

ANALISE DE CUSTO BENEFÍCIO PARA CARREGADEIRAS COM TRANSMISSÕES QUE PERMITEM REVERSÕES.

Ralfe de Oliveira Borges¹, Júlio Chaves Câmara², Emanuel Benício de Almeida Cajueiro³

¹SENAI CIMATEC – Centro Integrado de Manufatura e Tecnologia
E-mails: ralfeborges@gmail.com, jcamara@fieb.org.br, emanuel.cajueiro@fieb.org.br

ABSTRACT

This paper studies the economic impacts caused by the use of transmission systems designed for large machines. To this end, the data collected fuel consumption and maintenance of a weight loader 20 tons and 9 tons load capability that had integrated control system and how loaders the same as that lacked this system. The results show the importance of the system in order to avoid premature damage to the vehicle transmission, increase energy efficiency, and increase the driver's agility in practice the task, all associated with a better performance of the equipment generating a fuel consumption smaller. For this to happen there is an automation system connected through the CAN network, which makes the interaction between the three basic concepts for all this to happen, and that will be applied and detailed in this article. The first is the concept of using the braking power converter lockup that makes the mechanical coupling between the pump torque converter turbine and the free wheel stator ceasing to be a system that generates power through the oil pressure and going to be a mechanical coupling, then the braking concepts for software functions and rbb (by reverse break), which through pre-programmed software logic, there are always driven movement in the fore and aft causing the levers the brakes automatically function until you reach the safe speed and do not damage the component.

Keywords: rbb; brake control; power converter;

RESUMO

O presente trabalho estuda os impactos econômicos ocasionados com o uso de sistemas na transmissão, desenvolvido para máquinas de grande porte. Para isso, coletou-se os dados de consumo de combustível e manutenção, de uma Carregadeira de peso 20 toneladas e capacidade de carga de 9 toneladas que possuíam o sistema de controle integrado e das carregadeiras como a mesma que não possuíam este sistema. Os resultados mostram a importância do sistema, a fim de evitar danos prematuros a transmissão do veículo, aumentar a eficiência energética, além de aumentar a agilidade do condutor na prática da tarefa, tudo isso associado a um melhor desempenho do equipamento gerando um consumo de combustível menor. Para que isso ocorra existe um sistema de automação conectado por meio da rede CAN, que faz a interação entre os três conceitos básicos para que tudo isso ocorra, e que serão aplicados e detalhados neste artigo. O primeiro deles é o conceito de frenagem utilizando o conversor de torque com *lockup* que faz o acoplamento mecânico entre a bomba do conversor de torque, turbina, e o estator de roda-livre deixando de ser um sistema que gera

força através da pressão do óleo e passando a ser um acoplamento mecânico, em seguida os conceitos de frenagem por funções de *software* e *rbb(reverse by break)*, que através de lógicas de software pré programadas, são acionadas sempre que há movimento nas alavancas de frente e ré fazendo que os freios funcionem automaticamente até chegar na velocidade de segurança e não danificar o componente.

Palavras-chaves: *rbb*; controle de frenagem, controle de torque,

1. INTRODUÇÃO

Com todos estes sistemas integrados serem demonstrados os benefícios desta transmissão com possibilidade de reversão, e como o seu principal objetivo o baixo consumo de combustível, mas além dele existe o menor desgaste do componente, maior conforto na operação e maior produtividade na operação. O comparativo entre os dois tipos de transmissão serão mostrados através gráficos, com informações coletadas das máquinas em operação.

É muito comum entre as carregadeiras de grande porte com seu sistema de transmissão comum, ou seja, sem reversão automática, também chamada de *powershift* ter diversos problemas que impactam no aumento do custo de sua operação, com isso faz seu equipamento gerar um alto custo benefício.

Problemas com ergonomia, devido aos trancos dados na transmissão, geram grande desconforto para o operador, fazendo com que o mesmo se canse mais rápido e acabe diminuindo seu ritmo de operação, gerando prejuízos para a produção. Outro fator de desvantagem nos equipamentos sem o sistema de reversão automática é devido a utilização de conversor de torque pois o funcionamento dele começa desde partida do equipamento e mesmo ele parado existe consumo de energia, gerando uma perda de 20% no consumo de combustível final. Outro fator de preocupação é o desgaste ou quebra prematura da transmissão, devido a operação inadequada da máquina. Isto porque equipamentos com este tipo de transmissão não permitem que sejam feitas reversões com velocidade acima de 18km/h, e quando feitas seus componentes sofrem desgastes podendo até chegar a perda total causando um prejuízo que equivale a 30% do valor total do equipamento.

1.1 Sistema de Controle para Reversões

Este sistema tem como principal função evitar danos prematuros no componente através de reversões sem trancos na transmissão, gerando um conforto maior ao operador fazendo com que o operador produza mais sem impacto ergonômico, assim como, melhorar o desempenho do equipamento devido a um sistema mais ajustado e controlados por sistemas embarcados que comandam e gerenciam seus componentes, através de rede *CAN* tomando suas aplicações com os menores números de erros possíveis o que trazem como um dos maiores benefícios o menor consumo de combustível, isso ocorre devido a interação entre 3 componentes, que são, *rbb(reverse by brake)*, o conversor de torque com *lockup* e as funções de *software*.

(Powertrain, V. C., 2011), (Liu, S., 2002), (Talbot, S. C. e Ren, S. 2009), (André L. M. Santana, Rafael de Santiago 2014), (Edson Luciano Duque, 2010).

1.2. RBB (*Reverse by Break*)

O *rbb* usa o freio da roda (eixos) para frear a máquina durante a mudança de direção. No momento em que a reversão é solicitada o equipamento começa frear automaticamente, o módulo do *rbb* manda um sinal para os sensores de freios das rodas (eixos) onde monitoram a velocidade do equipamento, no momento em que a máquina chegar a uma velocidade de segurança onde o componente não possa ser danificado, é enviado um sinal para o módulo *rbb* informando que já pode ser feita a reversão, logo em seguida ocorre a mudança de sentido, o mesmo garante que seja feita uma reversão suave e sem trancos ao componente. O *rbb* é ativado quando a mudança de direção (frente/ré e ré/frente) é solicitada e a velocidade da máquina fica acima de 4,5 km/h (2,53 m/h). Durante a frenagem, a transmissão é desengatada ao mesmo tempo em que o pacote de embreagem é preenchido para a marcha solicitada, todos os pacotes são acionados através de *pwm* a qual irá fazer simultaneamente o preenchimento do pacote que irá ser utilizado na ocasião e a drenagem do pacote que deixará de ser usado. Tudo isso gradativamente através de RAMP. (Powertrain, V. C., 2011), (Edson Luciano Duque, 2010).

Se a temperatura do óleo do eixo se tornar muito alta, a máquina é freada com a transmissão e não com o *rbb*, quando a reversão for solicitada o alerta para a alta temperatura do óleo do eixo será ativado, como informação de que a frenagem está sendo feita pela transmissão e não pelo *rbb*. (Powertrain, V. C., 2011), (Edson Luciano Duque, 2010).

A unidade de controle do veículo deve desativar o *rbb*, antes que a velocidade de saída da transmissão atinja zero, pois o *rbb* só é ativado a partir de 4.5 Km/h, além do que, a máquina não precisa frear totalmente para fazer a reversão. (Powertrain, V. C., 2011), (Edson Luciano Duque, 2010).

1.3 Conversor de Torque com *Lockup*

O conversor de torque tem a capacidade de multiplicar o torque, e geralmente está associado a uma ou duas embreagens de fricção nas caixas de câmbio automáticas. Assim, se consegue uma perfeita progressividade, e uma relação de multiplicação progressivamente variável dentro das faixas de velocidades da caixa de câmbio. (Rache, Marco, 2004), (Powertrain, V. C., 2011), (Felipe Maciel Dias, 2010).

A Figura 1. Mostra o funcionamento do Conversor de Torque.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

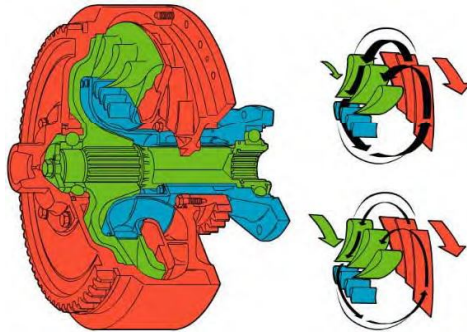


Figura 1. Funcionamento do Conversor de Torque (Powertrain, V. C., 2011).

As palhetas vermelhas designam o propulsor que é dirigido pelo motor, ou seja, as setas vermelhas mostradas mostram o sentido de rotação. Já as palhetas verdes designam a turbina que conecta a transmissão. Finalmente as palhetas azuis designam o estator (parte fixa do eixo de acoplamento entre a transmissão e o motor), enquanto as setas pretas indicam o fluxo por onde passa o óleo. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

O propulsor e turbina pode girar livremente e individualmente, se nós imaginarmos que o conversor de torque é completamente preenchido com óleo e o propulsor (motor) está rodando, o óleo irá fluir como indicado nas setas mais estreitas. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

Como a turbina é algo estacionário (imóvel), praticamente toda a energia cinética que o óleo recebe, vem do propulsor. Quando o óleo retorna para o propulsor, o mesmo recebe aproximadamente 3 vezes mais energia cinética (quantidade de trabalho que teve que ser realizado sobre um objeto para modificar a sua velocidade (seja a partir do repouso - velocidade zero - seja a partir de uma velocidade inicial). Na velocidade máxima do óleo o torque da turbina consequentemente será também 3 vezes maior que o torque suprido pelo propulsor. Quando a velocidade da turbina finalmente equipara-se a velocidade do propulsor o aumento de torque é praticamente zero (setas menores). (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

Se imaginarmos que o conversor de torque está cheio de óleo e o rotor da bomba gira, o óleo fluirá como indicado pelas setas. Se a turbina estiver estacionária, quase toda a energia cinética que o óleo receber do rotor da bomba será retida. Quando o óleo retorna ao rotor da bomba, recebe um aumento aproximado de 3 vezes na energia cinética. Na velocidade máxima do óleo, o torque da turbina será três vezes maior do que o torque fornecido pelo rotor/motor da bomba. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

Quando a rotação da turbina é igual à do rotor da bomba, o aumento do torque é quase nulo. Quando a velocidade do rotor da bomba é elevada e a turbina está estacionária ou gira lentamente, a corrente de Foucault é a mais elevada, tal como o aumento do torque. Quando a

rotação do rotor e da turbina da bomba é quase idêntica, as correntes de *foucault* são as mais fracas e assim, o aumento do torque é mínimo. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

Para impedir perdas no conversor de torque quando este não for necessário, por exemplo, durante a operação de transporte a velocidade constante ou quando a máquina se mover facilmente, você poderá conectar o rotor da bomba e o rotor da turbina usando a embreagem direta, a função de bloqueio. O bloqueio do rotor da bomba com o rotor da turbina significa que a perda de energia é eliminada e o consumo de combustível diminuído. (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

A Figura 2 mostra os componentes do conversor de torque em que:

- Entrada de potência - Rotor da bomba;
- Espaço entre o rotor da bomba e o rotor da turbina;
- Eixo da turbina;
- Canal para a pressão do óleo da função de bloqueio e da lubrificação;
- Estator com roda livre;
- Rotor da bomba;
- Rotor da turbina;
- Lockup*.

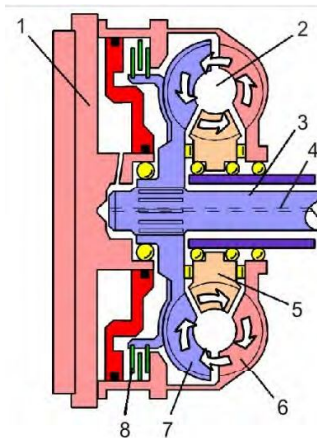


Figura 2. Partes do conversor de torque. (Powertrain, V. C., 2011).

Em transmissões com o uso de conversor de torque normalmente existe, algum escapamento de óleo entre as pás do impulsor e da turbina, o que representa desperdício de energia, portanto maior consumo de combustível, porém com o conceito de reversões existe um componente chamado de *lockup* o qual faz com que esta perda seja minimizada. (Rache, Marco, 2004), (Powertrain, V. C., 2011), (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

O *lockup* recebe as informações dos sensores de velocidade do motor e de velocidade da turbina quando os mesmos estão com a velocidade próxima a igual, a controladora do veículo manda a informação para a válvula proporcional direcional que tem como função a de lubrificar quando a mesma não está ativada e ativar o *lockup*, fazendo com que o fluxo enviado pela bomba da transmissão seja direcionado para ele que fica acoplado junto com o conversor de torque, com isso os discos de fricção do sistema são ativados fazendo com que trave a bomba do conversor de torque, turbina (embreagem direta), e o estator de roda-livre, deixando de ser um sistema que gera força através da pressão do óleo e passando a ser um acoplamento mecânico. (Rache, Marco, 2004), (Powertrain, V. C., 2011), (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

O conversor do torque é provido de uma válvula de segurança. Quando a válvula de segurança se abre, o óleo excedente é levado de volta para o tanque (cárter da transmissão). Quando o *lockup* é acoplado a velocidade do motor diesel vai se igualar com a velocidade da turbina, ou seja, através do sensor de velocidade do eixo virabrequim e do sensor de velocidade da turbina, pode-se monitorar um eventual patinamento, a controladora do veículo recebe os sinais da controladora do motor a qual envia o sinal do sensor de velocidade do motor, e compara com o sinal enviado pelo sensor de velocidade da turbina, caso os mesmos sejam diferentes ela interpreta como uma falha mecânica e mostra no Painel de instrumentos através da controladora do painel. Pode-se notar que devido ao acoplamento mecânico, a velocidade da turbina e do propulsor não tem qualquer escorregamento, caracterizando uma ótima eficiência e conseqüentemente uma diminuição no consumo de combustível. (Rache, Marco, 2004), (Powertrain, V. C., 2011), (Bosch, Robert, 2004), (Fernanda Leite, José Carlos Teles, Douglas Ferreira, Israel A. M. Lima e Carla T. M. Anflor, 2012), (Felipe Maciel Dias, 2010).

1.4 Software

Todo *hardware* necessita de um *software*, com as controladoras não seria diferente, por isso foi desenvolvido um software para cada controladora. Tanto a controladora do Veículo quanto à do painel de instrumentos tem o seu *software* específico, para leitura de condições de variáveis, condições estas que levam as informações e códigos de erros programados para no caso de divergência serem tomadas medidas de conserto automaticamente, e ou, medidas para não danificar o componente. (Powertrain, V. C., 2011)

A transmissão está protegida pela monitorização de todas as funções, através do controle de pressão de acionamento dos pacotes, utilizando *pwm*, ele define a pressão necessária para cada pacote levando em consideração o desgaste de cada um. Os sensores de velocidade de entrada do motor, saída da transmissão, turbina, informam os momentos exatos onde ocorrem as mudanças de marcha, para que não ocorram tombos no equipamento quando feitas as reversões, direção, movimento e também para que não perca potência. (Powertrain, V. C., 2011)

A controladora é o instrumento principal em todo esse processo, recebendo e emitindo sinal a todo o tempo através da rede *CAN*. O mais interessante é que esses dados podem ser alterados conforme a operação que será feita. Todo e qualquer problema que ocorra na transmissão gerará um código que facilitará a sua correção. (Powertrain, V. C., 2011)

Nas controladoras são feitas constantemente leituras dos sensores da função da transmissão, entretanto, através da rede *CAN* é feita a comunicação. O *software* tem a função de tentar corrigir o erro apresentado na leitura feita pelos sensores, quando as mesmas estão fora dos especificados e programados de fábrica, modificações no funcionamento do equipamento são realizadas para que não ocorram problemas futuros, também mostrando códigos de erros através da controladora do painel de instrumentos a qual tem a função de interpretar o sinal mandado pela controladora do veículo e mostrar no painel do operador. (Powertrain, V. C., 2011)

Para algumas funções existem condições de *software* específicas e importantes, assim funciona o *rbb* e o *lockup*. As mesmas têm sinais de entrada, condição e sinais de saída, conforme figura 3 abaixo.

Figura 3: Mostra o fluxograma dos comandos do equipamento até o componente da transmissão.

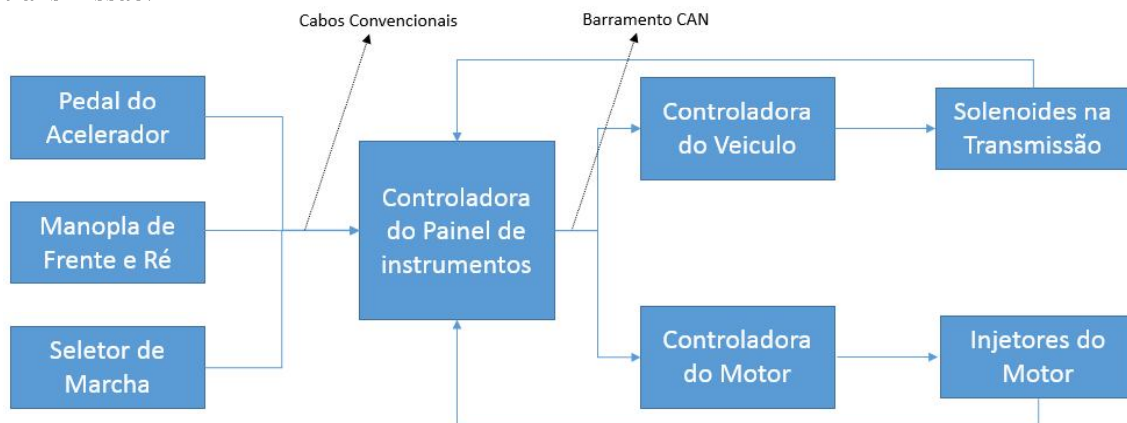


Figura 3. Fluxograma. (Do Autor)

2. METODOLOGIA

O equipamento utilizado no teste foi uma Carregadeira Volvo modelo L180G com peso de 20 toneladas e capacidade de carga de 9 toneladas a mesma utiliza o sistema de transmissão *powershift* com conceito de reversão, a qual utiliza o conversor de torque com *lockup*, funções de *software* e *rbb*, para funcionamento e comunicação entre as controladoras e os componentes mencionados utiliza-se a rede *CAN*. A máquina a ser comparada com ela é uma Volvo modelo L180F uma versão anterior, mais de mesmo porte, porem utiliza o sistema de transmissão *powershift* sem conceito de reversão, sua comunicação também é feita através de rede *CAN*, mas não contém os componentes que permitem fazer reversão.

As máquinas trabalharam nas mesmas condições, a mesma quantidade de horas, com o mesmo operador, utilizando o mesmo combustível. Nos gráficos serão verificados que foram feitas as mesmas quantidades de reversões, nas mesmas velocidades, para que não haja dúvidas sobre as melhorias da transmissão utilizando o novo conceito com reversão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após a aquisição dos dados de consumo de combustível e reversão, feitos por meio do microcontrolador, uma ferramenta bem simples, onde analisam as informações coletadas das controladoras do motor, transmissão e painel de instrumentos, informações estas que são coletadas através de sensores instalados nos componentes, após isso as mesmas são mostradas através de gráficos da operação em condições corretas e incorretas, o mesmo sinaliza na cor verde quando a operação está sendo feita de forma correta e na cor vermelha quando incorreta.

Conforme quadros abaixo, o quadro I tem as informações para cada condição de uso, no quadro II as informações para a transmissão com conceito de reversão e no quadro III para a transmissão sem o conceito de reversão.

O quadro I mostra o comparativo de informações de consumo de combustível para as situações onde o equipamento encontra-se com e sem marcha engatada, horas trabalhadas, média de consumo de combustível por hora, com a máquina sem operar, ou seja, sem marcha engatada, e em operação.

Consumo total é todo o combustível utilizado durante o funcionamento da máquina, consumo em marcha engatada é o consumo de combustível da máquina em operação.

Análise de Custo Benefício para Consumo de Combustível		
Quadro I	Quadro II	Quadro III
Condições de Uso	Carregadeira com conceito de Reversão	Carregadeira sem conceito de Reversão
<i>Horas Trabalhadas</i>	176,3	176,3
<i>Consumo de Combustível sem marcha engatada</i>	1,79m ³	2,1 m ³
<i>Consumo de Combustível com marcha engatada</i>	1,45m ³	1,7 m ³
<i>Consumo por Hora</i>	9,95 litros/h	11,7 litros/h
<i>Média de Consumo de Combustível Total sem marcha engatada</i>	9,94 litros/h	11,7 litros/h
<i>Média de Consumo de Combustível Total com marcha engatada</i>	14,8 litros/h	17,7 litros/h

Quadro 1: Mostra os dados estatísticos das Transmissões

Abaixo são mostrados os gráficos de funcionamento da transmissão utilizando os dois conceitos com e sem reversões, conforme legenda cor vermelha significa operação incorreta e podem trazer danos ao componente, uma única reversão feita de forma errada ou acima da velocidade permitida pode danificar completamente o componente, e cor verde significa operação correta, onde o componente não sofrerá nenhuma sobrecarga e a operação está de forma correta.

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

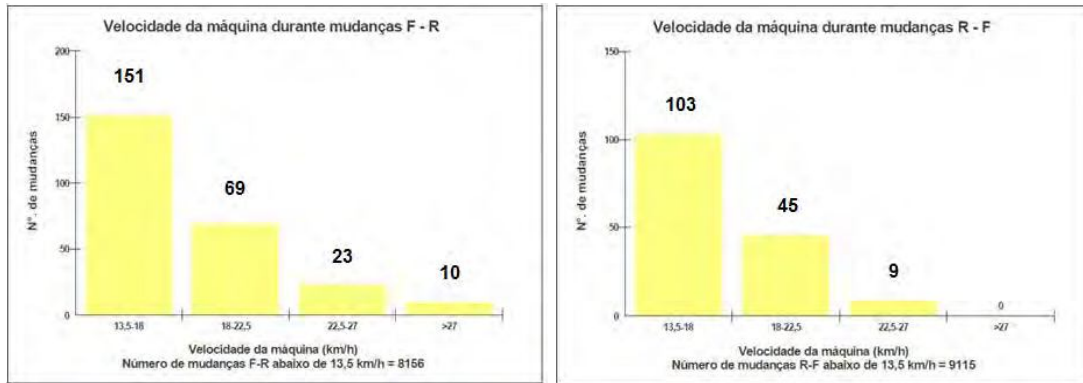


Figura 4. Gráfico estatístico de reversões com conceito de reversão. (Do Autor)

Para o equipamento com a transmissão com conceito de reversão foram feitas 151 reversões nas velocidades entre 13,5 e 18 km/h, 69 reversões entre 18 e 22,5 km/h, 23 reversões entre 22,5 e 27 km/h, e 10 reversões acima da velocidade de 27 km/h. Reversão tipo Frente /Ré. Nas reversões Ré/ Frente foram feitas 103 nas velocidades entre 13,5 e 18 km/h, 45 reversões entre 18 e 22,5 km/h, 9 reversões entre 22,5 e 27 km/h. Nota-se que com a utilização do OptiShift as reversões podem ser feitas a qualquer velocidade sem o risco de danos prematuros na transmissão, com isso o sistema de diagnóstico de falhas não identifica nenhum erro, conforme mostrado no gráfico acima. A atuação do sistema *RBB reverse by break* junto com as funções de *softwares* é fundamental para o sistema, com isso nenhum erro é mostrado no gráfico, pois toda vez que o operador manuseia a alavanca de frente e ré ou ré e frente é mandado um sinal para o sistema de freio para que o mesmo comece a freiar automaticamente até chegar a uma velocidade confiável que não danifique o componente.

Conforme figura 5 abaixo, mostra o gráfico de reversões corretas e incorretas para o equipamento cuja a transmissão é sem conceito de reversão.

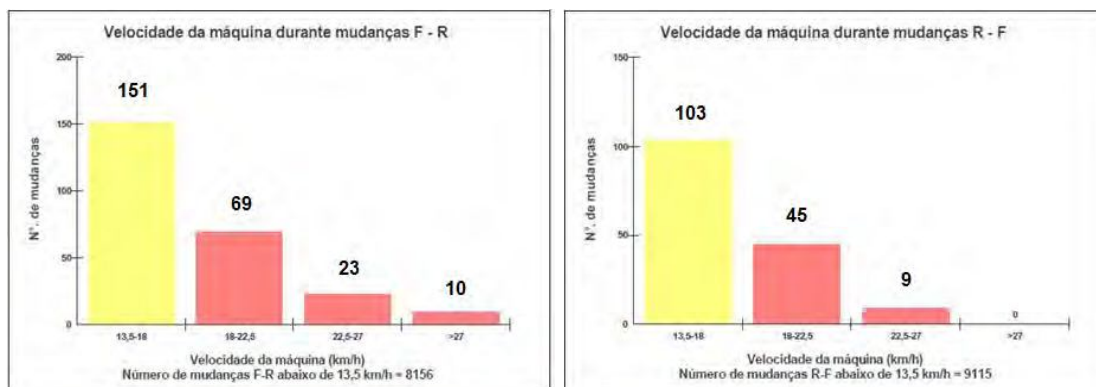


Figura 5. Gráfico estatístico de reversões sem conceito de reversão. (Do Autor)

Para o equipamento com a transmissão sem o conceito de reversão, foram feitas 151 reversões nas velocidades entre 13,5 e 18 km/h, 69 reversões entre 18 e 22,5 km/h, 23 reversões entre 22,5 e 27 km/h, e 10 reversões acima da velocidade de 27 km/h, reversões tipo Frente/ Ré.

Nas reversões Ré/ Frente foram feitas 103 reversões nas velocidades entre 13,5 e 18 km/h, 45 reversões entre 18 e 22,5 km/h, 9 reversões entre 22,5 e 27 km/h.

Nota-se no gráfico que a cor vermelha está presente nas reversões a partir de 18 km/h e como informado antes, onde a característica do software de análise é mostrar a cor vermelha sempre que a operação for de forma incorreta, pois a não atuação do sistema para reversão trazem danos ao equipamento. O não uso do sistema de reversão faz com que a troca de marcha seja feita na velocidade de operação aliando ao peso do equipamento que pesa 20 toneladas sem carga, isso faz com que a transmissão receba um tranco muito forte, que faz o componente sofrer desgastes prematuros e até mesmo a quebra irreparável do mesmo.

O equipamento sem o conceito de reversão teve sua transmissão avariada prematuramente e parou após 176,3 horas de operação, finalizando os testes.

Após testes realizados em condições iguais nas máquinas com e sem conceito de reversão, foram evidentes através dos gráficos mostrados que utilizando a tecnologia que permite reversão é bem melhor em todos os fatores abordados, desde consumo de combustível, pois mostrou que é mais econômica em torno de 15 %, não havendo problemas conforme gráficos, o que além de aumento da produtividade sem causar danos ao componente, há maior conforto na operação pois não existe trancos. Com isso prova que a tecnologia embarcada surtiu efeitos desejados e vantajosos.

4. CONCLUSÃO

A utilização deste novo sistema de transmissão a *powershift* com conceito de reversão, deixa claro as vantagens em relação a transmissão sem o conceito. A primeira vantagem é que este sistema permite que o equipamento possa fazer reversões a qualquer velocidade, sem possibilidade de ocorrer danos prematuros no componente. Outra vantagem é a utilização do *lockup* no conversor de torque que devido ao seu acoplamento mecânico faz com que não tenha escorregamento na turbina e nem no propulsor, o qual é um grande problema nas transmissões sem o sistema que permite fazer reversão, além disso o sistema *lockup* dá mais eficiência, diminuindo o consumo de combustível.

A integração do sistema permite que todos os componentes da transmissão sejam totalmente diagnosticados em todos os momentos. Através dos sensores são gerados sinais de entrada, os quais, são comparados com os programados na função de *software*, e gerados sinais de saída, para que sejam feitos reparos para melhor funcionamento da transmissão, e caso não sejam possíveis reparos automáticos, são gerados códigos de falhas no painel de instrumentos do operador, também são tomadas medidas imediatas para não danificar o componente, fazendo com que o equipamento trabalhe em modo reduzido, evitando danos mais graves.

Em testes realizados foram utilizadas as máquinas de mesmo porte porém uma com o sistema que permite reversão e outra sem o sistema. Através de gráficos gerados com a tecnologia de microcontrolador, fica evidente que a transmissão com sistema de reversão tem melhor desempenho, consumo e conforto, provando que a automação embarcada junto com sensores,

válvulas e controladores, todas integradas a rede CAN, trazem o dinamismo e qualidade que são exigidos nas empresas a qual utilizam estes equipamentos.

REFERÊNCIAS

¹André L. M. Santana, ¹Rafael de Santiago (2014). “Sistemas Distribuídos para Redes Automotivas”, <http://siaiweb06.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/5374/2827>

²Talbot, S. C. e Ren, S. (2009) “*Comparison of FieldBus Systems, CAN, TTCAN, FlexRay and LIN in Passenger Vehicles*”. In: IEEE International Conference on Distributed Computing Systems Workshops, v.29, n. [S.I], p.26-31

³Fernanda Leite, ³José Carlos Teles, ³Douglas Ferreira, ³Israel A. M. Lima e ³Carla T. M. Anflor. (2012). “Estudo do Funcionamento de uma Caixa de Transmissão e seus Componentes”.
<http://www.abcm.org.br/app/webroot/anais/creem/2012/ESTUDO%20DO%20FUNCIONAMENTO%20DE%20UMA%20CAIXA%20DE%20TRANSMISS%C3%83O%20E%20SEUS%20COMPONENTES.pdf>

⁴Liu, S. “Effects of control structure on performance for an automotive powertrain with a continuously variable transmission”.
http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractReferences.jsp?arnumber=1028123&queryText=transmission+automotive&newsearch=true&searchField=Search_All

⁵Bosch, Robert; Manual da Tecnologia Automotiva, 25ª. ed., Edgar Blucher: São Paulo. 2005.

⁶Fraden, J. *Handbook of Modern Sensors Physics, Designs, and Applications*, 3a. ed., Springer, 2004.

⁷Powertrain, V. C. Treinamento Conversor de Torque, Volvo CE, 2011.

⁸Rache, M. Mecânica Diesel. São Paulo, 2004.

⁹Ricardo Milego de Castro, 2005. “Critério de projeto para engrenagens helicoidais aplicadas em transmissões mecânicas veiculares”
http://www.automotiva-poliusp.org.br/wp-content/uploads/2013/02/castro_ricardo.pdf

¹⁰Felipe Maciel Dias, 2010 “Projeto e Construção de uma nova bancada de ensaio CVT”
<http://fga.unb.br/articles/0000/5974/PG2.pdf>

¹¹Edson Luciano Duque, 2010 “Desenvolvimento de um modelo de simulação do acoplamento da embreagem durante a partida do veículo”
<http://portal.fei.edu.br/Download%20de%20Pesquisas/Disserta%C3%A7%C3%A3oVF%20Edson%20Duque.pdf>