das velocidades das seções da linha de decapagem acoplada ao laminador (DECLAM) tem aplicação economicamente viável.

A média percentual do GGP ativo ficou em torno de 71,67% de agosto de 2009 à abril de 2010, onde percebe-se um aumento médio da produtividade (ton/h) em 13,86% para material (BFH) e 18,90% para material (BQD), permitindo os seguintes resultados financeiros projetados:

- Produtividade ano 2006 – 2009 (945kt sem o GGP);
- Produtividade MRF7(Plano de Produção Anual) ano 2010 (1055kt com o GGP);
- EBITDA incremental ano – MR\$ 26,2 (MUS\$ 14.5).

O modelador matemático GGP permite identificar as restrições no processo. Na aplicação em questão, a restrição global ficou em média com 48,13%, abrindo caminho para estudos futuros e possibilidades de melhoria para aumentar a eficiência e diminuir os custos de processo.

Em 09/03/2010, o pedido de registro de patente do GGP no Instituto Nacional de Propriedade Industrial - INPI / N° 10231-4 foi publicado na Revista da Propriedade Industrial - RPI 2044 relativo a registro de programa de computador (RS).

Cabe lembrar que os resultados obtidos em um processo industrial não servem de garantia de resultado positivo para outros processos industriais, sendo recomendável a simulação de vários cenários para cada aplicação, permitindo assim avaliar a viabilidade da implementação no processo industrial estudado.

Agradecimentos

Agradecemos aos *Sponsors* da ArcelorMittal Vega: Sr. Fernando Teixeira, Gerente de divisão de operações da IVP e Sr. Sergio Rocha, Gerente de área de operações da IVPD, que acreditaram na idéia e disponibilizaram todos os recursos para implantação do projeto.

REFERÊNCIAS

- 1 GOLDRATT, Eliyahu M. & FOX, Robert E. A Corrida pela Vantagem Competitiva, São Paulo, SP, Instituto de Movimentação e Armazenagem de Materiais, 1989, p.100-120.
- 2 GOLDRATT, Eliyahu M. A Meta. São Paulo, SP, Educator, 1984.
- 3 SRIKANTH, M.L, UMBLE, M.M. Synchronous manufacturing: Principles for a world class manufacturing. Ohio: South-Western, 1990.
- 4 SMS DEMAG, Manual de Operação 51061000/vega, São Francisco do Sul, 2003.

- 5 ARCELORMITTAL VEGA, Especificação Técnica 01-000-ET-G-0007-A-0001_DEC, São Francisco do Sul, 2008.
- 6 ARCELORMITTAL VEGA, GGP, São Francisco do Sul, 2009.
- 7 PRADO, Carlos A.S. Sincronização da Produção: uma proposta de trajetória de implantação para a indústria têxtil. Dissertação de Mestrado. COOPE/UFRJ. Rio de Janeiro, 2000, p. 163.
- 8 ARCELORMITTAL VEGA, Relatório de desempenho GGP, São Francisco do Sul, 2010.
- 9 ARCELORMITTAL VEGA, Relatório Gerencial IVPD, São Francisco do Sul, 2010.
- 10 ARCELORMITTAL VEGA, Relatório Gerencial IVEM, São Francisco do Sul, 2010.
- 11 ARCELORMITTAL VEGA, Indicadores de desempenho IVU, São Francisco do Sul, 2010.