



## Automação na NBR 14768 e o Anexo XIII da NR12

**Carlos Eduardo P. Gonçalves**

PPGEC – Universidade do Vale do Rio dos Sinos;

### RESUMO

Este documento mostra o processo de automação da NBR14768 através dos produtos, Limitador de Carga e Rádio Controle Remoto exemplificando suas características e aplicações discutidas dentro do projeto de lei que poderá intitular-se no futuro como Anexo XIII da NR12. Dentro deste trabalho pode-se detalhar características de funcionalidade para entendimento destes produtos, necessária pela sua inovação tecnológica e contribuição para toda a transformação que este seguimento vem sendo transformado e citado neste trabalho como Anexo XII da NR12, que já solicita tais produtos para uma finalidade específica, mas que neste projeto de lei de transformação desta NBR em Anexo XIII irá normatizar que todo guindaste articulado ou veicular com capacidade superior a 1000 kg ou limite de elevação líquida acima de 40 000 Nm terá obrigatoriedade de possuir sistema Limitador de Carga.

**Palavras-chave:** NBR 14768, Limitadores de Momento de Carga, Rádio Controle Remoto.

### ABSTRACT

This document shows the automation process of the Brazilian Standard NBR14768 through the products Load Limiter and Remote Control Radio giving examples of its features and applications debated in the bill that may be called as Annex XIII of NR12. In this document, the characteristics of functionality can be detailed for a better understanding of these products, needed because of its technological innovation and contribution for the entire transformation of this market segment and has being cited in this document as Annex XII of NR12, which already calls out such products for a specific end, but that in this bill change will make mandatory the existence of Load Limiter for every Articulated or Truck Crane with capacity higher than 1000kg or net elevation limit over than 40.000 Nm.

**Key-Words:** NBR 14768, Load Moment Indicator, Remote Control Radio.



## 1. INTRODUÇÃO

Nos últimos dois anos, a ABIMAQ (Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos), tem se reunido com os fabricantes de guindastes articulados com intuito de implementar à NBR 14768 como anexo XIII da NR12, obtendo assim força de lei, para que este tipo de equipamento seja ofertado ao mercado nacional com aparato técnico suficientemente capaz de tornar a operação mais segura.

O trabalho tem por objetivo mostrar a implementação correta em um guindaste veicular de um Sistema de Limitador de Carga e um sistema de Rádio Controle, mostrando suas virtudes e benefícios no quesito segurança conforme descreve a necessidade deste tipo de equipamentos na NBR 14768.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A NBR 14768 publicada em Julho de 2012, é uma transcrição da Norma Europeia EN 12999 publicada em 2006, mesmo que esta já tenha uma nova revisão publicada em 2011. Com isso buscou-se na indústria de fabricação de guindastes articulados implementar-se a concepção de segurança oriunda de países mais desenvolvidos.

Uma das principais questões foi atender o item 5.6 da NBR citada (Dispositivos limitadores e indicadores), onde refere-se que todo equipamento com capacidade de carga superior a 1000 kg ou limite de elevação líquida acima de 40 000 Nm devido a carga <sup>(1)</sup> invariavelmente necessite de dispositivo limitador de carga.

Da mesma forma o item 5.8.1 Generalidades, letra (c), refere a utilização de sistema de controle remoto <sup>(1)</sup>, que também é fruto de estudo na aplicação deste trabalho, sendo um ponto de grande impacto positivo na operação como um todo

Existe hoje somente 3 fabricantes de Limitadores de Carga no mercado nacional, onde neste trabalho será exemplificado e apresentado o produto somente da empresa líder de mercado como uma forma de apresentar as soluções e informar os conceitos que fazem-se necessários pela construção normatizada deste produto.



Existem Limitadores de carga hidráulicos e eletrônicos, neste trabalho focaremos em apresentar os limitadores eletrônicos que possuem confiabilidade e configuração para as mais variadas demandas que podem necessitar-se como indicado no item 5.6.1.2 <sup>(1)</sup>

### **3. METODOLOGIA**

Para atendimento do propósito pelo qual este documento busca atender, precisamos entender inicialmente que muitos dos acidentes com guindastes articulados são consequências de falhas operacionais, seja pela falta de verificação das condições de nivelamento e estabilização, seja pela falta de conhecimento da carga e principalmente seu peso.

Será demonstrado inicialmente dados conhecidos, recebidos como fonte pela SOBATEMA (Associação Brasileira de Tecnologia para Construção e Mineração), órgão este responsável por capacitar mais de 200 operadores de Guindastes/ano e principalmente de ter como afiliados grandes construtoras e locadores de guindastes do Brasil, sendo uma referência no seguimento de movimentação de carga.

Posteriormente será demonstrada a funcionalidade de um sistema de Limitador de Carga, conhecido internacionalmente como LMI (Load Moment Indicator) na Figura 1, suas particularidades Figuras 2, 3 e 4, e suas aplicações Figura 5, assim como sistema de Rádio Controle para guindastes Figuras 6, 7 e 8.

Em julho de 2014, a revista Crane Brasil publicou uma tabela informativa como fonte o órgão governamental Sobratema, indicando o número de acidentes dentro de construções pelas quais existem afiliados da mesma, estas construções estão englobando todos aquelas grandes obras estruturais denominadas de PAC, incentivadas pelo Governo Federal onde temos as grandes construtoras como empreiteiras e que possuem os mais variados tipos de Guindastes. Porém nossa atenção é focar somente nos Guindastes articulados, foco de nossa pesquisa para atendimento à NBR 14768.



Tabela 1 – Acidentes com Guindastes veiculares em obras do PAC <sup>(3)</sup>

Ano	N. de Acidentes	Tipo de Guindaste	Motivo acidente	
			Estabilidade	Colapso Mecânico
2012	63	articulado	49	14
2013	55	articulado	47	8

Em 2012 77% dos acidentes com guindastes articulados foram causados por questões de estabilidade, neste item pode ser acrescentado questões de falta de estudo e conhecimento do solo muitas vezes onde será feito a estabilização da máquina, assim como a falta de monitoramento de todos os estabilizadores estendidos por imprudência do operador, e até mesmo a falta de conhecimento da carga içada com raios de operação perto do limite da máquina, onde o fator estabilidade é mais sensível do que a própria estrutura mecânica do guindaste. Em 2013 os números melhoraram em relação ao número global de acidentes, porém o percentual referente a estabilidade passaram de 85%, se compararmos que no mesmo período em obras da Alemanha ocorreu apenas 1 acidente devido a estabilidade de Guindastes, não somente levando em consideração guindastes veiculares (articulados) mas também Truck Cranes (guindastes de grande capacidade auto-propelidos)<sup>(3)</sup>.

Entendendo estas demandas operacionais e de segurança, aliado a publicação da NBR 14768, e os Grupos de estudo para transformarem está em Anexo XIII da NR12, empresas como a Load Control Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos, focaram em trabalhar neste nicho, especializando-se em sistemas de monitoramento de carga para guindastes veiculares e comercialização de linha de rádio controle com a mesma finalidade.

Um Limitador de Carga para Guindastes articulados precisa respeitar as seguintes premissas:

- Limita a carga do guindaste, de forma que opere dentro do gráfico de carga.
- Pode ser instalado em qualquer modelo de guindaste articulado.



- Funções inteligentes: ao chegar no limite de carga permite o operador realizar movimentos que façam o guindaste voltar para dentro do gráfico de carga conforme NBR <sup>(1)</sup>.

Na figura 1, podemos verificar a analogia de como funciona um sistema limitador de carga, onde a concepção de braço de alavanca que conhecemos para aumentar esforço, ou momento de carga, ou torque para afrouxar um parafuso pela extensão de uma chave de boca, possui a mesma concepção teórica fisicamente de uma lança de um guindaste articulado, onde todo movimento que aumente seu raio de operação (distância do centro de giro ao centro da carga içada), conseqüentemente aumenta o esforço (momento de carga -  $mt$ ), logo as pressões dos cilindros de elevação e inclinação recebem todo o esforço internamente, conseqüentemente podendo-se monitorar estas pressões como ferramentas de controle.



Figura 1 – Analogia de como funciona um Limitador de Carga

Com auxílio de dois sensores transdutores de pressão, capazes de transformarem a pressão interna dos cilindros citados em outra grandeza, capaz de leitura dos instrumentos eletrônicos, através de sua variação de corrente elétrica entre 4 e 20mA, a central eletrônica do Limitador de Carga é capaz interpretar as pressões pré programadas no momento da calibração, onde coloca-se o guindaste em uma condição limite de sua tabela comercial, com um peso padrão conhecido para içamento, setando neste momento que esta carga é limite máximo naquele ponto, logo a central eletrônica guarda em memória as pressões dos cilindros de elevação e inclinação para que estes monitorem a partir deste momento suas pressões máximas de trabalho, tendo assim em



sua programação alertas de capacidade pré-estabelecidos em programação para demonstrarem índices de percentuais de limite de carga com 60%, 70%, 80%, 90% e 100% junto ao display da central eletrônica do Limitador de Carga.

Conforme indicado pela norma técnica supra citada, o sistema deve possuir uma central eletrônica capaz de atender as premissas acima, assim como ter indicativo luminoso tipo coluna luminosa, onde com até 70% da capacidade estará indicado pela cor verde, entre 70% e 90% estará indicado pela cor amarelo de atenção, e ao chegar 100% da tabela, este entrará em posição de bloqueio acendendo a luz vermelha da coluna luminosa. A figura 2 indica uma lógica de guindaste com sistema LMI e coluna luminosa citada acima.



Figura 2 – Central LMI montada em Guindaste articulado com coluna luminosa

Outro ponto importante a salientar no funcionamento do sistema Limitador de Carga é a necessidade de monitoramento do ângulo de ação do sistema de lança em relação ao horizonte, indicada pela figura 3 onde dependendo da forma com que o mesmo esteja pode-se interferir no tamanho do raio de operação, que como citado acima já foi visto que influencia diretamente no momento de carga do guindaste.

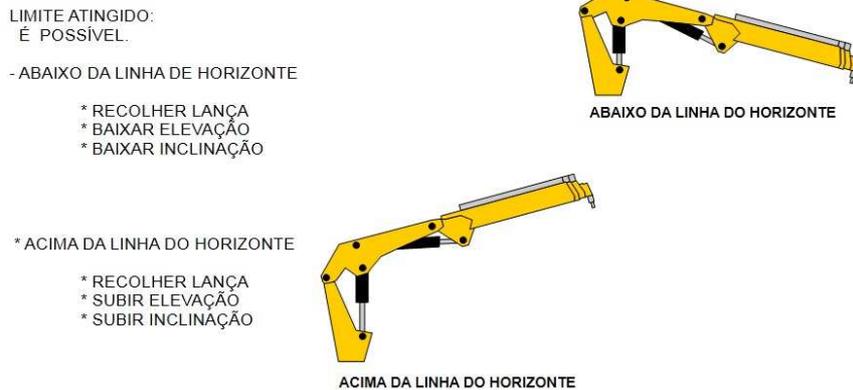


Figura 3 – Relação entre ângulo de lança e controle de carga <sup>(4)</sup>

Demonstrando a figura 3, pode-se avaliar as funções aplicáveis aos movimentos de acordo com a posição da lança, estando acima ou abaixo da linha do horizonte, influencia diretamente na capacidade do momento de carga.

O bloqueio do sistema Limitador de Carga é dado por um sistema de ventagem hidráulica, que nada mais é do que uma válvula eletro hidráulica incorporada ao comando ou independente que possui uma ligação da linha de pressão hidráulica com a linha de tanque, retirando assim a pressurização do comando impossibilitando os movimentos do guindaste, a figura 4 mostra este sistema de ventagem.

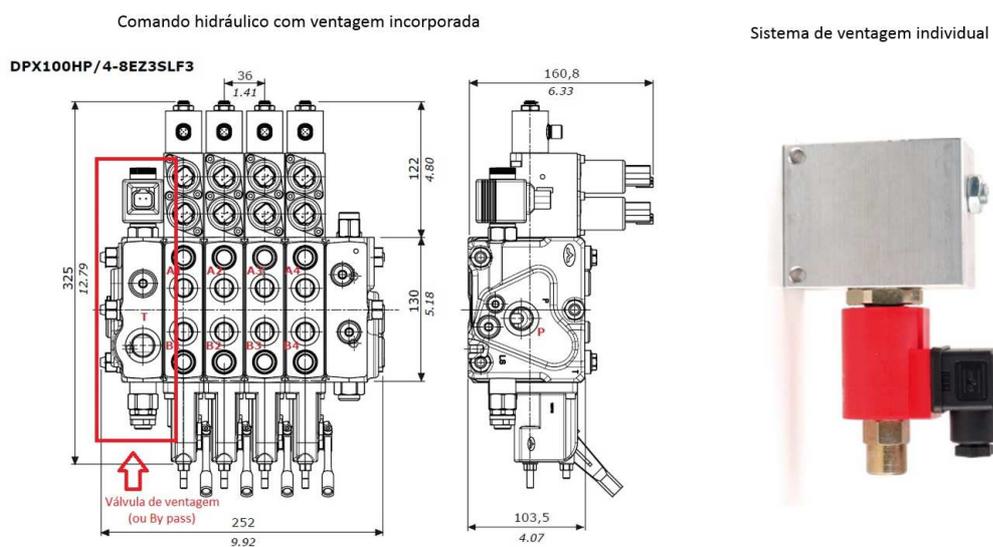


Figura 4 – Sistemas de ventagem hidráulica



### 3.1 Particularidades de um Limitador de Carga

Todos os movimentos que possibilitem a redução de momento de carga no guindaste devem estar sempre disponíveis<sup>(1)</sup>, para atender esta premissa é necessário o monitoramento das alavancas do guindaste articulado para saber quais os movimentos que possibilitam o aumento da capacidade, ou seja, momento de carga. Todos os movimentos que possibilitam a diminuição do raio de operação através do monitoramento das seguintes alavancas de operação: cilindro de elevação, cilindro de inclinação e extensão de lança, serão os movimentos chaves capazes de atender a diminuição do raio em uma determinada configuração de posição do guindaste articulado.

Para o monitoramento das alavancas de comando, existem sensores chamados de feedbacks montados nos comandos hidráulicos capazes de enviarem sinais elétricos ao limitador de carga, com isso a central eletrônica é capaz de processar a informação de qual alavanca está sendo operada e principalmente entender se este movimento permite ou não aumento de capacidade de carga, liberando assim sua operação. A figura 5 mostra um comando hidráulico dotado de sistema

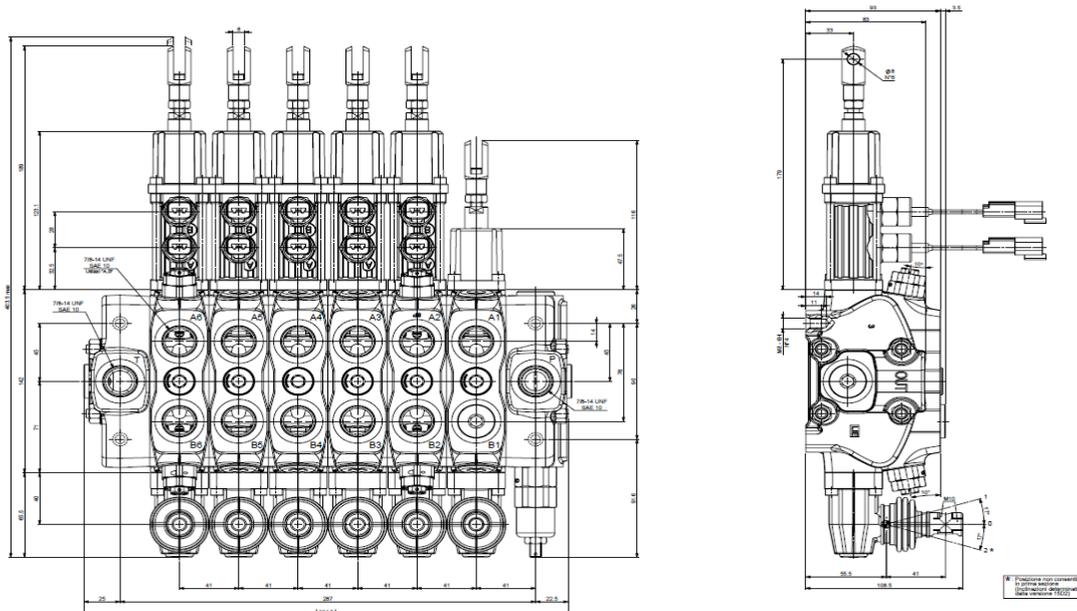


Figura 5 - Comando eletro-hidráulico com sistema de Feedback

A figura 5, mostra sistema de sensores com micro switches internos para utilização do feedback, porém em equipamentos antigos com necessidade de adaptação de feedbacks, no chamado retrofiting utiliza-se sensores indutivos com adaptação de abraçadeiras para indicar o sentido do movimento das alavancas de comando, demonstrado pela figura 6.

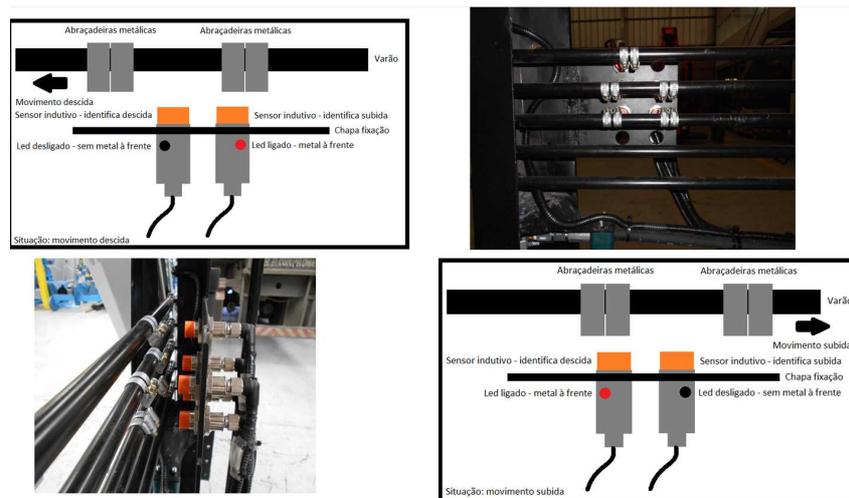
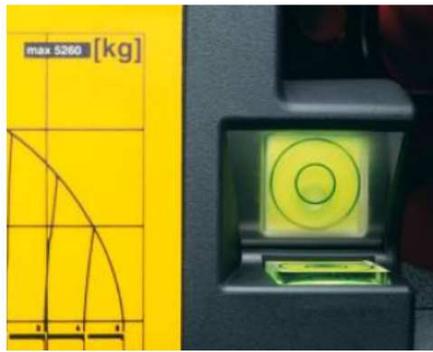
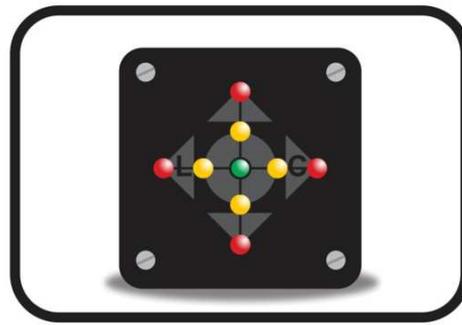


Figura 6 – Instalação de Feedbacks em retrofiting

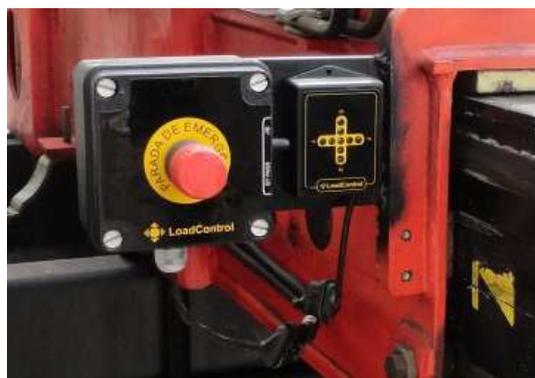
Uma particularidade importantíssima de ser discutida neste documento é a integração nos sistemas LMI de integração com controle de nível dos guindastes, através de controle em dois eixos x e y, monitorando assim a inclinação longitudinal e transversal do guindaste após sua estabilização. Os fabricantes de guindastes projetam seus equipamentos através de estudos de estabilidade para desenvolvimento de sua tabela comercial, logo torna-se fundamental tal controle de inclinação.

Atualmente guindastes que trabalham com cestos acoplados, conforme Anexo XII da NR12<sup>(5)</sup>, são obrigados a terem sistema indicativo de nível, estes podendo ser tipo bolha ou mesmo eletrônicos, que possuem maior eficiência e podem gerar alarmes visuais e sonoros, transmitindo maiores seguranças, a figura 7 demonstra as opções de indicação de nível tipo bolha hidráulica ou bolha eletrônica com dispositivo eletrônico incorporado no Limitador de Carga.

*Indicador de inclinação**Indicador de inclinação eletrônico**Figura 7 – Opções de indicadores de nível*

Limitadores de Carga com inclinômetro incorporado são sistemas mais robustos e proporcionam maior segurança pela complexidade de monitoramento de carga e inclinação do sistema indicando ao operador quando ocorrer qualquer operação fora dos limites pré-estabelecidos. Os fabricantes de Guindastes articulados divulgam suas tabelas comerciais de carga com variação de nível máximo de 5 graus.

Nos equipamentos implementados pelos fabricantes de Limitadores de Carga, para atendimento dos quesitos de segurança, junto aos comandos de nivelamento em ambos os lados do guindaste, adapta-se sistemas de emergência juntamente dos níveis eletrônicos conforme figura 8, para que no momento do nivelamento havendo qualquer necessidade esteja o sistema de emergência com total facilidade de intervenção.

*Figura 8 – Sistema de emergência com indicador de nível junto aos comandos de estabilização*

A NBR 14768, cita a necessidade de controle de nível no item 5.6.1.4, portanto a implementação desta NBR como um possível anexo XIII trará ao mercado de guindastes



pela caracterização de força de lei, equipamentos sendo implementados com inclinômetro e Limitador de carga como solução OEM em equipamentos com capacidade superior a 1000kg.

Outra particularidade fundamental dos sistemas de Limitador de Carga que vem de encontro a estabilidade do guindaste, é seu monitoramento de giro. Os fabricantes ao divulgarem suas tabelas comerciais muitos deles proporcionam tabelas únicas em todo o giro da máquina (360 graus), porém alguns equipamentos e fabricantes indicam capacidades reduzidas quando o guindaste trabalhar na frente da cabine do caminhão. Para este tipo de controle é disponibilizado pelo sistema Limitador de Carga sensores indutivos para monitorar quando o giro está atuando na região citada, neste ponto é criado um ajuste de redução percentualmente sobre sua capacidade de carga, reduzindo assim a capacidade na zona citada.

Com o mesmo controle utilizado para controle de giro, pode-se monitorar opcionalmente o percentual de abertura das vigas horizontais dos estabilizadores, proporcionando assim condições também distintas de estabilidade através de estudos de engenharia desenvolvidos pelos fabricantes de guindastes, configurável no Limitador de Carga para monitoramento.

Além das condições até aqui mencionados como particularidades, o Limitador de Carga é ainda uma caixa preta operacional da operação, através do processamento das ações, gerenciando suas operações em tempo real com sistema de hora e data capaz de inclusive possuir sistema de login para operador ser identificado através de sua senha de operação. Os registros podem ser posteriormente extraídos pelo software de integração, figura 9, através de um computador emitindo relatórios gerenciais capazes de identificar, prevenir e monitorar operações.



Figura 9 – Software de integração do Limitador de Carga com computador

### 3.2 Sistema de Rádio Controle Remoto

Outro ponto chave de automação dos processos indicados pela NBR 14768, é a citação de utilização de sistema de Rádio Controle Remoto na letra “c” do item 5.8.1, onde controle remoto poderá ser usado como operação.

Sistema de controle remoto na operação de guindastes passa a ser um pouco vulnerável pela norma sua utilização, hoje no Brasil não existem grandes exigências formalizadas quanto a construção dos mesmos, tendo no mercado nacional diversos modelos dos mais variados fabricantes com as mais variadas certificações. A não especificação de certificação no Brasil, mostra a vulnerabilidade desta aplicação, onde algumas obras exigem única e exclusivamente uma certificação da ANATEL, que nada mais é do que uma certificação de faixa de frequência de operação tão somente. Se compararmos com mercado Europeu existem hoje sistemas com certificação SIL3, CAT4 e PLe em sistemas de Rádio, como os ofertados no mercado nacional pela Load Control, distribuidor autorizada da marca italiana de sistemas de Radio controle IMET conforme figura 10.



*Figura 10 – Radio Controle IMET*

Mesmo com toda esta falta de exigências e falhas de indicação técnica, os fabricantes de guindastes, tem tido responsabilidade técnica com suas implementações colocando sistemas de controle remoto que atendem requisitos internacionais, como forma de garantir sua qualidade independente da falha em nossa documentação.

Vantagens operacionais quanto agilidade e segurança são visíveis na operação pois o operador possui a capacidade de estar perto da carga muitas vezes identificando se material de içamento esta corretamente conectado a carga, assim como verificar com maior precisão os movimentos não dependendo de sinalização de uma segunda pessoa, gerando possíveis ruídos de comunicação.

Para utilização de sistemas de controle remoto é fundamental a utilização de comandos eletro-hidráulicos proporcionais, figura 11, capazes de possuírem a sensibilidade compatível com o movimento dos joysticks do sistema de rádio.



DPX100HP/4-8EZ3SLF3

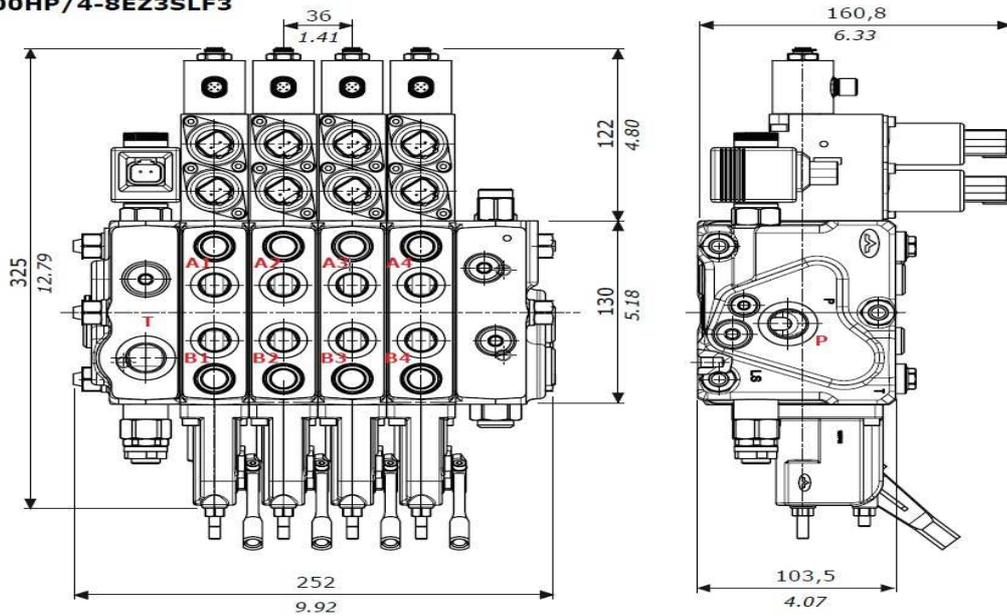


Figura 11 – Comando eletro-hidráulico proporcional

Assim como demonstrado no Limitador de Carga, existem também sistemas retrofit para sistemas de controle remoto, onde equipamentos que não possuem comandos eletro-hidráulicos podem receber um sistema de comando em paralelo atuando sobre as alavancas mecânicas proporcionando assim uma solução inovadora de fácil adequação transformando um sistema operacional por controle remoto em 5 horas de implementação, chegando a ser até 5x menor o tempo de instalação caso fosse substituído o comando hidráulico manual por comando eletro-hidráulico proporcional.

A figura 12 mostra o KIT retrofit para guindastes articulados, já na figura 13 sua implementação no guindaste.



Figura 12 – Kit retrofiting para sistema de rádio controle remoto



Figura 13 – Implementação de retrofiting em guindaste articulado

## RESULTADOS

Os processos até aqui mostrados neste artigo, estão sendo implementados em mais de 70% dos fabricantes de guindastes articulados, pois algumas obras como Petrobrás e Vale do Rio Doce, possuem sistemas de SMS que possuem exigências além das NRs em vigor, tendo suas próprias políticas e muitas vezes estas embasadas pelas NBRs, contudo dentro destes processo, seja no retrofiting ou em máquinas novas através de soluções OEM, limitadores de carga com e sem inclinômetros estão sendo cada vez mais implementados, assim como sistemas de rádio controle.



Como atendimento a demonstração de resultados, a Vale do rio Doce implementou sistema que todos os guindastes deverão atender NBR14768, assim como algumas outras exigências como medidas de salva guarda para deslocamento dos guindastes, além das especificadas por este projeto de lei.

A Load Control instalou na obra de Itabirito –MG (Obra Vale do Rio Doce) 30 sistemas de controle remoto tipo retrofiting e sistemas limitadores de carga com inclinômetro até final de 2013 para Grupo ENESA Construtora, estes 30 equipamentos trabalhavam com operador e ajudante, este responsável por sinalizar e ser responsável pela amarração da carga para o operador. Com as informações de Novembro de 2014 durante todo ano corrente, não houve nenhum incidente com estes equipamentos, tendo seus sistemas de limitação de carga e nível 100% atuantes, além disso pela utilização do sistema de rádio controle desde Fevereiro de 2014 não mais se trabalhou com ajudantes na operação, sendo o operador responsável pela amarração da carga e pela possibilidade de operar junto a carga, não mais tendo a necessidade de sinaleiro na operação. Segundo o Grupo Enesa, além dos resultados de segurança, logísticos e de eficiência, questões de custo operacional e trabalhista foram substancialmente desvinculados desta operação.

Outro case importante salientar é a questão de rastreabilidade de operação, onde fabricantes estão conseguindo debater condições de garantia por mau uso do equipamento muitas vezes adquirido para operações subdimensionadas, tendo assim argumentos importantes com os clientes reduzindo custos até aqui passíveis de discussão por falta de informação confiável para argumentação.

#### **4. CONCLUSÃO**

A conscientização de que mesmo que esta NBR aqui estudada não venha a se tornar o Anexo XIII da NR12, sabe-se que estes dispositivos automatizados possuem substancial benefício à operação e principalmente a segurança da mesma, portanto o objetivo deste trabalho é demonstrar que áreas até aqui pouco exploradas como a operação de guindastes articulados, vem tendo maior notoriedade no quesito segurança e as inovações tecnológicas devem nos próximos anos trazer soluções cada vez mais



inovadoras para este seguimento até os dias de hoje carente deste tipo de trabalho. Deve-se salientar o projeto de lei aqui estudado partindo dos fabricantes de guindaste, discutindo as reais necessidades entendendo que dispositivos de segurança, são sim benefícios para toda a cadeia de movimentação de carga mesmo que torne os produtos um pouco menos viáveis financeiramente mas que em contra partida traga a operação benefícios incalculáveis como a vida humana.

## 5. REFERÊNCIA

- (1) NBR 14768 Publicada em Julho de 2012.
- (2) Crane Brasil – ano IV – N. 36 / Setembro de 2014
- (3) Crane Brasil – ano IV – N. 34 / Março de 2014
- (4) Manual de Limitador de Carga LNR2000 Load Control Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos
- (5) ANEXO XII NR12 – item 3.1 (n)