

ECONOMIA DE ENERGIA NO ACIONAMENTO DE PONTES ROLANTES¹

PRESERVAÇÃO DO MEIO AMBIENTE – ESTUDO DE CASO

Mário Sergio Di Grazia²
Anderson Luiz Sato³
Gilson Fernandes Paticcié⁴

Resumo

O elevado custo da energia e o risco iminente de racionamento são as principais preocupações do setor industrial hoje. O objetivo deste trabalho é ilustrar a redução no consumo de energia elétrica proporcionada pela implantação de acionamentos de velocidade variável regenerativos, na modernização elétrica realizada em dezembro de 2006, na ponte rolante de panela de aço líquido de 130 toneladas, da siderúrgica Arcelor Mittal em Juiz de Fora, MG. Utilizando os modernos inversores de frequência 3 níveis, modelo G7 e módulos regenerativos DC5 nos movimentos de elevação, a Yaskawa projetou um sistema que garantiu o reaproveitamento de grande parte da energia potencial da operação da ponte rolante, com total qualidade de energia: fator de potência unitário e livre de distorções harmônicas. Para comprovar os resultados, foram registrados antes e depois da reforma, os valores de tensão, corrente, kVA, kW e kVar consumidos além da distorção harmônica total em tensão e corrente, permitindo uma comparação ampla e precisa. O laudo demonstra que em um período de um ano, o consumo de energia que era de 485.000kWh irá cair para 279.000kWh, significando uma redução de cerca de 40%, proporcionando a Arcelor Mittal de Juiz de Fora uma redução de 206.000kWh.

Palavras-chave: Economia de energia; Inversores de frequência.

ECONOMY OF ENERGY IN OVERHEAD CRANES USING REGENERATIVE AC DRIVES PRESERVATION OF THE ENVIRONMENT - STUDY OF CASE

Abstract

The high cost of the energy and the imminent risk of rationing are today the main concerns of the industrial section. The objective of this work is to illustrate the reduction in the consumption of electric power due the use of regenerative and variable speed AC drives, in the electric modernization accomplished in December of 2006, in the over head crane ladle crane of 130 tons of liquid steel in Arcelor Mittal plant in Juiz de Fora, MG. Using the modern frequency inverters drives of 3 levels, model G7 and regenerative modules DC5 in the elevation movements, Yaskawa projected a system that guaranteed the reuse of great part of the potential energy of the operation of the crane, with total quality of energy: unitary power factor and free from harmonic distortions. To prove the results, they were registered before and after the retrofitting, the tension values, current, kVA, kW and kVar consumed besides the total harmonic distortion in tension and current, allowing a wide and precise comparison. The reports demonstrates that in a period of one year, the consumption of energy that was of 485.000kWh it will fall for 279.000kWh, meaning a reduction of about 40%, providing Arcelor Mittal of Juiz de Fora a reduction of 206.000kWh.

Key words: Economy of energy; Frequency inverter drives.

¹ *Contribuição técnica ao 63º Congresso Anual da ABM, 28 de julho a 1º de agosto de 2008, Santos, SP, Brasil*

² *Engenheiro Elétrico – Diretor Técnico da Yaskawa Elétrico do Brasil Ltda.*

³ *Engenheiro Elétrico – Gerente de Aplicações e Vendas da Yaskawa Elétrico do Brasil Ltda.*

⁴ *Engenheiro Elétrico – Analista de Manutenção Sênior da Aciaria da Arcelor Mittal Juiz de Fora.*

1 INTRODUÇÃO

1.1 Geral

A reforma da ponte rolante PR004 foi parte de um projeto maior da Arcelor Mittal Juiz de Fora, batizado de carga líquida, que teve como objetivo principal modificar todo o processo produtivo da aciaria que atualmente trabalha apenas com sucata e gusa sólido em forma de blocos e que passará a utilizar gusa líquido proveniente do seu alto-forno inaugurado recentemente. Com a utilização de gusa, que é um produto intermediário entre o ferro líquido e o aço, a performance e produção da aciaria será melhorada, em virtude da redução do tempo de processo e conseqüentemente, do aumento da produção de aço.

Como a ponte rolante é antiga a Arcelor Mittal Juiz de Fora, decidiu-se pela modernização total dos acionamentos da elevação principal e auxiliar, visando melhorias na operação, na manutenção e na economia de energia.



Figura 1 – Foto ilustrativa de uma panela de aço líquida manuseada por ponte rolante

1.2 Situação da PR004 Antes da Modernização

A ponte rolante PR004 foi fabricada no Brasil e iniciou sua operação na Arcelor Mittal Juiz de fora em meados de 1982. Como a operação de carga e descarga de aço líquido necessita de variação de velocidade e posicionamento da carga, a ponte foi equipada com motores assíncronos de anéis, também conhecidos como motores de rotor bobinado. A variação de velocidade e controle de partidas e paradas era realizada por bancos de resistores e contatores, conectados ao rotor do motor de anéis. Essa era a tecnologia típica utilizada na época para esse tipo de aplicação. A Figura 1 ilustra uma panela de aço líquido durante o vazamento. Os ganchos à esquerda e à direita da panela são os responsáveis pela sua sustentação, elevação e descida e são acionados pelos motores da elevação. O gancho na parte de baixo da panela é acionado pelo motor da elevação auxiliar e tem a função de girar a panela para o vazamento da carga de aço líquido.

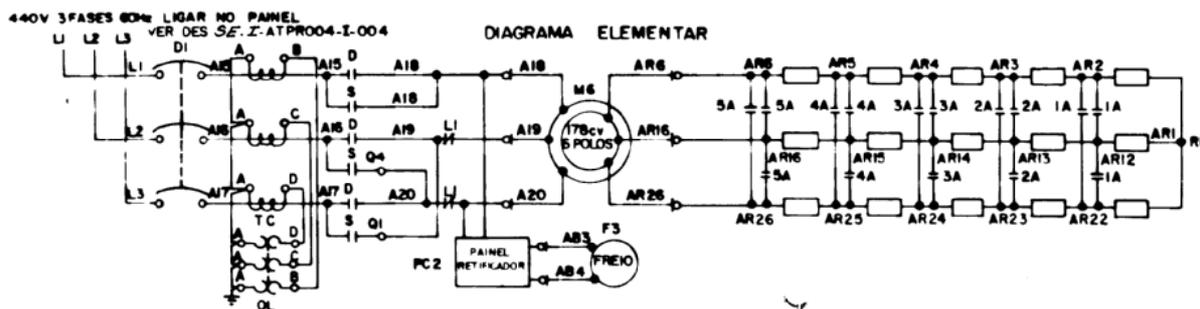


Figura 2 - Diagrama Elétrico das Elevações Principais e Elevação Auxiliar

A Figura 2 ilustra o diagrama de controle de cada uma das três elevações. O princípio de funcionamento desse sistema é bastante simples. Durante a partida do motor todos os contatores (1A até 5A), permanecem abertos, garantindo que todos os resistores estejam em série e ligados ao secundário do motor. Com todos os resistores conectados a resistência é máxima e a corrente elétrica é mantida dentro do valor nominal, assim como o torque o que garante uma partida suave em baixa velocidade. Após o instante de partida a corrente começa a diminuir e então é curto circuitado o primeiro grupo de resistores e assim por diante, proporcionando até 06 pontos de variação de velocidade.

É importante notar que para controlar a velocidade e o torque do motor a tensão elétrica do rotor é dividida com os resistores, reduzindo a corrente elétrica. A tensão e a corrente elétrica sobre os resistores geram potência elétrica a qual é dissipada em forma de calor sobre os mesmos.

Podemos dizer que toda energia elétrica não utilizada pelo motor durante o controle de velocidade é transformada em calor.

Outro fato interessante a ser observado é quanto à conexão dos resistores ao rotor do motor. Como o rotor gira ao redor do eixo a conexão dos cabos para os resistores é realizada através de um anel de bronze ou latão, fixo ao rotor e de escovas de carvão fixas ao estator. Essa é a razão pela qual esse tipo de motor também é denominado de “motores de anéis”.

1.3 Situação da PR004 Depois da Modernização

A modernização da ponte rolante consistiu na troca dos motores de anéis por motores gaiola, acionados por inversores de frequência vetoriais de três níveis da série G7, substituindo os contatores de potência. Os bancos de resistores foram substituídos por módulos regenerativos da série DC5, os quais devolvem à rede a energia gerada pela descida da carga. Para controle e comando dos inversores foi instalado um controlador lógico programável CLP, com comunicação em rede Profibus com os inversores. O Quadro 1 lista os principais equipamentos envolvidos na modernização assim como as principais vantagens obtidas com a utilização dos mesmos. Para facilitar e principalmente reduzir o tempo de instalação dos novos equipamentos sobre a ponte rolante, os equipamentos novos foram instalados dentro de um container metálico, o qual foi instalado sobre o passadiço da ponte rolante como uma sala elétrica. O container foi totalmente testado em fábrica garantindo o perfeito funcionamento dos inversores e CLP antes da instalação na ponte.

Quadro 1 – Equipamentos envolvidos na modernização

Antes da reforma	Depois da reforma	Vantagem
Motores de anéis	Motores gaiola	<ul style="list-style-type: none"> • Menor manutenção • Operação suave • Flexibilidade • Economia de energia
Contatores Potência	Inversores Vetoriais G7	
Bancos de resistores	Módulos regenerativos DC5	
Contatores Controle	Controlador Programável	

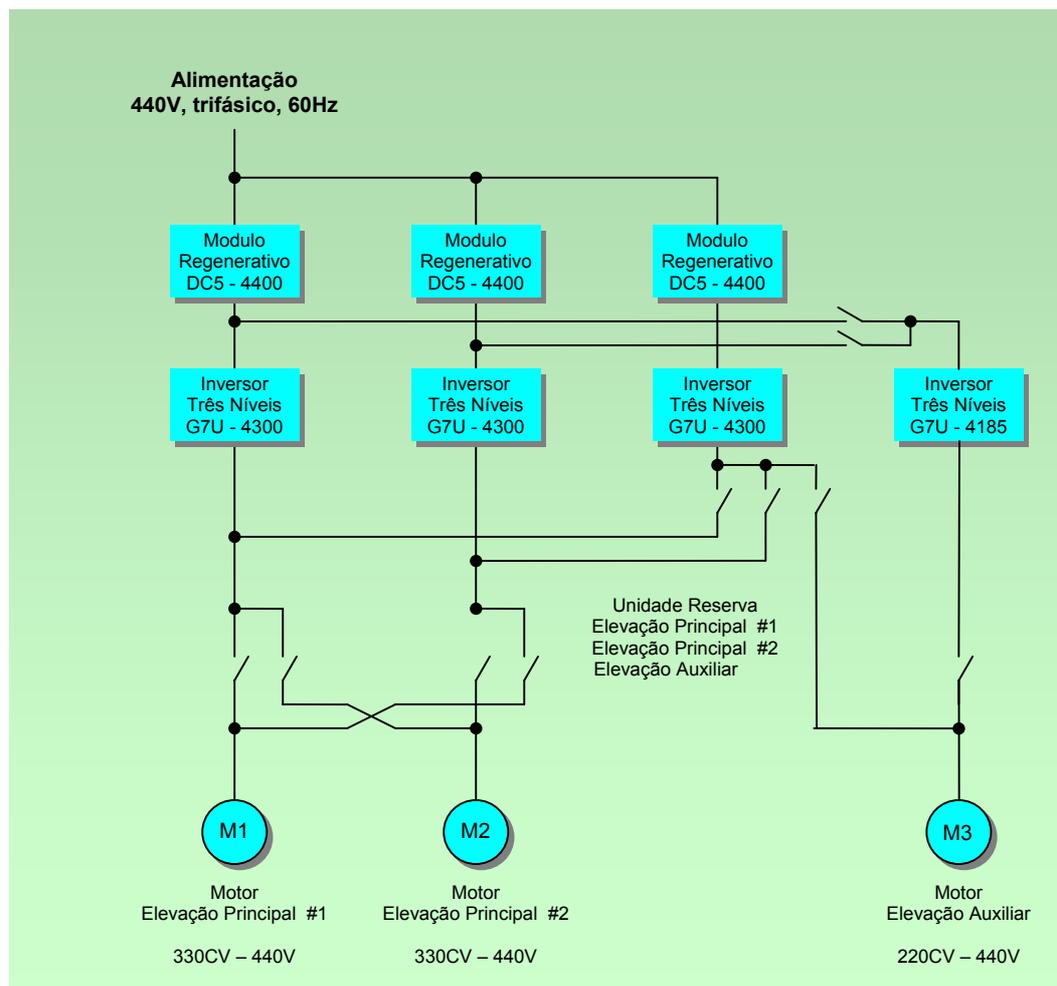


Figura 3 – Diagrama unifilar dos novos acionamentos da ponte rolante PR004

A Figura 3 ilustra o arranjo elétrico dos novos acionamentos das elevações principais e auxiliar. É importante notar que o projeto priorizou a continuidade de operação mesmo com a falha de um dos inversores ou módulos regenerativos. Foi instalado um conjunto reserva completo com inversor e módulo regenerativo e chaves reversoras nas saídas dos inversores. Esse arranjo permite que o inversor reserva seja selecionado para substituir qualquer um dos inversores das elevações principais e da auxiliar em caso de pane. Permitem ainda que um inversor da elevação principal #1 acione o motor da elevação #2 e vice versa. Essas alternativas permitem que sempre seja possível operar as elevações mesmo com falha em um

dos inversores, garantindo que a carga sempre será vazada, evitando a solidificação do aço líquido e perda da produção.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Metodologia

A medição do consumo de energia elétrica foi realizada no disjuntor de alimentação de 440V da ponte rolante PR004 na Siderúrgica Belgo Mineira em Juiz de Fora. Para as medições foi contratada uma empresa especializada, imparcial aos envolvidos no processo. Executamos os serviços de monitoramento por um período de quatro dias consecutivos antes da modernização, no mês de dezembro de 2006 e de quatro dias após os trabalhos de modernização em janeiro de 2007.

Nossos trabalhos foram baseados em levantamentos in loco, com coleta de dados entre os dias 13/12/067 a 16/12/2006 e após a reforma entre os dias 30/01/2007 a 02/02/2007, utilizando-se equipamentos para análises elétricas de última geração e ferramentas adequadas à execução dos serviços.

Apresentaremos a seguir a compilação dos dados fornecidos em forma de tabelas e gráficos, das coletas de dados e informações do ponto monitorado de onde foram geradas nossas conclusões.

2.2 Equipamentos

Na primeira coleta de dados de energia utilizou-se os equipamentos Power PAD AEMC e o Power Platform Dranetz 4300 na segunda coleta.

Foram utilizados os seguintes equipamentos:

- 01 - Power Platform - Dranetz 4300
- 01 - Power PAD - AEMC
- 01 - Computador Pentium 233 Mhz - Fujitsu - Lifebook
- 01 - Power Harmonics Analyzer 41 B Fluke
- 01 - Electrical Tester - T5 -1000 - Fluke

2.3 Normas Técnicas

Utilizamos as Normas Técnicas Brasileiras NBR e na falta destas as normas ANSI -American National Standards Institute e NEC - National Electrical Code.

2.4 Parâmetros Elétricos Antes da Modernização

Tabela 1- Parâmetros antes da modernização.

Parâmetros Elétricos Iniciais					
Grandezas/ Fases	R/N	S/N	T/N	Neutro/Terra	Total
Tensão RMS (V)	265,01	264,73	265,87		
Corrente RMS (A)	445,35	430,41	431,37		
VTHD(%)	1,37	1,32	1,17		
ITHD(%)	11,74	12,24	11,24		
kVA	32,72	34,18	34,60		309,39
kW	22,25	24,27	23,53		219,89
kVAr	23,98	24,06	25,36		217,65
Fator de Potência	0,68	0,71	0,68		0,71
Resistência de Aterramento					Ohms

2.5 Parâmetros Elétricos após a Modernização

Tabela 2 - Parâmetros após a modernização.

Grandezas/ Fases	R	S	T	Neutro/Terra	Total
Tensão RMS (V)	267,04	266,85	267,96		
Corrente RMS (A)	99,90	105,00	94,80	/	
VTHD(%)	1,02	1,09	1,09		
ITHD(%)	15,94	14,90	16,98		
kVA	34,47	34,76	34,17		103,40
kW	15,37	15,22	15,52		46,11
kVAr	-32,10	-32,61	-31,58		-56,65
Fator de Potência	-0,58	-0,54	-0,61		-0,577
Resistência de Aterramento					Ohms

2.6 Fator de Potência Antes da Modernização

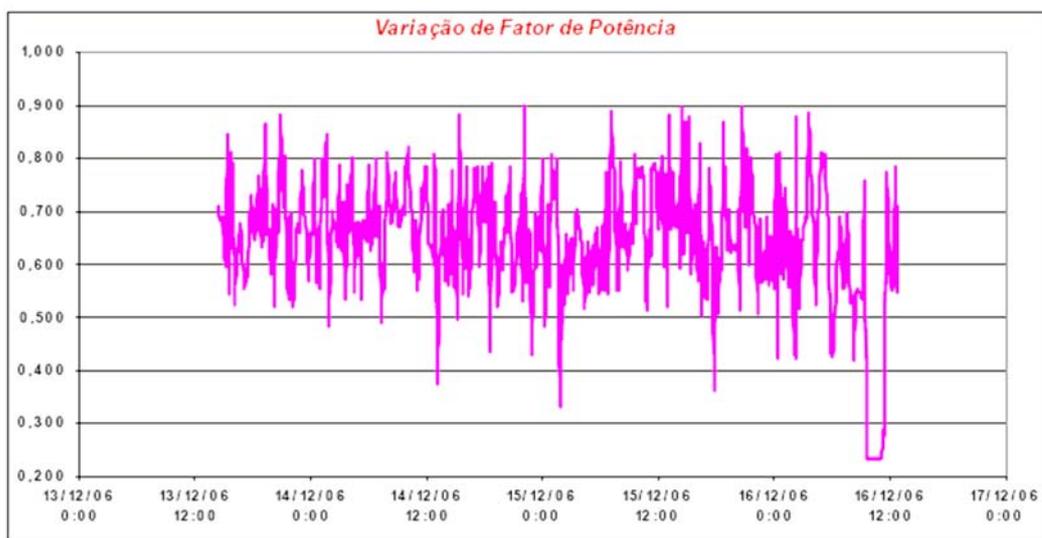


Figura 4- Fator de Potência antes da modernização.

2.7 Fator de Potência após a Modernização

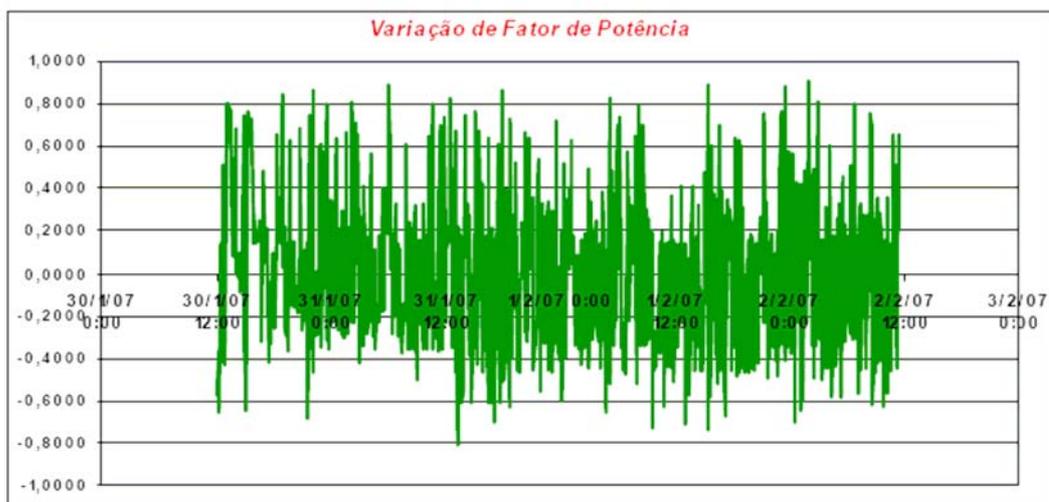


Figura 5- Fator de Potência após a modernização.

2.8 Potência Ativa antes da Modernização

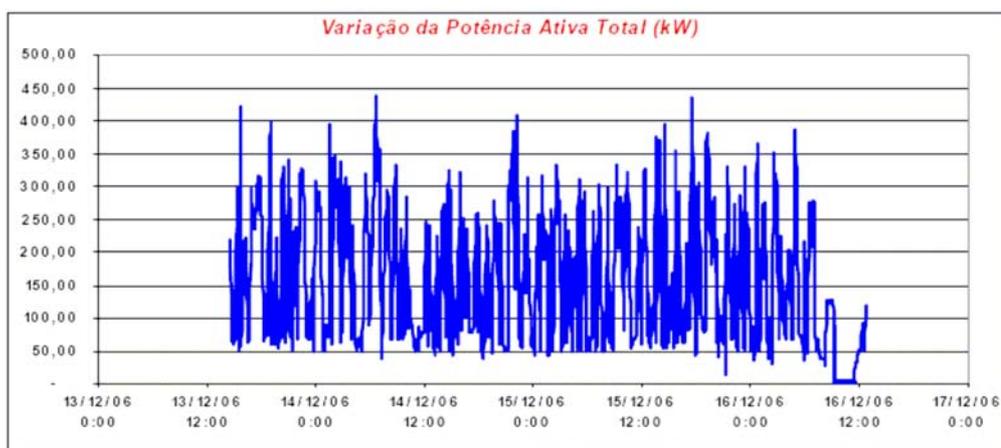


Figura 6 - Potência ativa (kW) antes da modernização

2.9 Potência Ativa após a Modernização

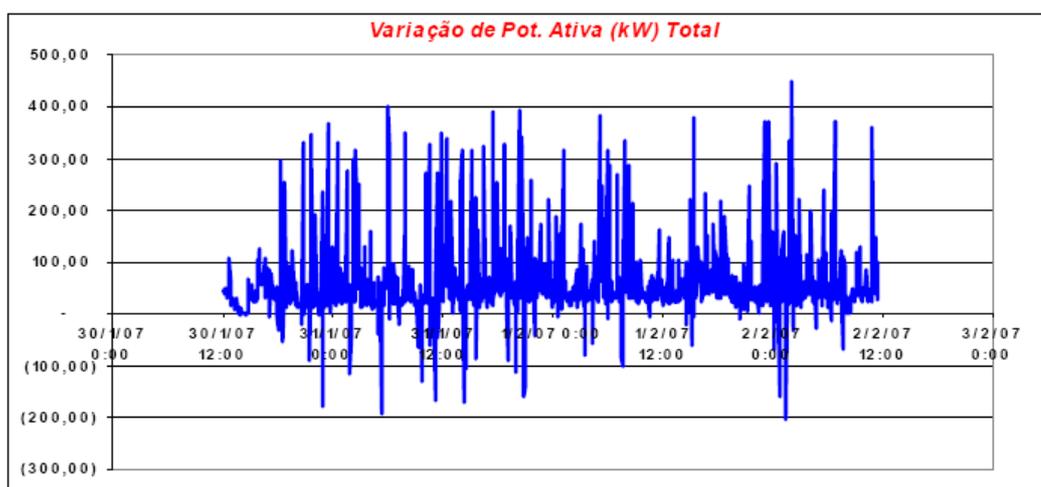


Figura 7- Potência ativa (kW) após a modernização

2.10 Consumo de Energia antes da Modernização
Consumo de Energia período 14/12 a 16/12 = 3981,27 kWh

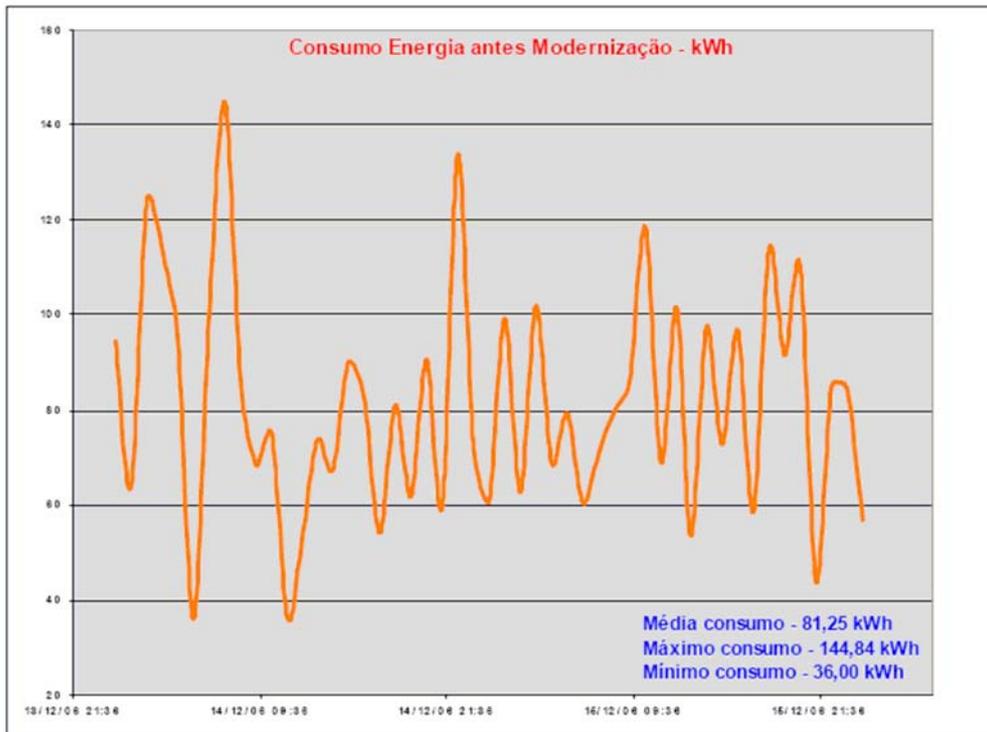


Tabela 8 – Consumo de energia (kWh) antes da modernização

2.11 Consumo de Energia (kWh) após a Modernização
Consumo de Energia período 31/01 a 02/02 = 2293,10 kWh

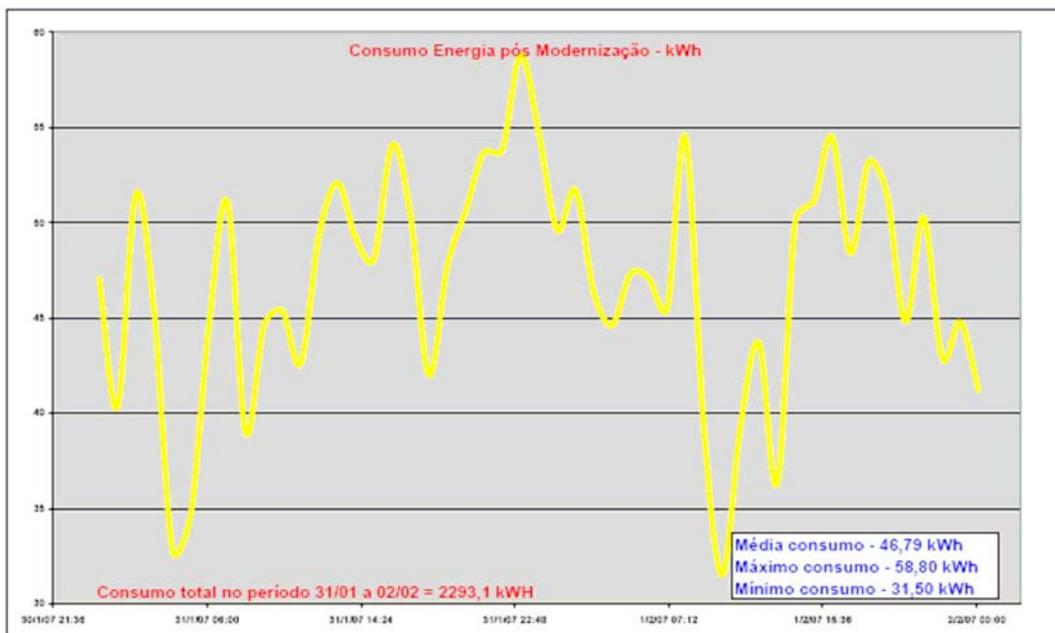


Tabela 9 – Consumo de energia (kWh) após a modernização

3 ANÁLISE DOS RESULTADOS

3.1 Qualidade da Energia

Através das Tabelas 2 e 3 relativas aos parâmetros elétricos antes e depois da modernização, pode-se verificar que as distorções harmônicas totais de tensão, VTHD e de corrente ITHD após a modernização foram pouco alteradas. O ITHD médio entre fases antes da modernização estava em redor de 11,74%. Após a modernização o mesmo passou para 15,94% elevando-se um pouco. O VTHD passou do valor médio de 1,28 para 1,06 apresentando uma pequena redução. Tanto o VTHD como o ITHD estão dentro dos valores esperados para esse tipo de instalação.

O fator de potência passou de 0,71 para -0,57 superando o limite de 0,92 imposto pelas concessionárias de energia.

3.2 Consumo de Energia

Conforme informado nos itens 2.10 e 2.11 os consumos de energia elétrica antes e depois da modernização são como segue:

Tabela 10 – Consumo de energia (kWh) após a modernização

Antes da modernização (14/12 a 16/12)	3.981,27 kWh
Depois da modernização (31/01 a 02/02)	2.293,10 kWh
Redução de consumo	1.688,17 kWh
% de Economia de Energia	42,40 %

A Tabela 10 ilustra a redução no consumo de energia elétrica com a ponte rolante PR004, operando em forma normal durante os dois períodos de medição.

4 CONCLUSÃO

4.1 Considerações

Em termos de qualidade de energia os valores de distorção harmônica foram pouco alterados, podemos então concluir que apesar dos novos acionamentos serem eletrônicos os mesmos atuam como cargas praticamente lineares mantendo o nível de harmônicas dentro dos limites das normas.

A redução do consumo de energia foi considerável alcançando o valor de 42,40%. A redução no consumo foi proporcionada basicamente por três fatores, a substituição dos resistores, variação da velocidade por inversores e elevação do fator de potência. A substituição dos resistores por módulos regenerativos DC5, garantiu que a energia elétrica que era antes “queimada” nos resistores em forma de calor fosse devolvida a rede em forma de energia elétrica. A variação de velocidade para operação da ponte rolante através dos inversores garantiu diminuição no consumo de energia visto que os inversores reduzem a tensão elétrica na mesma proporção que a velocidade é reduzida, assim a potência e o consumo de energia

são reduzidos. A melhoria no fator de potência garantiu um maior aproveitamento no consumo da energia elétrica.

4.2 Conclusão Final

Concluiu-se que a substituição de motores de anéis por inversores de frequência vetoriais e módulos regenerativos para a rede proporcionam um elevada economia de energia. O laudo demonstra que em um período de um ano, o consumo de energia que era de 495.000kWh irá cair para 279.000 kWh, significando uma redução de cerca de 40%, proporcionando a Arcelor Mittal de Juiz de Fora uma redução de 206.000 kWh. Redução essa que poderá sem dúvida ser utilizada no abastecimento de casas e outras industriais reduzindo os impactos ambientais de obtenção de maior energia e ajudando na conservação da qualidade de vida de nosso planeta.