

AUTOMAÇÃO DO LAMINADOR DE CHAPAS GROSSAS DA USINA DE IPATINGA DA USIMINAS¹

Fabricio Mazola da Silva Paiva²

Geraldo Arruda Maia³

Alex Fabiane Porto Guimarães⁴

Genésio Gomes Diniz⁵

Resumo

A implantação do sistema de automação do Laminador de Chapas Grossas da Usiminas, na Usina de Ipatinga, marcou um salto de evolução tecnológica na produção de aços especiais, obtidos a partir do processo de controle termo-mecânico, através da tecnologia de resfriamento acelerado, *Continuous On-Line Control* (CLC). O trabalho apresentará o histórico da implantação do sistema de automação, seus benefícios, e sua importância para a produção de aços cada vez mais nobres em um mercado cada vez mais exigente e mostrar a evolução da qualidade e produtividade. Com a entrada definitiva do sistema de automação, em janeiro de 2012, o processo de produção de aços passa a ter controles mais precisos, com melhor acerto dimensional de planicidade e melhor controle de temperaturas de laminação, possibilitando uma melhor utilização do laminador, sendo estas condições essenciais para produção dos aços chapas grossas com o uso da tecnologia CLC. A automação apresentou resultados satisfatórios em relação aos indicadores de qualidade do produto e produtividade da linha de Chapas Grossas, além de uma maior segurança operacional.

Palavras-chave: Automação; Laminação; Chapas grossas; Tecnologia de resfriamento.

AUTOMATION PLATE MILL PLANT OF THE IPATINGA USIMINAS

Abstract

The implementation of Usiminas Plate Mill automation system in Ipatinga, marked a technological leap in special steels development, produced by thermo mechanical control process through Continuous On-Line Control (CLC). The paper will present the history of the implantation of automation system, its benefits and the importance to produce ever more noble steels in a market increasingly demanding, and show the evolution of the quality and productivity. With the entry of automation system, in January 2012, steel production started to have more precise controls, improving the dimensional and flatness precision and rolling temperature control, enabling better utilization of the equipment. Those conditions are essential for steel production by CLC technology. The automation showed satisfactory results in terms of product quality and line productivity, and greater operational safety.

Keywords: Automation; Rolling; Heavy plates; Thermo mechanical control process.

¹ *Contribuição técnica ao 50º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 18 a 21 de novembro de 2013, Ouro Preto, MG, Brasil.*

² *Engenheiro de Produção; CQE/ASQ, Gerência Técnica de Laminação a Quente; Usiminas. . Ipatinga, MG, Brasil.*

³ *Membro da ABM; Engenheiro Metalurgista, CQE/ASQ, MBA/FGV; Gerência Geral de Laminação a Quente; Usiminas. Ipatinga, MG, Brasil.*

⁴ *Engenheiro Metalurgista, CQE/ASQ, MBA/FGV; Gerência Técnica de Laminação a quente. Usiminas. . Ipatinga, MG, Brasil.*

⁵ *Engenheiro Eletricista, M.Sc.; MBA/FGV; Gerência de Chapas Grossas. Usiminas. . Ipatinga, MG, Brasil.*

1 INTRODUÇÃO

Em meados dos anos 2000, a produção mundial de aço chegava a valores nunca vistos na história da humanidade, estes valores são mostrados na Figura 1.

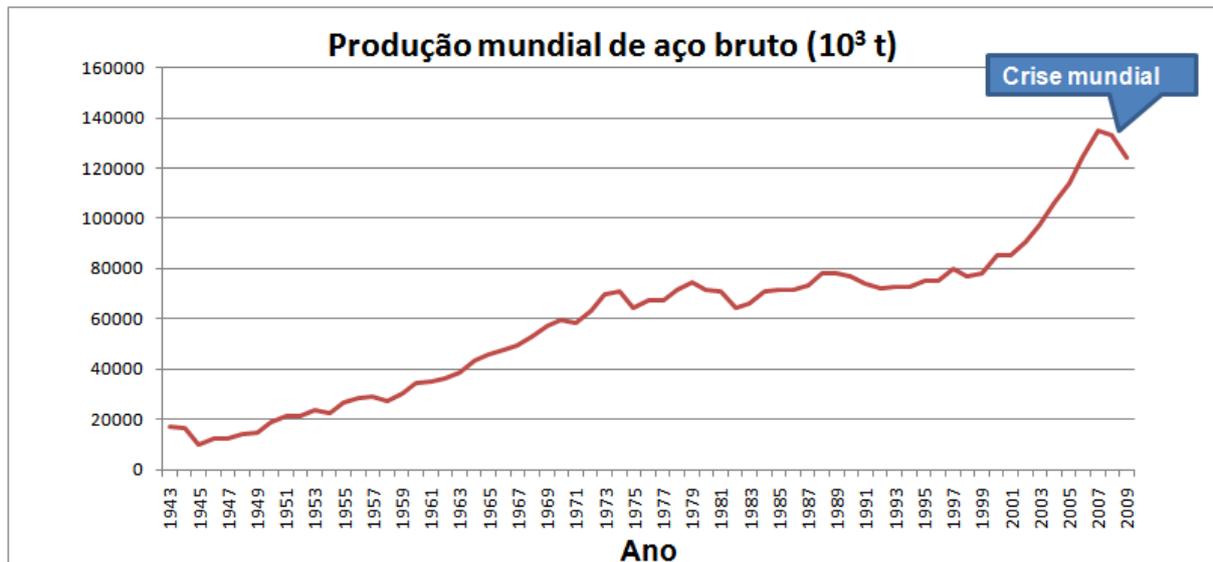


Figura 1. Produção mundial de aço bruto.

Paralelamente ao aumento da produção, passava a existir cada vez mais a procura por produtos mais nobres e com exigências de fabricação cada vez mais rigorosas. Estes aços destinavam principalmente aos setores de petróleo, gás e naval. Atenta a esta oportunidade, a Usiminas inicia o seu plano de implantação de um equipamento de resfriamento acelerado, tecnologia inédita para produção de chapas grossas no Brasil. O seu fornecimento foi feito pela Nippon Steel & Sumitomo Metal Corporation (NSSMC), sendo este equipamento denominado CLC. A entrada do resfriamento acelerado não contemplou somente o fornecimento do equipamento de resfriamento, mas também a necessidade de equipamentos periféricos para a obtenção de um melhor desempenho. Dentre estes podemos citar a automação dos fornos, novas desempenadeiras a quente e a frio, uma prensa hidráulica de alta capacidade e, principalmente, a automação do laminador.

A linha de Chapas Grossas da Usina de Ipatinga iniciou sua operação em outubro de 1976, tendo o modo de operação do laminador totalmente manual. Isto significa que todos os controles dimensionais e de temperatura de laminação eram feitos sem o uso de qualquer sistema automatizado.

A demanda por um laminador automatizado deve-se então a uma necessidade de um maior rigor na obtenção nos requisitos de laminação, tais como largura, espessura e temperatura, com a menor variabilidade possível. Esta redução da variabilidade do processo reflete nos resultados de qualidade da empresa⁽¹⁾ como será mostrado.

O presente trabalho aborda parte do escopo da automação, desde o fornecimento do sistema até a sua plena operação, em janeiro de 2012. Mostra a evolução dos indicadores de qualidade, como retrabalhos e rejeição de produtos na área da Laminação de Chapas Grossas e mostra também a evolução dos indicadores de produtividade.

2 INÍCIO DO PROJETO

Em 2009, foi dado início à elaboração do projeto, quando a Usiminas determinou os requisitos adequados para atender altos níveis de exigências, para a fabricação da nova gama de produtos que seriam produzidos no CLC. Nesta fase, foi formada a equipe que acompanharia o projeto, composta por funcionários de manutenção, automação, engenharia de produto, engenheiros de processo de laminação, tecnologia da informação e operação. Nesta fase foram determinados quais indicadores seriam monitorados como garantia de desempenho do sistema. Os requisitos definidos pela Usiminas foram submetidos para avaliação dos maiores fornecedores mundiais de sistema de automação. Estes itens principais foram:

- acerto de espessura;
- acerto de largura;
- acerto de temperatura;
- atendimento da planicidade; e
- controle do coroamento de chapa.

Em relação à produtividade, a exigência era manter o nível atual da capacidade instalada que é de 1.000.000 t por ano.

A determinação do fornecedor do projeto deu-se principalmente por fatores técnicos, sendo a escolhida a Toshiba Mitsubishi Electric Industrial Systems Corporation (TMEIC) do Japão, grupo com larga experiência em fornecimento de equipamentos elétricos e de sistemas de automação para grandes indústrias. A TMEIC, dentre todos os concorrentes, apresentou um proposta mais sólida e mais direcionada para as expectativas da Usiminas, além de toda a experiência em fornecimentos às usinas da NSSMC.

Além do fornecimento do sistema de automação, o projeto incluía a troca dos motores principais do laminador por motores de 7500 kW (Figura 2) ante aos de 4500 kW. Também foram trocados todos os motores de acionamento de mesas de rolos, guardas laterais e parafusos de aperto. Esta troca dos motores foi devida à necessidade de equipamentos mais modernos para controle da movimentação do material na linha. A lista de todos os motores substituídos é mostrada na Tabela 1.

Em projetos bem estruturados, tem-se a concepção de que treinamentos são necessários para o melhor desempenho do capital humano na empresa,⁽²⁾ sendo assim fator crítico para o sucesso, estrategicamente, o projeto priorizou, em todas as fases, a necessidade de intenso treinamento.



Figura 2. Novos motores principais do laminador.

Tabela 1. Lista de motores substituídos

Item	Quantidade	Potência individual (kW)
Motores principais	2	7500
Motores do parafuso de aperto	2	375
Motores das mesas de giro	30	72,8
Motores das mesas de movimentação	6	220
Motores das guardas laterais	4	45

3 DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Determinadas as condições adequadas para o fornecimento, bem como os seus componentes, foi iniciada em 2010, a etapa do desenvolvimento do projeto, referente à arquitetura para customização do atendimento à Usiminas. O projeto contemplou, além de todo o treinamento na planta da Usiminas, uma série de treinamentos na planta na TMEIC no Japão, envolvendo uma grande equipe de engenheiros, técnicos e operadores. Estes treinamentos no exterior consumiram mais de 400 horas, enquanto em Ipatinga, os treinamentos operacionais totalizaram mais de 1200 horas.

O treinamento na fábrica do fornecedor foi fundamental para o sucesso do projeto. Neste, juntamente com os testes de aceitação, foi possível identificar erros conceituais e corrigir a rota. Uma ferramenta de muita utilidade durante a fase do treinamento e, ainda hoje para planejamento da produção e prevenção de problemas potenciais de laminação, é a simulação de laminação.⁽³⁾ Esta ferramenta permite a verificação de todos os parâmetros de laminação, escala de passes, forças e temperaturas de laminação, antes que um material entre em produção. O processo de simulação permitiu verificar se o modelo utilizado pela TMEIC estaria adequado para a fabricação dos produtos da Usiminas, sendo esta ferramenta determinante para os ajustes iniciais. O uso de simuladores de laminação permitem ter uma melhor visão das possibilidades e das limitações de um processo,⁽⁴⁾ desde que bem ajustado às condições do processamento. O simulador *off line* fornecido pela TMEIC tem como característica a fidelidade dos dados calculados com os do computador de processo.

4 O INÍCIO DOS TESTES

Dentro de um cronograma previamente definido, as obras para a implantação da automação duraram 24 dias durante os meses de junho e julho de 2011. O caminho crítico foi a troca dos motores principais do laminador. Com grande sucesso, o cronograma foi cumprido sem a ocorrência de atrasos.

Em 3 de julho de 2011, foram iniciados os testes a quente. Entretanto, nesta fase, foram alternados períodos ainda de operação manual com períodos de testes automáticos. Isto permitiu que o fornecimento de chapas grossas não fosse comprometido durante a fase de testes.

Durante toda esta fase, foi mobilizado um grande número de funcionários para acompanhamento, sendo estes de manutenção, engenharia de produto e processo de laminação, além de uma equipe de mais de 50 profissionais do fornecedor e da NSSMC das usinas de Nagoya, Kimitsu e Oita.

O cronograma de testes previa a laminação automática de forma gradual, aumentando o grau de dificuldade, desde a produção dos aços comuns de média espessura, até finalmente a produção de aços nobres de menor espessura e alta

resistência. Em dezembro de 2011, conforme previsto alcançaram-se 100% de operação automatizada do laminador, como mostrado na Figura 3.

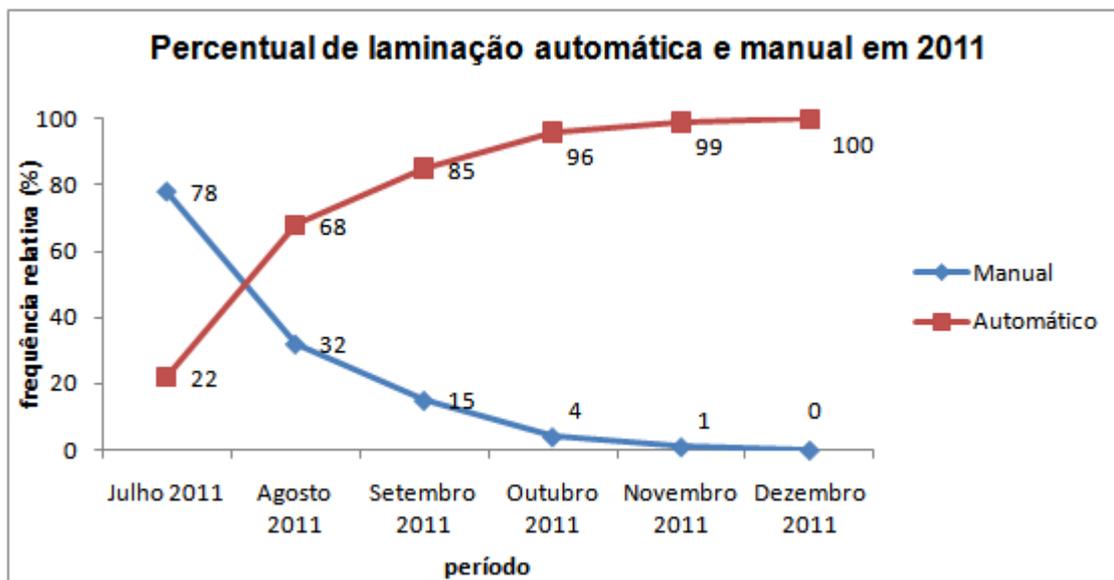


Figura 3. Evolução do percentual de laminação automática no laminador da Usiminas.

Em dezembro de 2011, dentro de um prazo já previsto, a Usiminas realizou o teste de aceitação. Para sua realização, foi objetivada, a reprodução mais próxima dos valores históricos de produção do laminador da Usiminas. Assim seria possível, através de uma amostragem representativa, inferir sobre os resultados futuros. Na tabela 2 são mostrados os valores de acerto dimensionais. O teste ocorreu do dia 2 até o dia 10 de dezembro de 2011. A garantia do fornecimento era que o erro máximo de desvio de espessura fosse 50% menor do que a especificação para as normas mais rigorosas atendidas pela usina de Ipatinga, ou seja, um erro de espessura mesmo fora do limite de garantia teria uma baixa probabilidade de estar fora dos limites de especificação. Um percentual de 95,4 % ou mais dos laminados deveriam atender esta exigência. Na tabela 2 e mostrado os resultados do teste de aceitação.

Tabela 2. Acertos dimensionais durante o teste de aceitação da automação em dezembro de 2011

ACERTO DE ESPESSURA		
Faixa de espessura (mm)	Aços comuns	Laminação controlada
	Obtido (%)	
6 < E ≤ 10	98.6	100
10 < E ≤ 20	99.2	100
20 < E ≤ 30	99.7	100
30 < E ≤ 40	99.1	100

5 RESULTADOS

Os valores de acerto de espessura obtidos pela laminação automática são mostrados na Figura 4. Houve uma redução significativa da dispersão, quando comparado com a operação manual.

Os dados referentes à laminação automática são do período do teste de aceitação, de 02 até 10 de dezembro de 2011. Os dados referentes à laminação manual são de 25 de agosto a 30 de agosto de 2011.

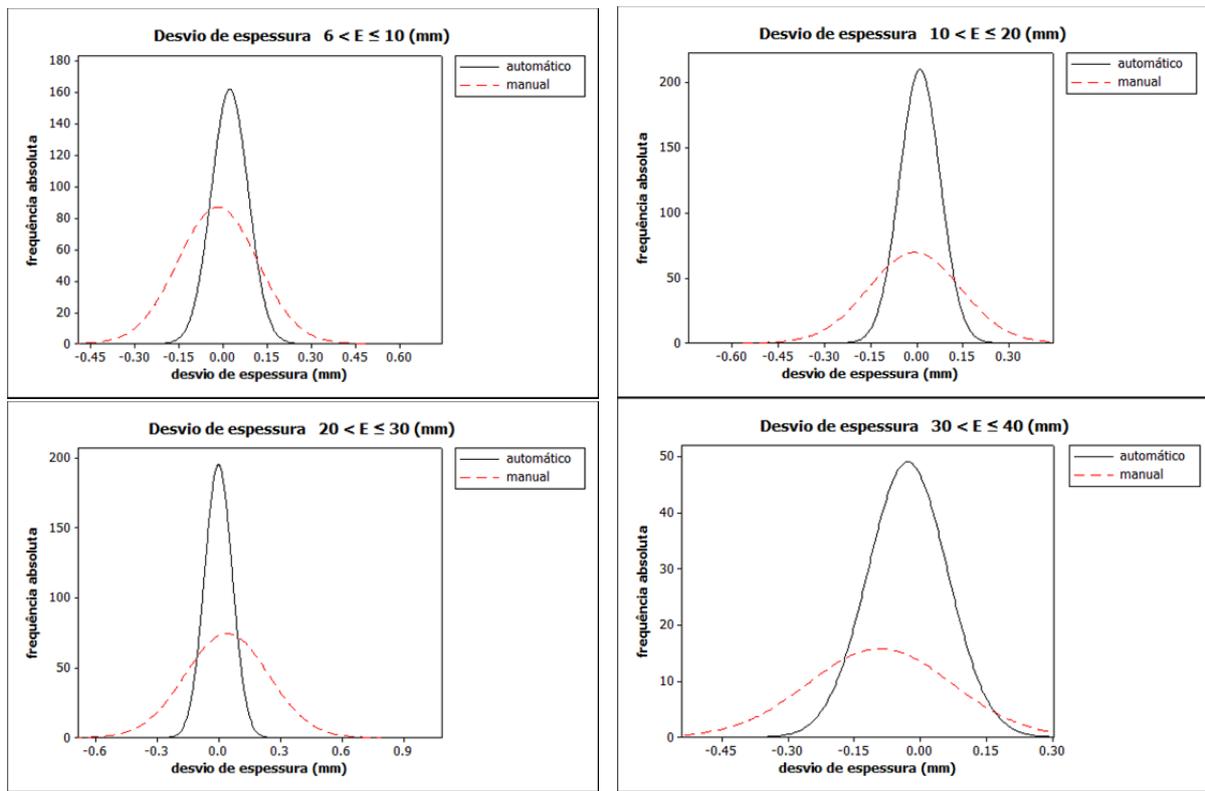


Figura 4. Comparativo de desvio de espessura em relação ao valor objetivado, por faixa de espessura de produto, para os modos de operação manual e automática.

Em janeiro de 2012, após fase do comissionamento e teste de aceitação, o sistema de automação do laminador foi entregue para a USIMINAS. A partir deste momento, foi observada uma melhora contínua no indicador de rejeição de produtos. Na Figura 5, é mostrada a evolução do índice de rejeição antes e após a automação do laminador.

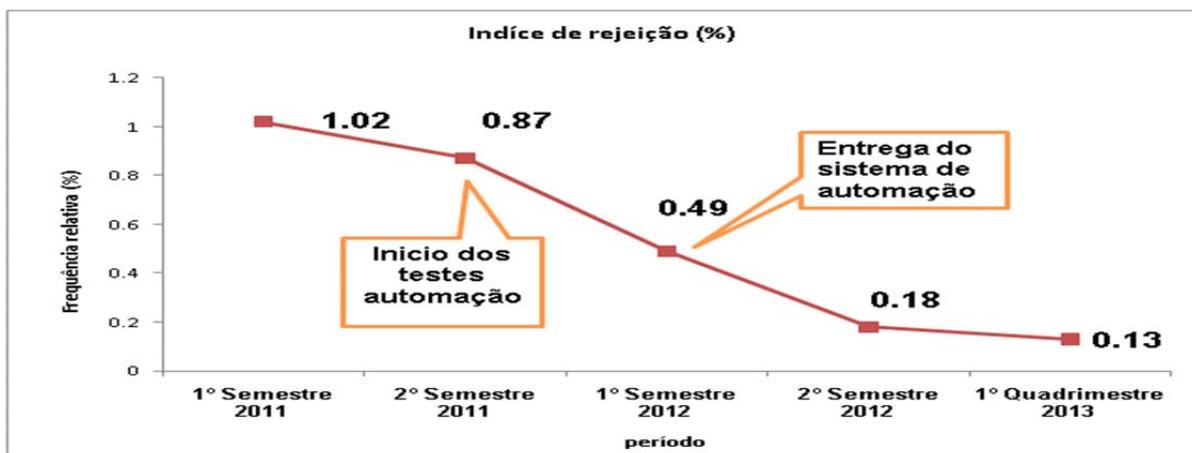


Figura 5. Índice de produtos rejeitados por defeitos oriundos do processo de laminação.

Com a entrada da automação, obteve-se melhor controle dimensional, reduzindo a rejeição de produtos por problemas de falta ou excesso de espessura, falta de largura e falta de comprimento. Um melhor controle de qualidade superficial

também foi possível, pois o padrão de descarepação passou a ser definido pela equipe de especialistas de laminação em função da aplicação do aço. Na Figura 6 é mostrada a redução da rejeição de produtos por defeitos dimensionais e superficiais após a entrada da automação.

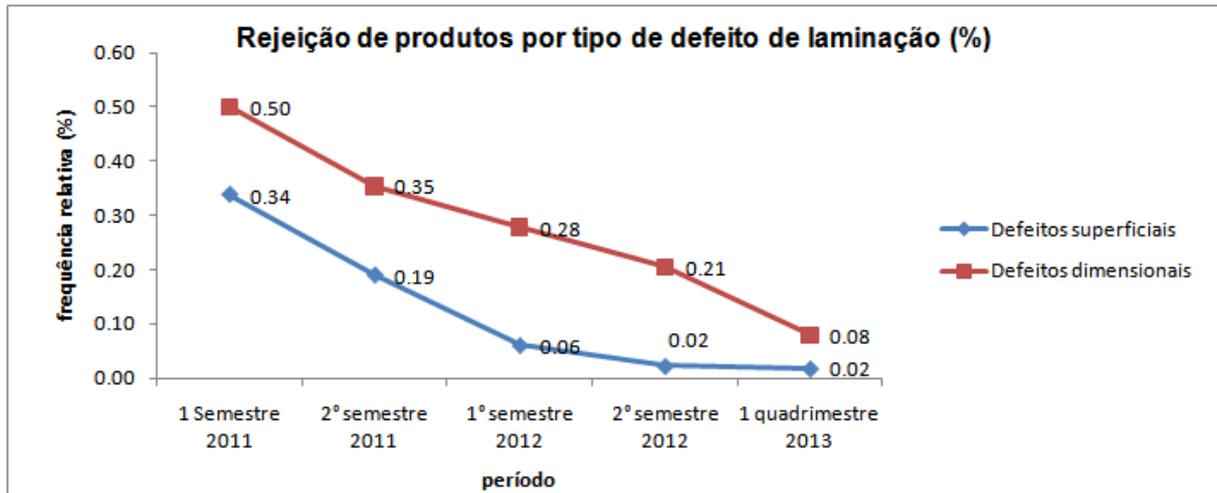


Figura 6. Percentual de material rejeitado por defeitos superficiais e dimensionais com origem no laminador.

Houve também uma redução do percentual de chapas retrabalhadas por defeitos de laminação, conforme mostrados nas Figuras 7 e 8. Com melhor acerto dimensional, houve a redução do retrabalho por corte a gás e com um sincronismo das mesas de rolos e laminador, obtidos com a automação, a ocorrência de defeitos superficiais como arranhões e marcas de rolos foram reduzidas, assim diminui-se o retrabalho por esmerilhamento de chapa.

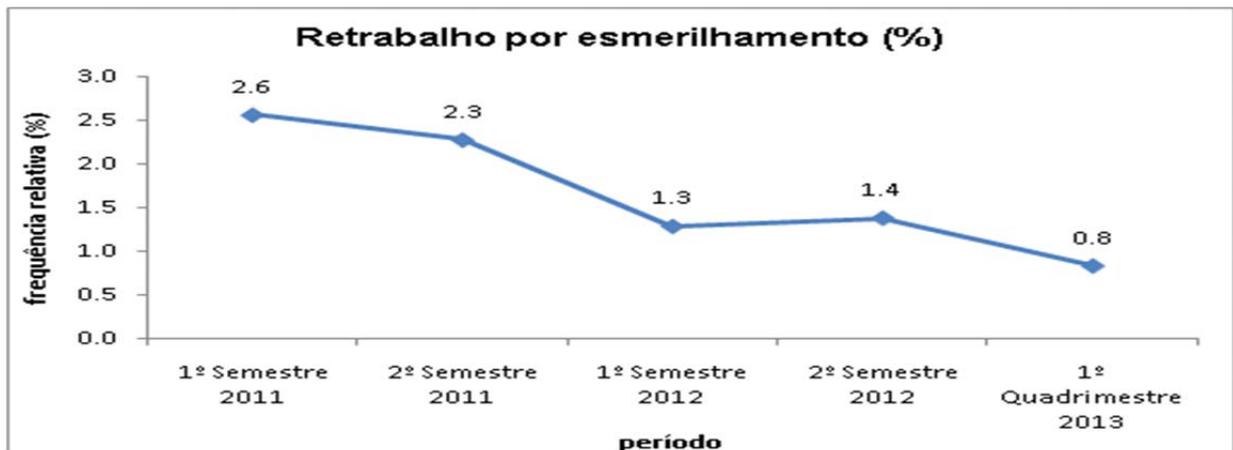


Figura 7. Percentual de material retrabalhado com esmerilhamento.

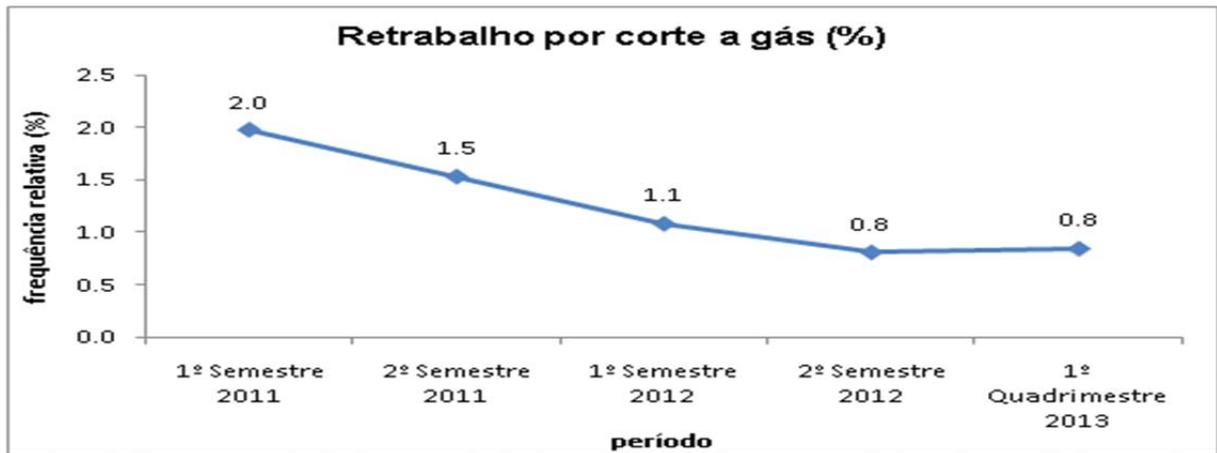


Figura 8. Percentual de materiais retrabalhados com corte a gás.

Para os testes de produtividade, os materiais foram divididos em três grandes grupos: comuns, laminação controlada e finos (espessura menor ou igual a 8 mm). O mix histórico dos últimos cinco anos de produção destes materiais e a sua produtividade é mostrado na Figura 9.

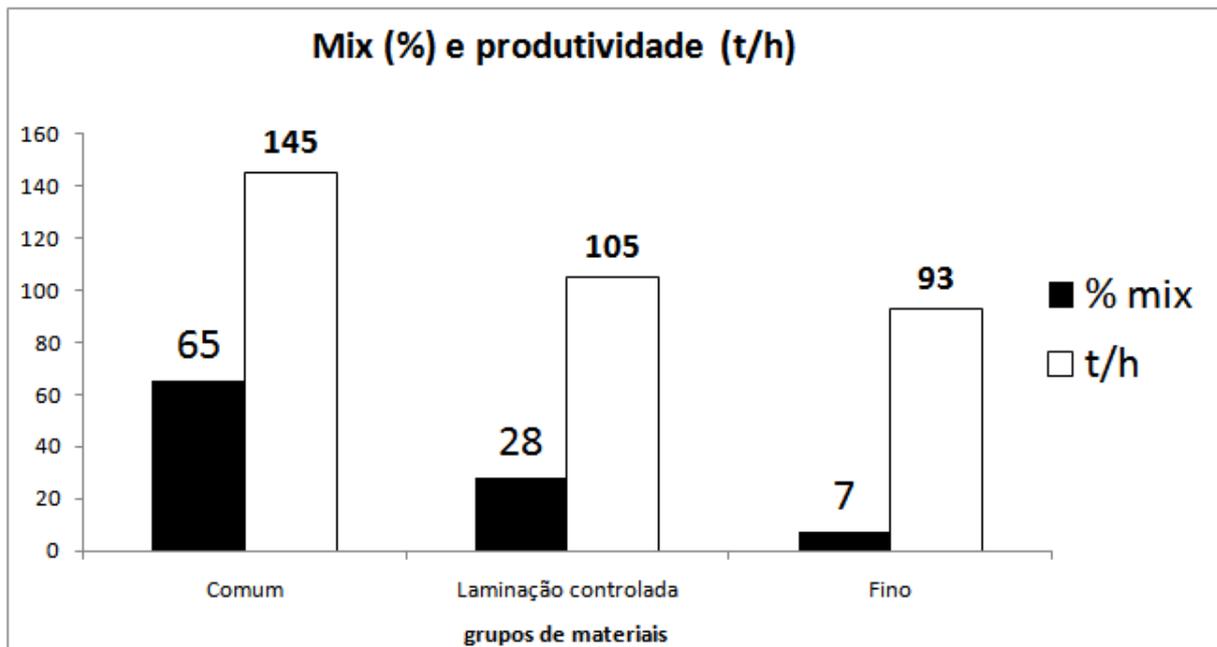


Figura 9. Mix histórico de produção e produtividade dos produtos chapas grossas na usina de Ipatinga de 2005 até o ano de 2010.

Durante o teste de aceitação, foi objetivado aproximar ao máximo o *mix* histórico de produção. Porém em função de demandas de mercado o percentual aços com laminação controlada foi de apenas 14%, com o baixo volume e com a grande variação dimensional os resultados de produtividade foram comprometidos, ainda assim, fazendo a ponderação com percentual histórico do *mix*, a produtividade em automático seria superior à laminação manual, conforme mostrado na Figura 10.

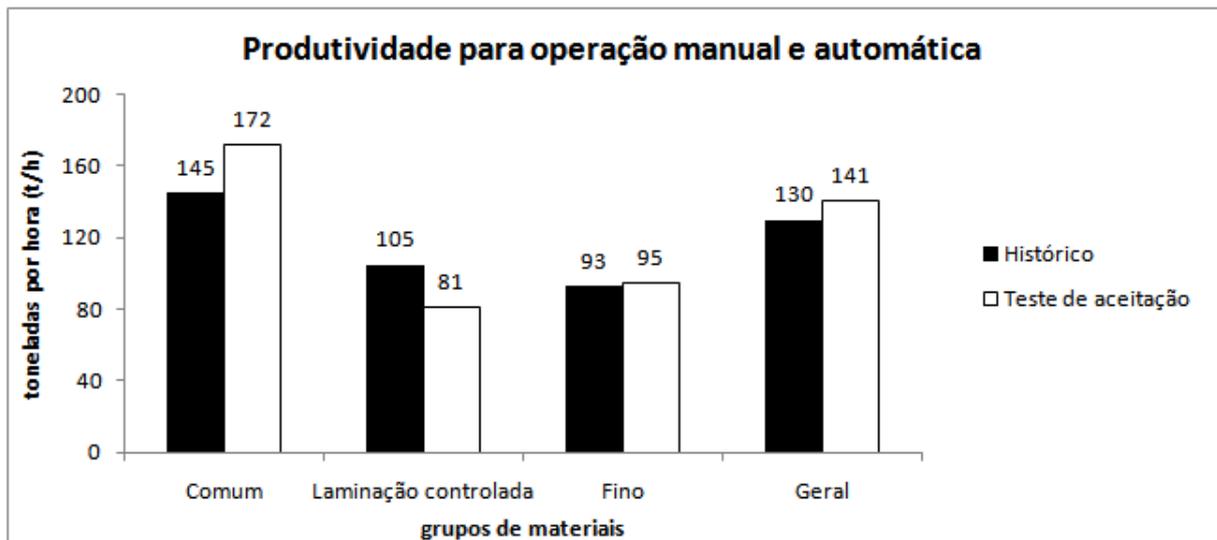


Figura 10. Comparativo de produtividade entre os modos de operação manual no período de 2005 a 2010, e operação automática durante o teste de aceitação no período de 2 a 10 de dezembro de 2011.

Com os resultados obtidos de produtividade foi observado que o laminador de Chapas Grossas de Ipatinga, para uma produção dentro do *mix* histórico, poderia produzir anualmente 8,46 % a mais do que a sua capacidade anual de 1.000.000 t por ano. Posteriormente, ações para aumento da produtividade dos aços especiais foram tomadas.

O aumento de produtividade nos materiais comuns ocorreu devido altas taxas de redução praticadas na fase de acabamento do material, o que não era possível com a operação manual. Na Figura 11, é mostrado o comparativo de uma escala de passes para um mesmo material na operação manual e na operação automática. Na operação automática há uma redução de quatro passes de laminação.

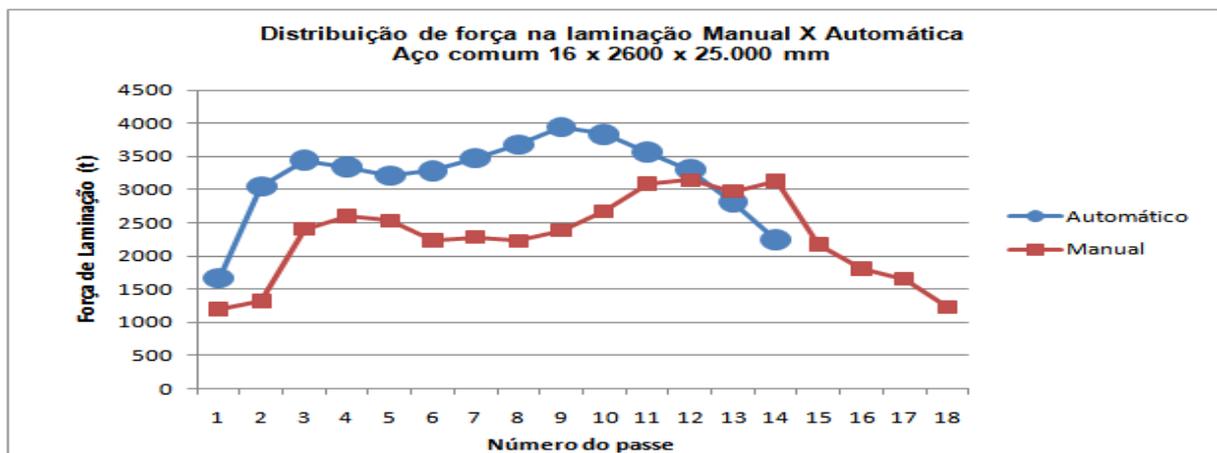


Figura 11. Comparativo da distribuição de força e do número de passes, entre a laminação manual e automática.

6 SEGURANÇA OPERACIONAL

Inerente à operação manual, o processo de laminação é sujeito a erros, sendo os mais graves os de falha na abertura do laminador os de posicionamento das guardas laterais. Os principais componentes afetados por estes erros são os

cilindros de laminação e o sistema de acionamento destes cilindros e os componentes do sistema das guardas laterais do laminador.

Acidentes desta natureza podem ter grandes impactos na produção, uma vez que demandam tempo para o reparo, afetando assim, drasticamente os custos devido ao alto valor dos sobressalentes danificados.

O sistema de automação do laminador possui um sofisticado sistema de *tracking* composto por uma série de lógicas de nível 1 e nível 2, além de vários sensores de movimentação ao longo de toda a linha. A partir do momento em que o material é pesado, cada placa passa a ser acompanhada pelo sistema. Assim, cada placa é tratada independentemente com cálculos de redução, que, levam em consideração a máxima produtividade, porém dentro dos limites de segurança do laminador (torque e força de laminação). Desta forma, desde a implantação da automação, não há nenhuma ocorrência de redução pesada, acidentes com as guardas laterais do laminador ou qualquer outro tipo de acidente de natureza operacional.

Como não há ocorrências de reduções pesadas ou outro tipo de acidente operacional que afete os cilindros de laminação, observa-se uma redução considerável do consumo de cilindros de trabalho. Antes da implantação da automação, cortes anormais por trinca, era o principal motivo de consumo de cilindros. O desempenho dos cilindros de trabalho é mostrado na Figura 12.

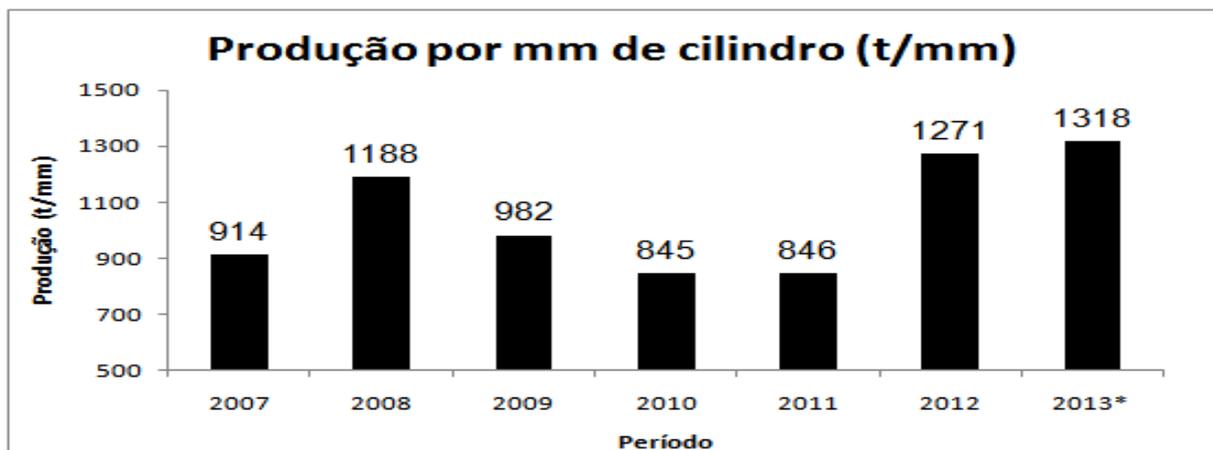


Figura 12. Produção por mm de cilindro de trabalho. * Dados de 2013 até o mês abril.

7 CONCLUSÃO

A entrada do sistema de automação no laminador é fator determinante e estratégico para produção de aços cada vez mais nobres para um mercado cada vez mais exigente.

Há uma melhoria considerável nos índices de recusa e de retrabalho, isto também contribui para a diminuição do *lead time*, melhorando a percepção do cliente não somente em relação à qualidade, como também em relação ao prazo de entrega.

Após a entrega do sistema de automação a sistema para a Usiminas, os resultados de qualidade continuam melhorando, mesmo com a produção de aços com requisitos mais rigorosos. Isto se deve a um trabalho contínuo da Usiminas para a otimização da utilização do sistema.

Embora em um primeiro momento não fosse esperada, houve um aumento na produtividade potencial, o que possibilita um aumento da capacidade instalada, isto se deve principalmente a redução do número de passes de laminação para os aços comuns.

Foram fatores determinantes para o sucesso: a boa especificação e definição do projeto, a estrutura propiciada pela empresa para que houvessem os recursos adequados, tanto em material como em recurso humano. Aliado a isto, o empenho da equipe de gestão de projeto e uma forte estratégia de treinamentos resultaram na entrada da automação com resultados satisfatórios. Os efeitos destes bons resultados ainda estão sendo obtidos com os indicadores de qualidade cada vez melhores.

A automação do laminador de chapas grossas da Usiminas possibilitou que a empresa passasse a fazer parte de um seleto grupo de empresas no mundo com capacidades para produzir produtos Chapas Grossas com resfriamento acelerado com alto grau de qualidade.

REFERÊNCIAS

- 1 GORNI, Antonio Augusto. Modelamento matemático da laminação: de ficção científica a ferramenta para a capacitação industrial. In 60º Congresso da ABM; Belo Horizonte, MG, 25 a 28 de julho de 2005.
- 2 ABBAD, G.; LACERDA, E. R. M.. Impacto do treinamento no trabalho: investigando variáveis motivacionais e organizacionais como suas preditoras. Revista de Administração Contemporânea, v. 7, n. 4, 2003
- 3 GIACOMIN, C. N., SANTOS, A. A., GORNI, A. A. Desenvolvimento e Aplicação de Simulação Computacional da Laminação de Chapas Grossas na Usiminas. In: XV SEMINÁRIO DE AUTOMAÇÃO E TI INDUSTRIAL DA ABM; São Paulo, SP, 20 a 22 de setembro de 2011.
- 4 GIACOMIN, C. N., SANTOS, A. A., SOUZA, A. L. – “Uso de Simuladores Computacionais Como Ferramenta de Análise de Processo na Laminação a Quente da Usiminas” - Contribuição Técnica ao XII Seminário de Automação de Processos da ABM; Vitória, ES, 01 a 03 de outubro de 2008.