

PREVISÃO DA CORRENTE DE PERDAS DO LAMINADOR BREAK DOWN II DA LINHA DE LAMINAÇÃO DE PERFIS AÇOMINAS UTILIZANDO REDES NEURAIIS ARTIFICIAIS ¹

Anderson Furiere ²

Antônio de Pádua Braga ³

Marcus Vinicius Abrantes Abreu ²

Turíbiu Tanus Salis ⁴

Resumo

A identificação de material na cadeira de laminação coordena todo o sistema de laminação automática desenvolvido para o laminador Break Down II, BD2, sendo assim, falhas nesta identificação causa posicionamento indevido dos parafusos e régua do laminador, bem como, a parada indevida das mesas envolvidas no processo de laminação. Devido a problemas causados pelo próprio processo de laminação, tais como poeira e forças excessivas, os instrumentos utilizados para fazer a identificação têm seu funcionamento prejudicado, causando falhas na identificação do material na cadeira, que por sua vez, gera atrasos e perdas de material na linha de produção. Este trabalho cria uma forma alternativa para o cálculo da corrente de carga do motor do laminador, compondo a estratégia de identificação de material na cadeira de laminação. A corrente de carga do motor do laminador é a diferença entre a corrente atual e a corrente de perdas e, a corrente de perdas, é a corrente necessária para que o motor gire todo o sistema da cadeira de laminação, vencendo o atrito viscoso dos mancais e a inércia do conjunto motor, redutor, *spindles*, cilindros, etc. A corrente de perdas do laminador é estimada utilizando-se *Redes Neurais Artificiais*. Apresentam-se os resultados de simulação e uma aplicação prática.

Palavras-chave: Corrente de perdas; Redes neurais artificiais.

CURRENT LOSSES PREDICTION ON AÇOMINAS HEAVY SECTIONS BREAK DOWN II BY USING AN ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Abstract

Material identification at rolling mills stand coordinates whole automatic rolling mills system developed for the Break Down II Roller, BD2. Thus, faults in this identification causes undue positioning of the screws and rulers of the Roller, as well as, the improper stop of the tables involved in the rolling mills process. The identification instruments have its operation harmed due to problems caused by the own rolling mills process, such as dust and excessive forces. This kind of problems causing material identification faults at the stand, that for its time, it generates delay and material losses in the production line. This work creates an alternative for the Roller's motor charge current calculus, composing the strategy of material identification at the rolling mills stand. The Roller's motor charge current is the difference between the feed back current and the losses current, is the necessary current so that the motor rotates whole rolling mills system stand, winning bearings viscous friction and the whole motor group inertia, reducer, spindles, cylinders, etc. The roller losses current is esteemed by using an Artificial Neural Network. This work shows simulation results and a practical application.

Key words: Current losses; Artificial neural networks.

¹ *Contribuição técnica ao XI Seminário de Automação de Processos, 3 a 5 de outubro, Porto Alegre-RS*

² *Engenheiro Eletricista, Área de Sistemas Industriais, Gerdau Açominas;*

³ *Dr., Departamento de Engenharia Eletrônica, Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG;*

⁴ *Analista de Sistemas, Área de Sistemas Industriais, Gerdau Açominas.*

1 INTRODUÇÃO

A identificação de material na cadeira de laminação é feita a partir de sensores instalados na linha de laminação e por um sinal de carga no motor calculado a partir da corrente de armadura. O sistema de controle combina estas informações para gerar uma sinalização de material na cadeira que é utilizado para sincronizar todo o processo de laminação.

São utilizadas células de carga para monitorar a força de separação dos cilindros durante a laminação e, *Hot Metal Detector (HMD)*, informam a localização do material na área de laminação. Porém, durante o processo de laminação, são geradas forças excessivas e poeira: forças excessivas danificam as células de carga e, a poeira, prejudica o funcionamento dos *HMD's*, sem a informação correta das células de carga e dos *HMD's* o sistema conta apenas com a informação de carga gerada a partir da corrente de armadura do motor e, a geração deste sinal depende de uma informação externa ao sistema de controle.

Este trabalho gera uma forma alternativa para o cálculo do sinal de carga no motor que não depende de informações externas ao sistema de controle. O objetivo principal é substituir o sinal atualmente utilizado por um sinal gerado a partir da corrente de perdas do laminador, compondo a estrutura utilizada para a identificação de material na cadeira de laminação. Utiliza-se uma rede neural artificial para prever a corrente de perdas, um resíduo é gerado a partir da saída da rede neural e a corrente de armadura instantânea e, este resíduo, permite a identificação de carga de laminação no motor.

2 LAMINADOR BD2

O Laminador Break BD2, é o primeiro laminador da Laminação de Perfis Açominas e está localizado logo após o descarepador, na saída do forno de reaquecimento.

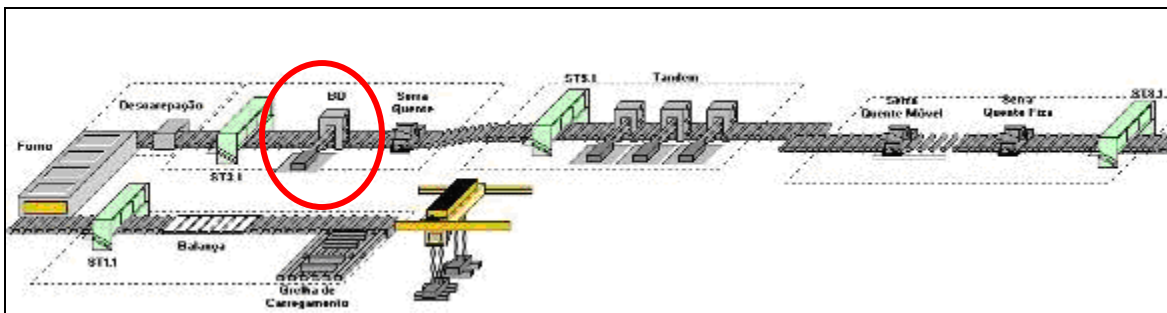


Figura 1: Laminador BD2 na linha de laminação.

O BD2 é responsável pela conformação do bloco que sai do forno de reaquecimento em um Beam Blank.

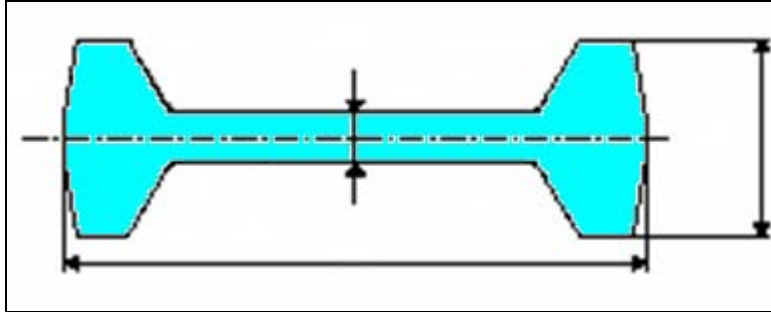


Figura 2: Beam Blank.

O BD2 é um laminador reversível de uma cadeira, sendo que o bloco passa através de 02 cilindros, um superior e outro inferior. Estes cilindros possuem vários canais de laminação e, cada canal, tem um formato específico variando conforme a bitola do material a ser produzido. Os manipuladores, ou réguas, são responsáveis pelo posicionamento do material no canal de laminação e, este posicionamento, pode ser feito em modo manual, pelo operador, ou em modo automático, pelo sistema.

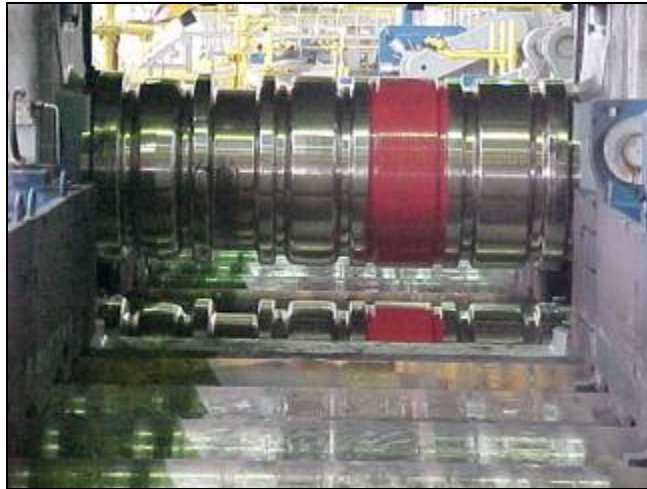


Figura 3: Cilindros de laminação inseridos no laminador.

O acionamento do laminador é feito por um motor CC de 5.800 kW, com velocidade nominal de 75 rpm. De um modo geral, a laminação no BD2 se baseia nas seguintes etapas:

- a.** posicionamento dos cilindros e manipuladores;
- b.** aceleração até à velocidade de entrada do material no laminador;
- c.** aceleração até à velocidade de laminação;
- d.** desaceleração até à velocidade de saída; e
- e.** após a saída do material da cadeira, o grupo de mesas e o laminador são parados e um novo ciclo se repete.

O número de ciclos necessários, os set-points de velocidade e a posição dos cilindros inferior e superior são definidos em uma escala de passes, uma receita, e varia conforme as necessidades do produto.

3 CÁLCULO DA CORRENTE DE PERDAS DO LAMINADOR BD2 UTILIZANDO REDES NEURAIS ARTIFICIAIS

A corrente de perdas do laminador é a corrente gerada pelo motor quando este gira todo o conjunto da cadeia de laminação sem que exista um material sendo laminado, ou seja, a corrente do sistema em vazio, assim, tem-se uma saída desejada para a rede neural, podendo ser utilizado o treinamento supervisionado.

É importante lembrar que o objetivo da RNA é gerar um sinal que será comparado com o valor de medição da corrente de armadura instantânea, criando-se um resíduo e, o resíduo, é utilizado para identificar carga no motor caracterizando material na cadeia de laminação.

$$Rsd = i_{ARMADURA} - y_{RNA} \quad (3.1)$$

A utilização de um modelo matemático para simular o comportamento considerado normal de um processo e compará-lo à resposta do processo atual é utilizada como uma das estratégias para a identificação de falhas em um processo.

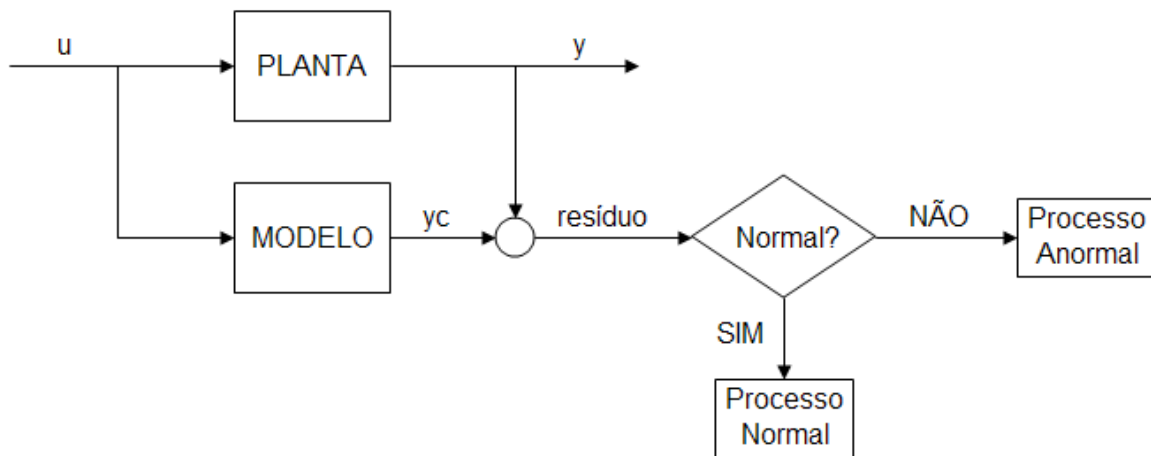


Figura 4: Identificação de Falhas.

Apesar do distúrbio na corrente do motor do laminador causado pela variação de carga provocada pela entrada do material na cadeia de laminação não ser uma falha, a abordagem da geração de resíduo pode ser empregada uma vez que ocorre uma variação no sistema. Considerando o funcionamento do motor em vazio como uma condição de operação normal, a variação da corrente provocada pela carga é uma condição de falha no sistema.

Redes neurais podem ser utilizadas como classificadores e são empregadas para identificação e diagnóstico de falhas, entretanto, o caso apresentado não necessita classificar o resíduo em faixas, sendo suficiente identificar a presença ou não de material na cadeia de laminação. Uma RNA pode verificar esta situação, mas, para a utilização do treinamento supervisionado, é necessário um sinal confiável de presença de material, que não existe a priori, por este motivo, um valor de limiar é utilizado para identificar um material na cadeia de laminação.

O *CLP* que controla o laminador tem disponível alguns sinais do motor do laminador BD2, sendo eles: módulo da referência e do valor da corrente instantânea de armadura, tensão de armadura e velocidade do motor, além da referência de velocidade, que é gerada pelo próprio *CLP*. Devido ao fato do sistema funcionar em malha fechada, uma variação de carga implica em variação de tensão e, conseqüentemente, de corrente do motor. Como o objetivo é a geração de resíduo para permitir a identificação de material na cadeira, não é interessante que o modelo seja afetado pela variação causada pela carga, sendo assim, estas grandezas, corrente e tensão, não foram selecionadas como entradas para a RNA, restaram o valor instantâneo e a referência de velocidade.

Pelos testes realizados com a RNA, nota-se que a referência de velocidade não tem influência significativa na resposta da rede, com isto, utiliza-se somente o valor instantâneo da velocidade como entrada da RNA.

A saída da RNA é um valor aproximado da corrente de perdas do laminador, isto gera uma situação onde o sinal de entrada da rede, valor instantâneo de velocidade, é um sinal atrasado em relação à saída desejada, ou seja, um sistema não causal. Pelo modelo de uma máquina de corrente contínua, sabemos que:

$$\frac{d\omega_r}{dt} = \frac{1}{J_m} (T_{em} - B_m \cdot \omega_r - T_L) \quad (3.2)$$

Onde:

ω_r : Velocidade de rotação;

J_m : Momento de inércia;

T_{em} : Conjugado eletromagnético;

B_m : Coeficiente de atrito viscoso;

T_L : Conjugado de carga;

Considerando o campo constante, desprezando o atrito viscoso e o conjugado de carga, e ainda, integrando a equação acima, pode-se verificar que a integral da corrente é função da velocidade.

$$\int i_a dt = f(\omega_r) \quad (3.3)$$

A integral foi aproximada pela média dos últimos valores medidos. Com isto, é gerado um atraso na corrente, o que torna o sistema causal, possibilitando a utilização da velocidade como entrada para a RNA.

É empregada uma rede multicamadas, utilizando o *Adaline* com funções de ativação sigmoidais em todos os neurônios. Como critério de comparação entre as redes testadas, utiliza-se o erro quadrático médio calculado na resposta da RNA aos dados de teste. Os resultados do teste da RNA são mostrados na Figura 5.

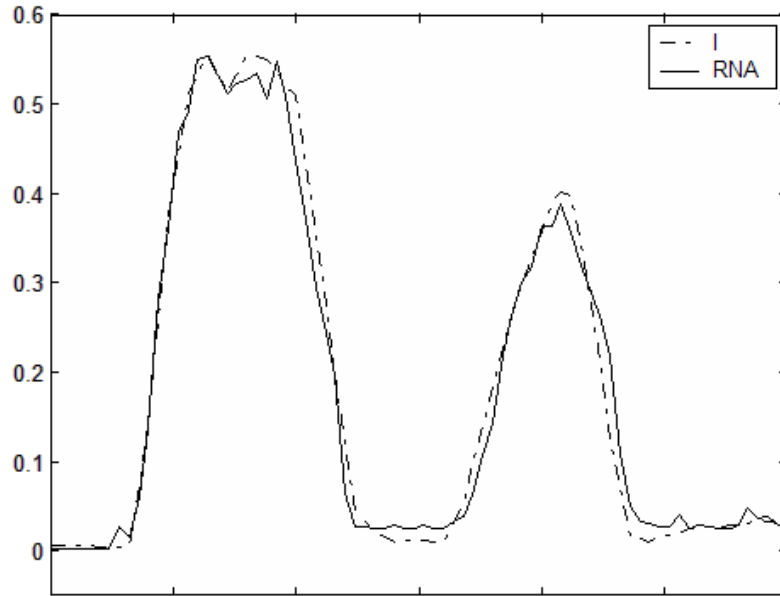


Figura 5: Resultado do teste da RNA.

Para ser aplicada ao processo de laminação é preciso verificar se a RNA será capaz de gerar um sinal que possibilita a identificação do material na cadeira de laminação. A Figura 6 mostra o resultado da simulação utilizada para verificar a viabilidade da implementação da RNA no *CLP*. É gerado um sinal de resíduo e limites são utilizados para decidir se existe ou não material na cadeira de laminação. Pela resposta apresentada na Figura 6, é constatado que esta abordagem pode ser utilizada para identificar o material sendo efetivamente laminado no BD2. O sinal *BIS*, *Bloom In Stand*, na figura, é um sinal discreto que sinaliza o material na cadeira de laminação.

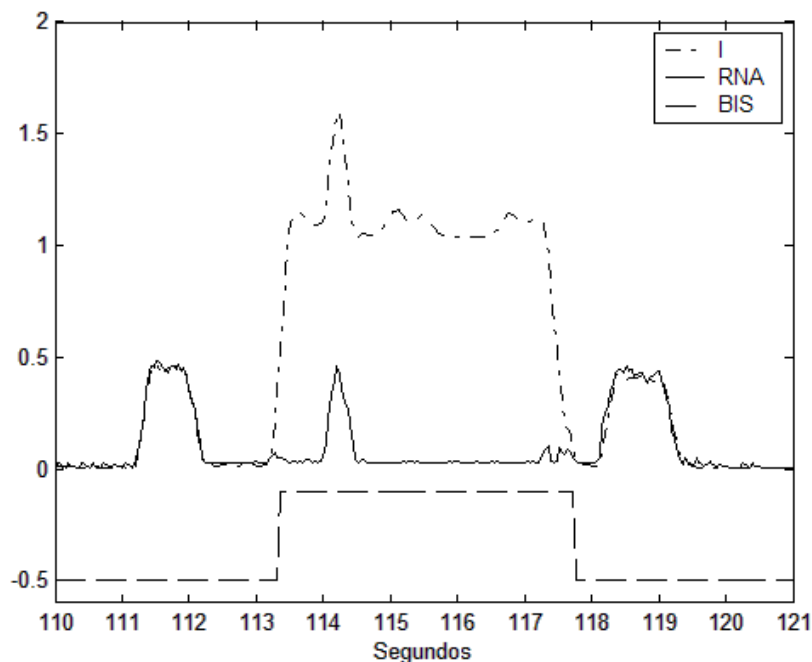


Figura 6: Simulação para identificação de material na cadeira de laminação.

Os resultados obtidos após a implementação da RNA no *CLP* são apresentados a seguir. A Figura 7 mostra a resposta da rede com o laminador em vazio e é possível verificar que a resposta é compatível com o previsto em simulação.

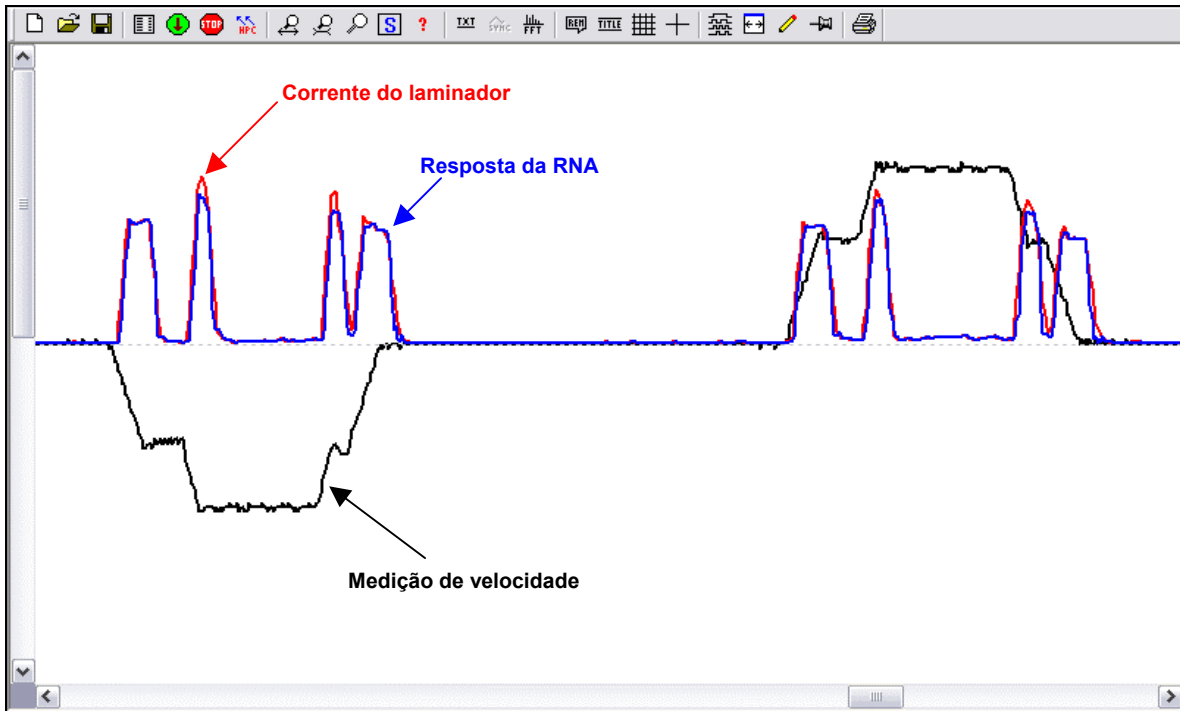


Figura 7: Resposta da RNA para o laminador em vazio.

A Figura 8 apresenta o resultado do teste de detecção de material. A força de laminação depende de vários fatores e são apresentados dois gráficos que se diferenciam na força exercida durante o processo de laminação, esta força é vista refletida no valor da corrente de armadura do motor. A Figura 8 mostra uma situação em que a força de laminação é relativamente baixa se comparado ao caso mostrado na Figura 9, mostrando também que o sistema sem a RNA funciona de forma adequada em situações em que a força de laminação é mais elevada.

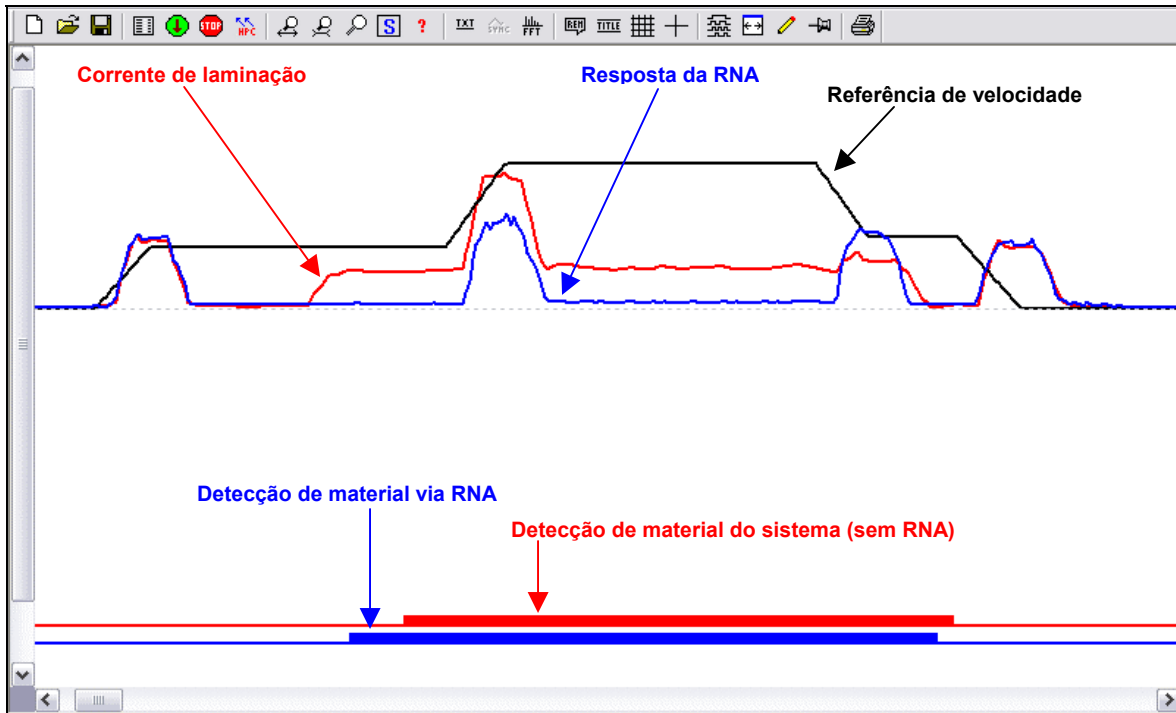


Figura 8: Teste de detecção de material antes de atuar no processo.

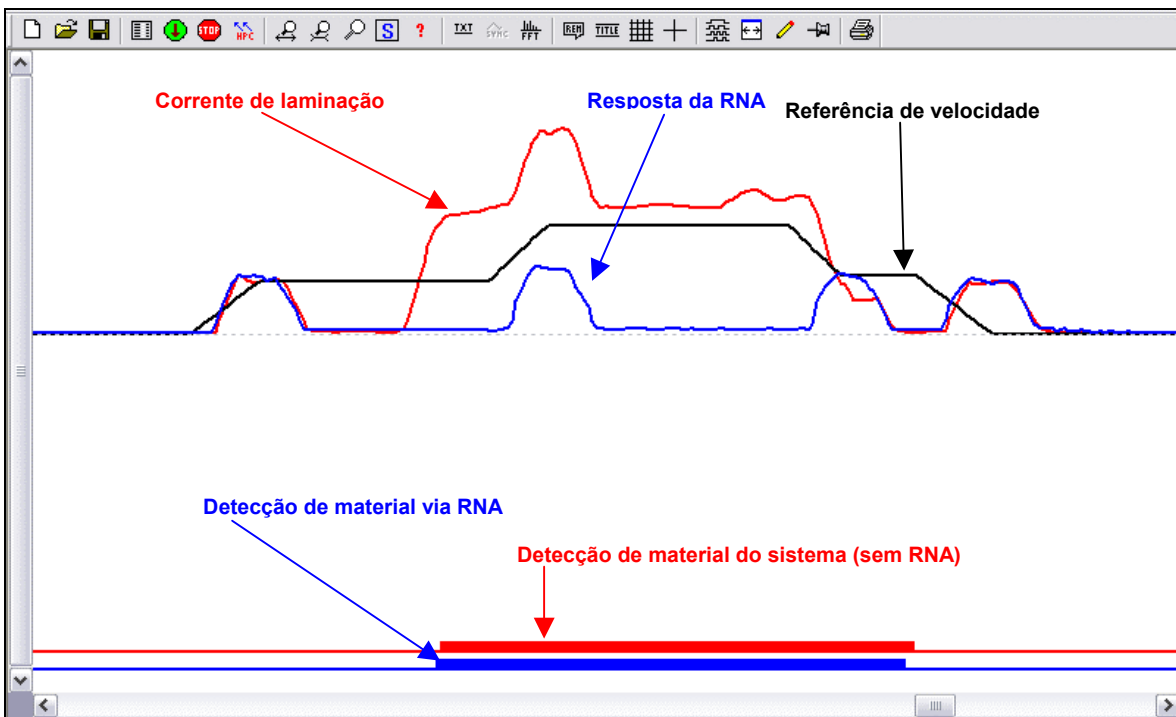


Figura 9: Teste de detecção de material antes de atuar no processo.

Com a confirmação do funcionamento satisfatório do sistema utilizando RNA observado nas figuras acima, é habilitada a atuação da rede no processo de laminação.

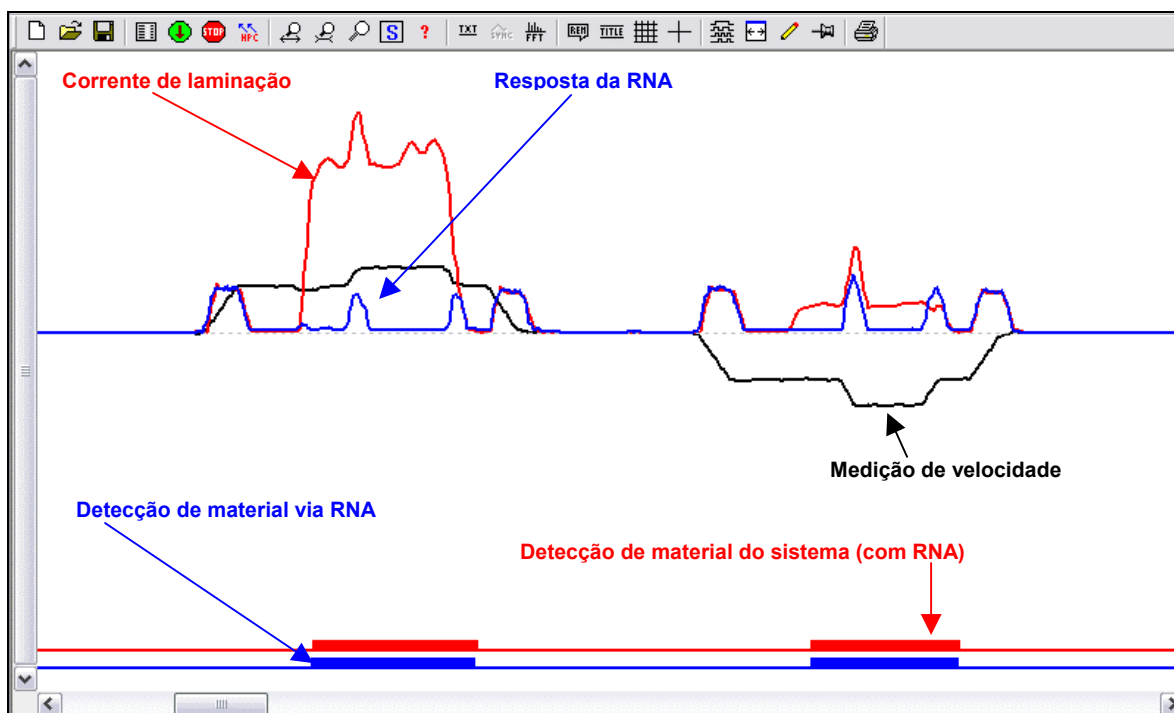


Figura 10: Atuação da RNA no processo de detecção de material.

Pela Figura 10 verifica-se que o sistema utilizando redes neurais artificiais consegue identificar de forma adequada a laminação de um material desde que exista redução de área, ou conformação, do material durante o processo de laminação.

4 CONCLUSÃO

A Tabela 1 evidencia o ganho proporcionado pela RNA na identificação de material na cadeia de laminação. O resultado relativamente ruim obtido com o sistema anterior, se deve, em grande parte, a ajustes realizados no processo de laminação, e não de um erro no cálculo realizado pelo sistema de controle. O sistema utilizando RNA se torna mais robusto que o sistema anterior pelo fato de não depender de parâmetros externos, sendo capaz de absorver alterações do processo de laminação.

Tabela 1 – Resultado quantitativo do emprego da RNA na rotina de identificação de material na cadeia de laminação.

	Detecções	Detecções Falsas	Sem Detecção	Percentual de Acerto
Detecção via Sistema Anterior à RNA	3399	989	1051	76,38%
Detecção via RNA	4441	02	09	99,80%
Detecção do Sistema	4450	-	-	-

A implementação da RNA no sistema de controle foi terminada em novembro de 2006 e, desde então, não foram registradas perda de material por falha na identificação de material na cadeira de laminação, além do tempo de parada ter sido reduzido a quase zero.

Pelos resultados apresentados, a rede neural artificial utilizada, se mostrou adequada para ajudar na detecção de material na cadeira de laminação. Este trabalho mostra que inteligência computacional pode ser utilizada nos processos produtivos, trazendo ganhos e maior confiabilidade aos processos.

BIBLIOGRAFIA

- 1 Braga, A. P.; Carvalho, A. P. L. F.; Ludemir, T. B. – Redes Neurais Artificiais: Teoria e Aplicações, LTC, 2000.
- 2 Calado, J. M. F.; Korbicz, J.; Patan, K., Patton, R. J.; Costa, S. J. M. G. – Soft Computing Approaches to Fault Diagnosis for Dynamic Systems, European Journal of Control, 2001.
- 3 Chow, M.; Trussell, H. J. – Fuzzy Inference Systems Implemented on Neural Architectures for Motor Fault Detection and Diagnosis, IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 46, no.6, dezembro de 1999.
- 4 Fitzgerald, A. E.; Kingsley, Jr. C.; Kusko, Alexander – Máquinas Elétricas, McGraw-Hill, 1975.
- 5 Goedel, A.; Silva, I. N.; Serni, P. J. A. – Speed Estimation Techniques in Induction Motors Using Feedback Neural Network Structure, Brazilian Conference on Dynamics, Control and Their Applications, Guaratinguetá, SP, 22 a 26 maio de 2006.
- 6 Goedel, A.; Silva, I. N.; Serni, P. J. A. – Uma Proposta Alternativa para Estimativa de Velocidade em Motores de Indução Trifásicos Usando Redes Neurais Artificiais: Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual Paulista.
- 7 Gouvêa, M. R.; Caminhas, W. M.; Rodrigues, D O.; Menezes, B. R.; Braga, A. P – Aplicação de Inteligência Computacional na Determinação da Força de Laminação, VI Seminário de Automação de Processos, Vitória, ES, 09 e 10 de outubro de 2002.
- 8 Haykin, S. – Redes Neurais: Princípios e Prática, Bookman, 2001.
- 9 Kosow, I. L. – Máquinas Elétricas e Transformadores, Globo, 2005.
- 10 Venkatasubramanian, V.; Rengaswamy, R.; Kavuri, S. N. – A Review of Process Fault Detection and Diagnosis Part II: Qualitative Models and Search Strategies, Computers and Chemical Engineering 27, 2003.
- 11 Vieira, E. F. – Determinação da Força de Laminação no Laminador Tandem da Gerdau Açominas através de Técnica de Inteligência Computacional, UFMG, junho de 2005.
- 12 Zárate, L. E.; Helman, H.; Gálvez, J. M. – Representação e Controle de Laminadores Tandem Baseado em funções de Sensibilidade Obtidos Através de Redes Neurais, Revista Controle & Automação, Volume 14 no.2, Abril, Maio, Junho 2003.