

LUÍS FERNANDO SILVA SERAFIM

**ANÁLISE DO SISTEMA ELETRO-
ELETRÔNICO NA MANUTENÇÃO DE
MÁQUINAS PESADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado
à Escola de Engenharia de São Carlos, da
Universidade de São Paulo

Curso de Engenharia Elétrica com ênfase em
Sistemas de Energia e Automação

ORIENTADOR: Prof. Dr. Diógenes Pereira Gonzaga

São Carlos
2007

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr Diógenes Pereira Gonzaga, pela oportunidade, pela orientação acadêmica, além da amizade desde o início deste trabalho.

A Caterpillar Brasil, por ter me proporcionado o tempo e as condições necessárias para conciliar as atividades profissionais com as atividades deste trabalho.

A todos os professores e funcionários do Departamento de Engenharia Elétrica da EESC/USP, pela colaboração.

A minha família que sempre esteve ao meu lado e sempre me incentivou na realização deste trabalho.

SUMÁRIO

Lista de Figuras	7
Lista de Tabelas	9
Lista de Siglas	11
RESUMO	13
ABSTRACT	15
CAPÍTULO 1.....	17
INTRODUÇÃO.....	17
1.1. Problema de pesquisa	17
1.2. Objetivos.....	19
1.3. Relevância do trabalho	19
1.4. Estrutura do Trabalho	20
CAPÍTULO 2.....	21
2.1. Sistema Eletro-Eletrônico.....	21
2.2. Interpretação do Diagrama elétrico de máquinas pesadas.....	21
2.2.1. Análise do diagrama elétrico	22
2.2.2. Estudo dos componentes elétricos.....	25
CAPÍTULO 3.....	41
HISTÓRICO.....	41
3.1 Falhas relacionadas ao sistema eletro-eletrônico.....	41
3.2 Histórico de falhas	41
3.3 Histórico de garantia paga	42
CAPÍTULO 4.....	46
ESTUDO DO CASO.....	46
4.1 Introdução	46
4.2 Justificativa da escolha	46
4.3 Metodologia.....	47
4.4 Dados sobre a Revenda.....	48
4.5 Resultados Obtidos	50
CAPÍTULO 5.....	56
5.1 Conclusões finais.....	56
REFERÊNCIAS	58

Lista de Figuras

Figura 2.1: Diagrama Elétrico - Simbologia e Definições.....	22
Figura 2.2: Localização física dos componentes eletro-eletrônicos: (a) planta; e (b) elevação.....	24
Figura 2.3: Alarme de marcha ré: (a) alarme; (b) simbologia.....	26
Figura 2.4: Disjuntor Manual: (a) Localização; (b)Dispositivo.....	27
Figura 2.5: Disjuntor Automático: (a) Localização; (b)Dispositivo.....	28
Figura 2.6: Interruptor de Partida: (a) localização na máquina; (b) interruptor; (c) simbologia.....	28
Figura 2.7: Relé da bomba de combustível: (a) localização na máquina; (b) relé; (c) simbologia.....	29
Figura 2.8: Solenóide do saca pino: (a) localização na máquina; (b) solenóide; (c) simbologia.....	29
Figura 2.9: <i>Sender</i> do indicador de articulação: (a) localização na máquina; (b) <i>sender</i> ; (c) simbologia.....	30
Figura 2.10: Sensor de frequência variável: (a) localização na máquina; (b) sensor de frequência variável; (c) simbologia.....	30
Figura 2.11: Sensor analógico de pressão de atuação de injeção: (a) localização na máquina; (b) sensor; (c) simbologia.....	31
Figura 2.12: Sensor do pedal da embreagem: (a) localização na máquina; (b) sensor digital; (c) simbologia.....	31
Figura 2.13: ECM da Transmissão: (a) ECM; (b) Simbologia.....	33
Figura 2.14: Cabos <i>data link</i> (ECM da transmissão) e simbologia.....	35
Figura 2.15: Sistema de Monitoramento Eletrônico.....	35
Figura 2.16: Módulo de exibição.....	36
Figura 2.17: Módulo de indicadores de alerta e velocidade/tacômetro.....	36
Figura 2.18: Módulo de indicadores analógicos.....	37
Figura 2.19: Supressor da bobina da embreagem do ar condicionado: (a) localização na máquina; (b) sensor digital; (c) simbologia.....	37
Figura 2.20: Conector da ferramenta de serviço.....	38
Figura 2.21: <i>Flashers</i>	38
Figura 2.22: Módulo de controle de marchas.....	39
Figura 4.1: Mapa com a localização da matriz e filias da Sotreq.....	47

Lista de Tabelas

Tabela 2.1: Localização esquemática e física dos componentes eletro-eletrônicos.....	24
Tabela 3.1: Histórico de falhas classificadas por sistema.....	42
Tabela 3.2: Histórico de garantia paga classificadas por sistema.....	43

Lista de Siglas

DMAIC	- <i>Define, Measure, Analyze, Improve and Control</i>
ECM	- <i>Electronic Control Module</i>
EMS	- <i>Electronic Monitoring System</i>
ET	- <i>Electronic Technician</i>
NC	- <i>Normally Closed</i>
NO	- <i>Normally Open</i>
NPI	- <i>New Product Introduction</i>
PWM	- <i>Pulse Width Modulation</i>
RWA	- <i>Reliability & Warranty Analysis</i>
SIMS	- <i>Service Information Management System</i>
Sotreq	- <i>Sociedade de Tratores e Equipamentos S.A.</i>

RESUMO

A confiabilidade do produto é um dos principais atributos da sua qualidade, porém a melhoria contínua desta confiabilidade é um objetivo inalcançável para as empresas, principalmente após o processo de globalização, no qual as empresas locais não mais têm como competidores apenas as empresas regionais ou nacionais, mas também as mundiais. Outro fator importante para o estabelecimento da confiabilidade é o cliente que têm aumentado as suas exigências num processo contínuo, em que os aspectos de qualidade e rendimento do produto estão se tornando critério de compra.

Para que se tenha um aumento de qualidade e rendimento do produto as grandes empresas estão implantando inovações tecnológicas a cada dia. As empresas ligadas ao setor de máquinas pesadas possuem uma ampla visão das partes mecânicas e hidráulicas, mas ainda deixam a parte elétrica em um patamar abaixo. Porém, com a alta tecnologia empregada na produção destas máquinas o sistema eletro-eletrônico vem ganhando grande importância com o passar dos anos.

Com isso, as grandes empresas do setor começaram a desenvolver projetos para um melhor entendimento do sistema eletro-eletrônico por parte de seus engenheiros e de seus revendedores para que o cliente receba um produto com mais qualidade.

Este trabalho visa evidenciar a importância do conhecimento do sistema eletro-eletrônico de máquinas pesadas e procura apresentar os resultados de um estudo sobre as falhas de diagnóstico, tendo em vista a falta de conhecimento do sistema eletro-eletrônico de máquinas pesadas para agilizar e otimizar a solução de problemas de campo. Para isso, os registros e informações da área de suporte e serviços e o trabalho conjunto com o revendedor serão fundamentais para a introdução de melhorias para o procedimento atualmente em uso pela empresa.

Palavras-Chave: Sistema Eletro-eletrônico, confiabilidade do produto, máquinas pesadas, falhas de diagnóstico, qualidade, solução de problemas de campo.

ABSTRACT

Product reliability is one of the main attributes of product quality, however the continuous improvement of this reliability is an unachievable goal to the companies, mainly after the globalization process, in which local companies no longer have as competitors only regional or national companies, but also companies worldwide. Another important factor for the establishment of reliability is the customer who has increased its demand in a continuous process, in which aspects of quality and efficiency of the product are becoming criterion for purchase.

In order to achieve an increase of product quality and efficiency large companies are introducing technological innovations every day. Companies related to the heavy machinery industry have a broad vision of hydraulic and mechanical parts, but leave the electrical part in a level lower. However, with the high technology utilized in the production of these machines the electro-electronic system has gained importance over the years.

As a result, large companies in the sector began to develop projects for a better understanding of the electro-electronic system by their engineers and their dealers for the customer receive a product with improved quality.

This work aims at evidencing the importance of the knowledge of the heavy machinery's electro-electronic system and tries to present the results of a study about the diagnosis, since there is a lack of knowledge of the heavy machinery's electro-electronic system to optimize the solution of field problems. To confirm this, records and information from the support area and the joint work with the dealer will be fundamental for the introduction of improvements to the procedure currently in use by the company.

Keywords: Electro-electronic system, Product reliability, heavy machinery, diagnosis faults, quality, field problems solutions.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1. Problema de pesquisa

A qualidade de um produto é encarada pelo cliente como sendo uma relação entre preço e rendimento. Para que o cliente esteja satisfeito é necessário que o produto possua o mínimo possível de falhas e caso a mesma ocorra é imprescindível que o reparo seja rápido e preciso. O cliente é definido como qualquer pessoa que seja impactada pelo produto ou processo. Os clientes podem ser externos ou internos (Juran, 1991).

A busca da competitividade associada às exigências cada vez maiores do mercado, principalmente no que diz respeito ao menor preço com maior qualidade, está fazendo com que as empresas utilizem cada vez mais as inovações, reduções do ciclo de desenvolvimento do produto e do controle de seu custo, além da melhoria contínua da qualidade de seu produto.

As grandes empresas, visando aumentar o rendimento de seus produtos, utilizam cada vez mais inovações tecnológicas que permitam uma otimização do desempenho. Para o setor de máquinas pesadas este cenário não é diferente.

Surge a necessidade de que organizações tenham padrões de desempenho compatíveis com a necessidade de competitividade, sejam elas locais, regionais, nacionais ou globais; os padrões de competitividade mundiais a serem atingidos provocam alterações dramáticas nas práticas atuais de muitas empresas de manufatura.

Muitas das práticas empresariais hoje estão focadas sobre a base das inovações, da criatividade e dos esforços objetivando a redução de tempos e de esforços, economia de materiais, redução do custo da não conformidade (interna ou externa), utilização de manufatura virtual, trabalhos em equipes multifuncionais, engenharia simultânea, etc., os quais se traduzem, ao final, como redução de custos e/ou redução do ciclo de utilização ou de desenvolvimento do produto. Segundo Juran, um produto é um bem ou um serviço (Juran, 1991).

Estas práticas definem ótimos produtos do ponto de vista técnico-financeiro, porém com o constante aumento das exigências pelo mercado, essas melhorias não têm sido suficientes para o sucesso de um produto.

Com as rápidas mudanças tecnológicas e maior exigência por parte dos consumidores que esperam das empresas agilidade, produtividade e alta qualidade, as

empresas buscam alcançar um nível de eficiência e eficácia que as tornem referência no mercado (Amaral & Rozenfeld, 2001).

Outro fator fundamental, em termos competitivos, é o tempo que o produto pode operar de forma otimizada. Em alguns casos, o desenvolvimento de um novo produto ou a sua atualização não tem sido feito adequadamente muitas vezes por falta de treinamento especializado para introdução de um novo produto (NPI) e para o seu futuro reparo; fato que em muitos casos ocasiona um tempo de reparo maior do que o necessário e reparos ocorridos de forma inadequada o que prejudica a imagem da revenda e da empresa.

Mesmo sendo a confiabilidade um atributo que deve ser considerado em todas as etapas do ciclo de desenvolvimento do produto, ela não tem evitado que falhas cheguem junto ao cliente final. Sendo assim, a revenda é um parceiro fundamental para monitorar a saúde do produto, dando o apoio necessário ao cliente para que seu equipamento esteja a maior parte do tempo disponível para uso. Outra atribuição importante da revenda é informar clara e detalhadamente à empresa, através de procedimentos formais, todas as falhas ocorridas com o produto, a fim de que uma ação de correção seja implementada nos produtos que já estão no campo, bem como nos produtos a serem fabricados.

O reparo de um produto deve ocorrer de forma precisa e o mais rapidamente possível para que o nível de satisfação do cliente com o produto permaneça alto. Para que este fato ocorra é necessário que todos os funcionários da revenda possuam um treinamento qualificado e atualizado.

Devido à ânsia de lançar novos produtos com inovações tecnológicas revolucionárias que possam ser determinantes para o seu sucesso, muitas empresas acabam não transferindo o conhecimento necessário para os revendedores. Com as inovações tecnológicas o sistema eletro-eletrônico do produto acaba sendo muito afetado se comparado ao sistema hidráulico e/ou mecânico e em muitos casos os mecânicos da revenda ficam defasados com a tecnologia empregada devido à falta de conhecimento do sistema eletro-eletrônico.

Esta falta de conhecimento faz com que o reparo realizado pelas vendas não seja o esperado, ou seja, não ocorra de forma precisa e rápida, ocasionando maiores custos e em muitos casos re-trabalho. Estes fatores fazem com que a imagem do produto seja afetada.

1.2. Objetivos

Visando minimizar ou eliminar reparos equivocados feitos pela revenda relacionados com o sistema eletro-eletrônico de máquinas pesadas, o objetivo deste trabalho é **demonstrar a importância do conhecimento do sistema eletro-eletrônico em máquinas pesadas por parte dos revendedores e propor uma melhoria no processo de análise preditiva de falhas em máquinas pesadas** através de um processo de acompanhamento do desempenho do produto no campo, da avaliação e correção de não conformidades (falhas), da análise do processo atual utilizado pela revenda para reparo e a implementação de um novo processo para a redução de custo.

1.3. Relevância do trabalho

As informações a respeito dos reparos efetuados do produto no campo pela revenda são fundamentais para que a empresa:

- Possa saber como está o desempenho de seu produto no campo;
- Possa avaliar e, se necessário, propor ações corretivas em função de não-conformidades ocorridas no campo e que não foram detectadas durante as fases anteriores do desenvolvimento do produto;
- Possa analisar os processos utilizados pela revenda para o reparo e, se preciso, implementar conjuntamente um novo processo;
- Possa verificar e reduzir gastos com as garantias.

Porém, para que os dados de campo sejam considerados e iniciem ações, eles necessitam ser precisos, ricos em detalhes e comunicados imediata e eficazmente à empresa.

Este trabalho teve como inspiração uma ação conjunta entre empresa e revendedor que detectou uma lacuna de conhecimento do sistema eletro-eletrônico por parte dos mecânicos das vendas.

A pesquisa deste trabalho se limita à análise do sistema eletro-eletrônico de máquinas pesadas, a atual forma de reparo via revenda, e a transmitir resultados obtidos através de uma nova análise de uma das fábricas da empresa e de apenas uma de suas vendas.

Apesar desta pesquisa se restringir apenas a uma fábrica e a uma revenda, esta revisão da metodologia utilizada pela assistência técnica que será citada no decorrer do trabalho poderá ser aplicada a todas as outras fábricas da empresa e vendas, visto que a estrutura organizacional e a estratégia mundial da empresa são as mesmas.

A empresa é uma empresa global, líder absoluta de mercado em seus segmentos de atuação - construção, mineração, agricultura, florestal e industrial - vem investindo ao longo dos seus 50 anos de atividades industriais no Brasil em alta tecnologia e adota os mais modernos conceitos de excelência para flexibilizar suas operações e oferecer produtos e serviços da mais fina qualidade.

1.4. Estrutura do Trabalho

Este trabalho foi estruturado em 5 capítulos, em que o capítulo 1 é a introdução do trabalho e descreve a estrutura do mesmo.

O capítulo 2 traz um destaque para a importância do conhecimento sobre os componentes eletro-eletrônicos em máquinas pesadas através da interpretação do diagrama elétrico e realiza um estudo dos principais componentes elétricos que compõem as máquinas pesadas.

O capítulo 3 aborda um histórico sobre os dados relacionados às falhas e garantias pagas e faz uma análise destas informações para relacioná-las ao sistema eletro-eletrônico.

O capítulo 4 apresenta o caso estudado e os resultados obtidos a partir de uma nova metodologia implementada.

O capítulo 5 apresenta recomendações e conclusões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

2.1. Sistema Eletro-Eletrônico

O mercado competitivo e globalizado faz com que as grandes empresas invistam em novas tecnologias para apresentar um produto final moderno e eficiente para o cliente.

A busca incessante por este produto permite um avanço tecnológico que afeta o sistema eletro-eletrônico. Como já dito, para as empresas de máquinas pesadas este cenário segue a mesma tendência.

Porém este avanço do sistema eletro-eletrônico não necessariamente vem sendo transmitido para os revendedores, que representam, para a empresa, a voz do cliente e a assistência técnica do produto. Logo, é necessário evidenciar a importância do conhecimento deste setor para os revendedores.

Para que seja possível demonstrar a importância do sistema eletro-eletrônico em máquinas pesadas é necessário adquirir conhecimento sobre o mesmo. Este capítulo tem como objetivo destacar um conhecimento sobre os componentes eletro-eletrônicos em máquinas pesadas através da interpretação do diagrama elétrico e dos estudos dos principais componentes elétricos que compõem as máquinas pesadas.

2.2. Interpretação do Diagrama elétrico de máquinas pesadas

O diagrama elétrico pode ser considerado a principal ferramenta para a compreensão do sistema eletro-eletrônico de qualquer produto. Porém mais importante do que o próprio diagrama é a necessidade de interpretá-lo corretamente, conhecendo a simbologia e as funções dos principais componentes elétricos.

Este capítulo estudará os principais componentes elétricos, evidenciando suas principais funções e aplicações assim como a simbologia utilizada.

Esse levantamento é de extrema importância para o prestador de serviço, pois assim que o mesmo estiver familiarizado com o diagrama elétrico ele poderá facilmente servir como agente para identificar possíveis falhas e repará-las de forma mais precisa.

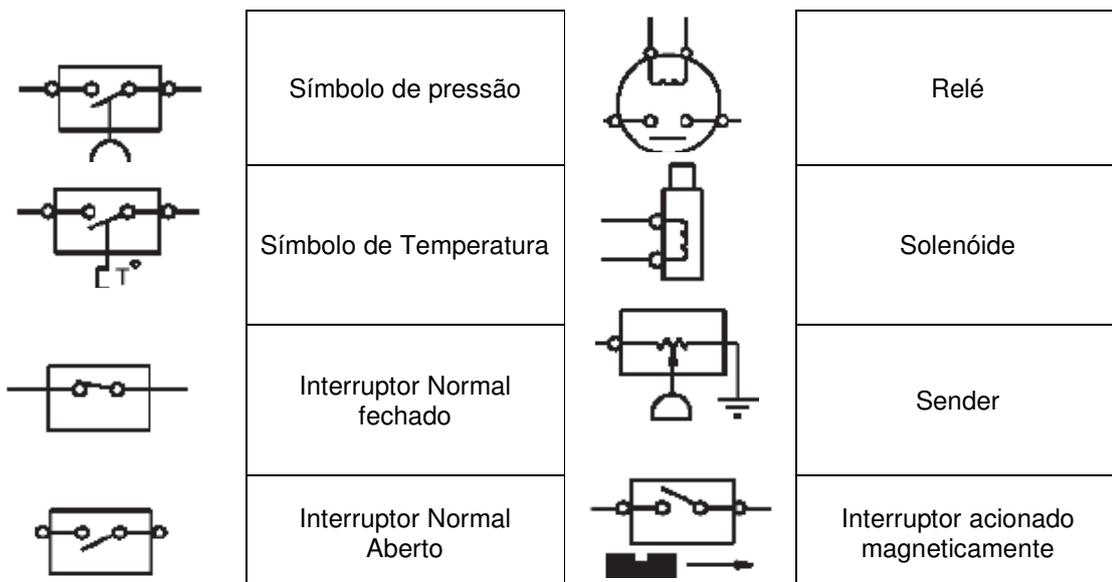
2.2.1. Análise do diagrama elétrico

A análise do diagrama elétrico é uma das principais ferramentas para a compreensão sobre o funcionamento do sistema eletro-eletrônico. Este tópico abordará os principais circuitos de uma máquina pesada. Para esta análise utilizou-se o diagrama de uma máquina do tipo Motoniveladora. Este modelo foi o escolhido devido à simplicidade do seu diagrama, e este diagrama pode ser considerado a base para todos os outros modelos de máquinas pesadas, portanto caso o prestador de serviço o compreenda, ele estará apto para interpretar o diagrama de qualquer máquina.

Um bom conhecimento a respeito de esquemas elétricos é extremamente importante ao profissional ligado à área de manutenção, pois nos diagramas encontramos diversas informações:

- Localização física e esquemática dos componentes e conexões elétricas;
- Especificações de interruptores, resistores, sensores e solenóides;
- Descrição dos cabos de alimentação por número e cor;
- Identificação de códigos de falha por módulo de controle, componente e tipo de falha;
- Identificação de códigos de serviço no sistema de monitoramento;

Na figura 2.1 encontra-se a parte do diagrama que descreve a simbologia dos componentes elétricos:



Fonte: (Diagrama Elétrico Motoniveladora Modelo120H)

Figura 2.1: Diagrama Elétrico – Simbologia e Definições

O diagrama elétrico padrão divide-se em 7 (sete) grandes circuitos;

1) Circuito de Potência – é o circuito responsável pela alimentação geral da máquina.

2) Circuito Terra – é a malha com o circuito terra para todos os componentes.

3) Circuito da Máquina Básica – é o circuito que engloba todos os componentes básicos para qualquer máquina pesada, tais como, relé de partida, alarme traseiro, buzina, entre outros.

4) Circuito de Monitoramento – circuito que engloba os principais sistemas de monitoramento, como por exemplo, o sistema de nível de combustível, indicador de trava do diferencial, sistema de controle de pressão e temperatura.

5) Circuito de Luzes – engloba todo o circuito de lâmpadas dos painéis indicadores de nível, giroflex, e outros.

6) Circuito de Controle - neste circuito encontra-se todo o controle de sensores, como o sensor de temperatura do óleo, sistema de ventilação, sensores analógicos dos ECMs, acelerador, injeção eletrônica.

7) Circuito de acessório – circuito utilizado para os acessórios, tais como rádio, pára-brisas, ar-condicionado.

A divisão do diagrama elétrico em grandes circuitos facilita o entendimento de quem o estiver consultando, pois cada circuito é identificado com cores diferentes. Por exemplo, o circuito terra é simbolizado com a cor preta.

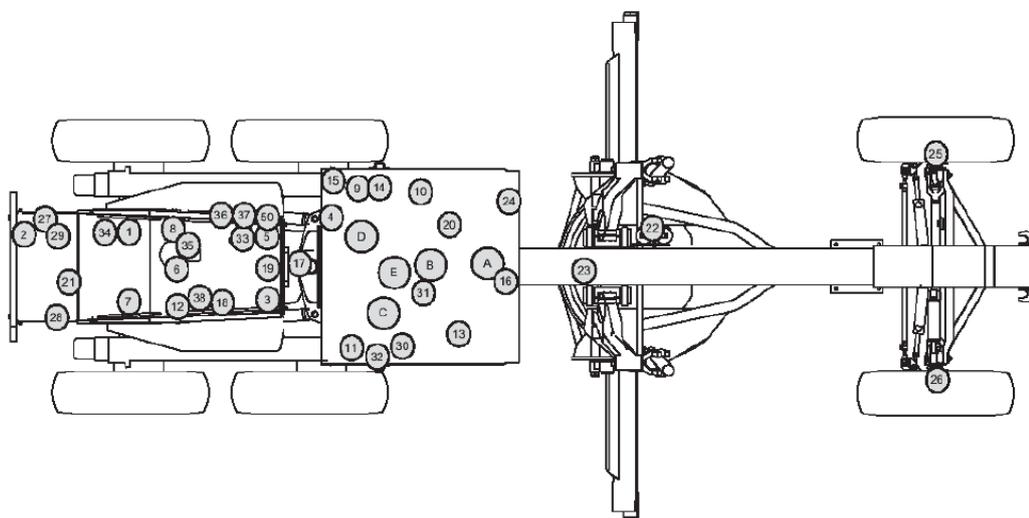
Outra vantagem de se interpretar o diagrama corretamente é que o mesmo apresenta algumas tabelas para identificação dos componentes. Estas tabelas têm como principal função facilitar a localização dos componentes eletro-eletrônicos. Na tabela 2.1 encontra-se uma lista com a localização de alguns componentes elétricos, esta tabela traz a localização esquemática do componente, ou seja, sua localização no diagrama elétrico e a localização física do componente, sua real localização na máquina. Esta tabela reflete apenas uma pequena parcela da tabela original.

Tabela 2.1: Localização esquemática e física dos componentes eletro-eletrônicos.

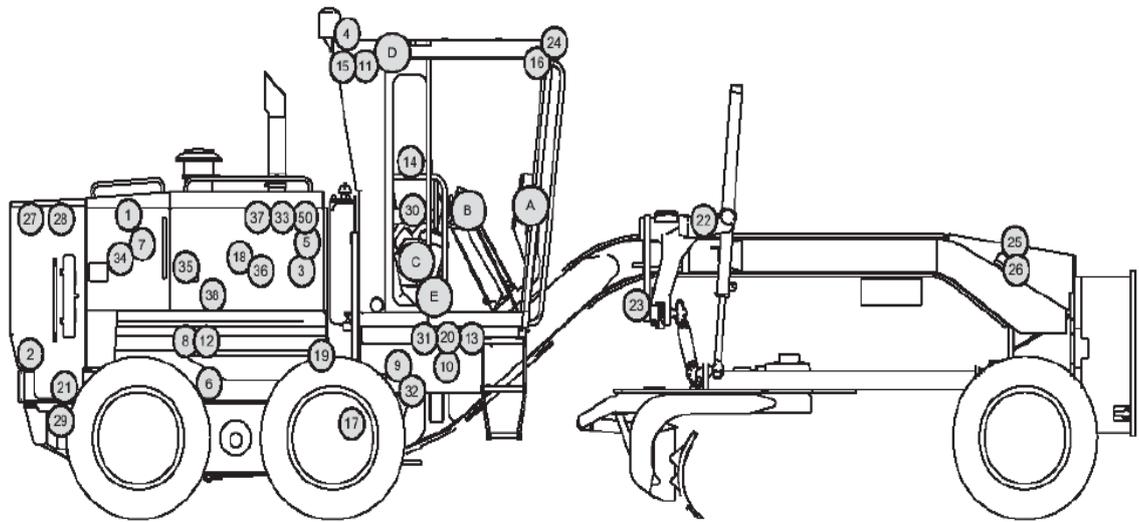
Localização do componente					
Componente	Localização esquemática	Localização na máquina	Componente	Localização esquemática	Localização na máquina
Aquecedor	J-14	35	Rádio Am/FM	C-3	15
Alarme – Ação	A-14	C	Relé - Bomba de combustível	H-14	7
Alarme Ré	L-18	2	Resistor - Ar condicionado	B-16	E
Alternador	J-13	3	Relé - Lâmpadas do painel	K-4	B
Antena - Rádio AM/FM	C-3	4	Resistor - Desembassador traseiro	C-10	11
Baterias - 12V	I-13	7	Sender - Temperatura	J-15	3

Fonte: (Diagrama Elétrico Motoniveladora Modelo120H)

A localização física pode ser obtida através dos desenhos da planta e elevação da máquina como se pode observar nas figuras 2.2 a e 2.2b:



(a)



(b)

Fonte: (Diagrama Elétrico Motoniveladora Modelo 120H)

Figura 2.2: Localização física dos componentes eletro-eletrônicos: (a) planta; e (b) elevação.

2.2.2. Estudo dos componentes elétricos

Após a divisão da máquina em 7 grandes circuitos, é necessário conhecer os principais componentes destes circuitos, sua simbologia e suas principais aplicações. Dentro da análise destes componentes não serão considerados o motor elétrico e o alternador, pois para estes itens já existe na empresa um processo revisado que fora desenvolvido com o propósito de melhoria de reparo de falhas.

O conhecimento acima citado é essencial para que seja possível um diagnóstico de falha preciso e eficiente, que permita um menor tempo de análise de falhas, um custo reduzido de reparo e aumente o rendimento do produto.

Abaixo encontra-se uma descrição sucinta sobre a definição e aplicação dos principais componentes eletro-eletrônicos em máquinas pesadas:

Resistores

Para as máquinas pesadas pode-se considerar que os resistores apresentam duas funções principais:

- Elementos Aquecedores: trabalham como resistências para aquecimento, como nos secadores de ar comprimido, aquecedor de admissão de ar do motor, desembaçador dos vidros da cabine e espelhos retrovisores que pode ser localizado na figura 2.2 com o número 11;
- Divisores de Tensão: a fim de diminuir rotação de motores e a intensidade de lâmpadas nos circuitos aos quais foram designados, como por exemplo, o resistor das lâmpadas do painel.

Alarmes

São componentes que recebem tensão de alimentação e emitem sinal sonoro. Os alarmes possuem papel importantíssimo para as máquinas, suas principais funções são o alarme de marcha à ré e o de ação (figura 2.3), a localização física destes componentes pode ser verificada na figura 2.2 sendo posicionados na posição C.

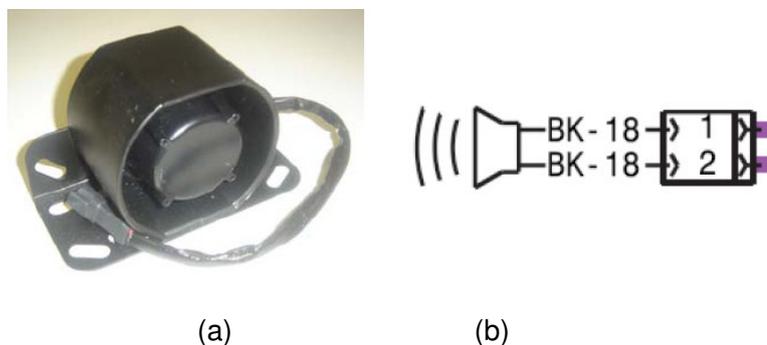


Figura 2.3: Alarme de marcha ré: (a) alarme; (b) simbologia

Dispositivos de Proteção

Os dispositivos de proteção têm por função proteger o circuito e seus componentes contra corrente elétrica excessiva e se caracterizam pelo tipo e método de operação sendo projetados para interromper o circuito quando ocorrer algum distúrbio elétrico. Estes dispositivos são encontrados em dois tipos básicos:

- Fusível: é uma pequena tira de fio ou de metal, dentro de um material resistente ao calor, projetado para derreter completamente ou queimar quando a corrente alcança o valor determinado.

- Disjuntor: é um equipamento projetado para abrir circuito elétrico nos seguintes casos:

1-Em condições normais de funcionamento: abertura com ou sem carga de acordo com a capacidade nominal de corrente do equipamento;

2-Em condições anormais de funcionamento: quando da existência de sobrecorrentes no circuito. Estas sobrecorrentes podem ser:

- a) Sobrecarga - pequenos aumentos da corrente por tempos relativamente longos;
- b)Curto-circuito - grandes aumentos da corrente por tempos muito curtos.

Nos disjuntores de baixa tensão, quando de uma sobrecarga, quem atua no disparo do disjuntor é um elemento térmico; quando de um curto-circuito é o elemento magnético que atua. Nos disjuntores de alta tensão, existem relés primários ou secundários que atuam basicamente de forma a cobrir com uma curva de atuação a região de sobrecarga e a de curto-circuito, permitindo inclusive uma boa seletividade entre disjuntores adjacentes. Para máquinas pesadas deve-se considerar valores de tensões entre 12 a 48V. O disjuntor pode apresentar-se em dois tipos: Manual (figura 2.4) e Automático (figura 2.5).

- *Disjuntor Manual (figura 2.4)*: possui um botão que deve ser pressionado para re-armar manualmente o contato e fechar o circuito. O disjuntor deve ser re-armado somente após a causa de corrente excessiva ter sido encontrada e corrigida.



(a)



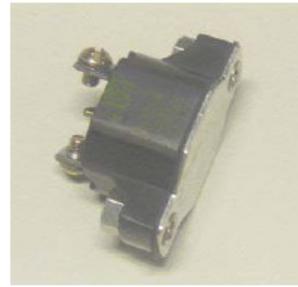
(b)

Figura 2.4: Disjuntor Manual: (a) Localização; (b) Dispositivo.

- *Disjuntor Automático (figura 2.5)*: re-arma à posição fechada automaticamente depois de solucionado o problema.



(a)



(b)

Figura 2.5: Disjuntor Automático: (a) Localização; (b) Dispositivo.

Interruptores

Os interruptores são dispositivos que tem por função básica permitir, impedir ou direcionar o fluxo de corrente elétrica em um circuito.

Podem ter um ou mais contatos elétricos que por sua vez podem ser NA (normalmente aberto) também conhecido como NO (*normally open*) ou contato NF (normalmente fechado) também conhecido como NC (*normally closed*).

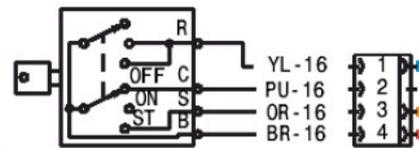
Normalmente são controlados automaticamente pela ação de pressão, temperaturas, nível, fluxo, campo magnético ou acionamento mecânico.



(a)



(b)



(c)

Figura 2.6: Interruptor de Partida: (a) localização na máquina; (b) interruptor; (c) simbologia.

Relé

Relé é um tipo de interruptor que é acionado automaticamente através de uma bobina que cria um campo magnético para abrir ou fechar os contatos elétricos, desse modo, controlando o circuito.

A principal função dos relés em geral é a possibilidade de acionar circuitos de altas correntes elétricas por meio da alimentação de outro circuito piloto de corrente bem menor.

Em máquinas pesadas os mais importantes relés são o principal (responsável pela alimentação geral da máquina) e o da bomba de combustível (figura 2.7) que se localiza fisicamente na posição 7 da figura 2.2..

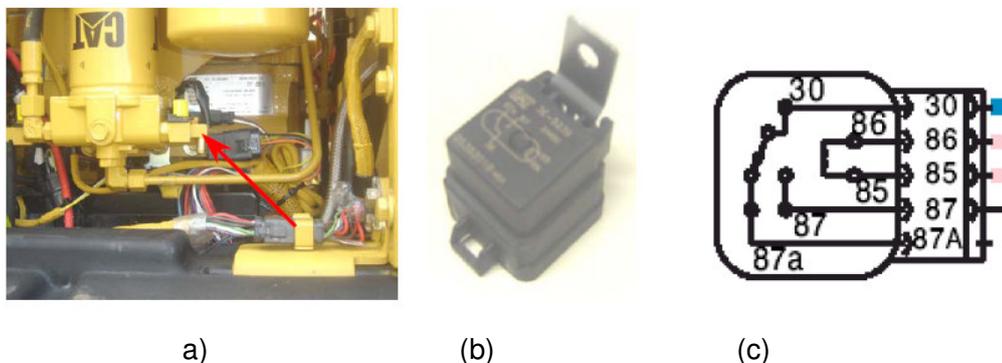


Figura 2.7: Relé da bomba de combustível: (a) localização na máquina; (b) relé; (c) simbologia.

Solenóide

O solenóide utiliza um campo eletromagnético para produzir movimento mecânico.

Em máquinas pesadas, os solenóides são usados freqüentemente para acionar válvulas hidráulicas ou pneumáticas, em motores de partida.

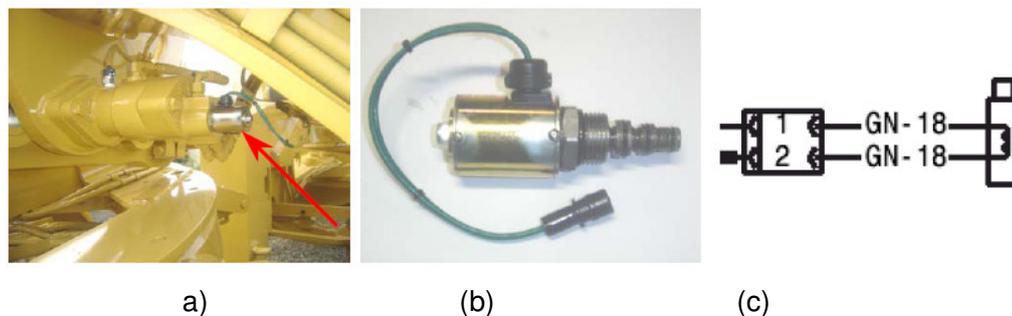


Figura 2.8: Solenóide do saca pino: (a) localização na máquina; (b) solenóide; (c) simbologia.

Sender (Sensor Passivo)

Os *senders*, também conhecidos como sensores passivos, são projetados de modo que suas propriedades elétricas se alterem em resposta às mudanças do ambiente monitorado. Podem responder às mudanças referentes a: temperatura, velocidade e outras condições da máquina, sempre têm uma entrada e uma saída elétrica.

Os *senders* funcionam como divisores de tensão, ou seja, se variar sua resistência pela ação de temperatura ou pressão, por exemplo, também varia a tensão aplicada nele e esta se divide com a tensão do alimentador, que pode ser um ECM (*Eletronic Control module*) ou um monitor. Os ECM são componentes eletrônicos que controlam e monitoram os diversos sistemas presentes nas máquinas Caterpillar e serão abordados adiante com mais detalhes.

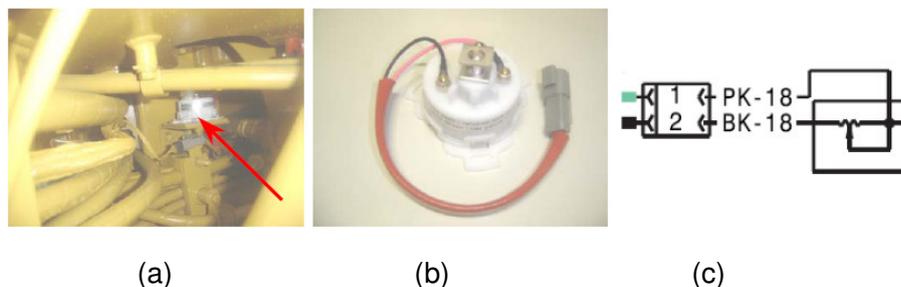


Figura 2.9: Sender do indicador de articulação: (a) localização na máquina; (b) sender; (c) simbologia.

Sensor de Freqüência Variável

Este tipo sensor possui duas ligações (condutores) e fornece um sinal de tensão senoidal de freqüência variável. Neste sensor, um ímã permanente gera um campo magnético sensível ao movimento de metais ferrosos em suas extremidades. Em uma aplicação típica, o sensor magnético é posicionado de modo que os dentes de uma engrenagem de material ferromagnético passem através do campo magnético. Cada dente da engrenagem, ao passar pelo campo, concentra as linhas de força do campo no dente. A alteração variável do campo magnético atravessa uma bobina no coletor e, conseqüentemente, é produzida uma tensão alternada na bobina. A freqüência na qual a tensão se alterna está relacionada à velocidade de rotação e ao número de dentes da engrenagem. Conseqüentemente, a freqüência desta tensão fornece informações sobre a velocidade da engrenagem.

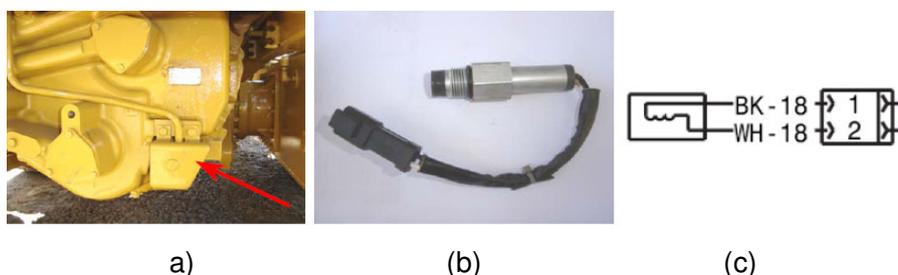


Figura 2.10: Sensor de freqüência variável: (a) localização na máquina; (b) sensor de freqüência variável; (c) simbologia.

Os sensores, assim como os *senders* são projetados de modo que suas propriedades elétricas se alterem em resposta às mudanças do ambiente monitorado, tais como temperatura, pressão, posição e velocidade. Porém, os sensores se diferenciam dos *senders* por apresentarem três condutores e por receberem alimentação de tensão contínua para poderem operar. Os sensores dividem-se em dois grupos principais:

Sensor Analógico: recebe uma tensão contínua de 5V entre seus terminais e libera um sinal analógico que pode variar de 0,5 a 4,5V.

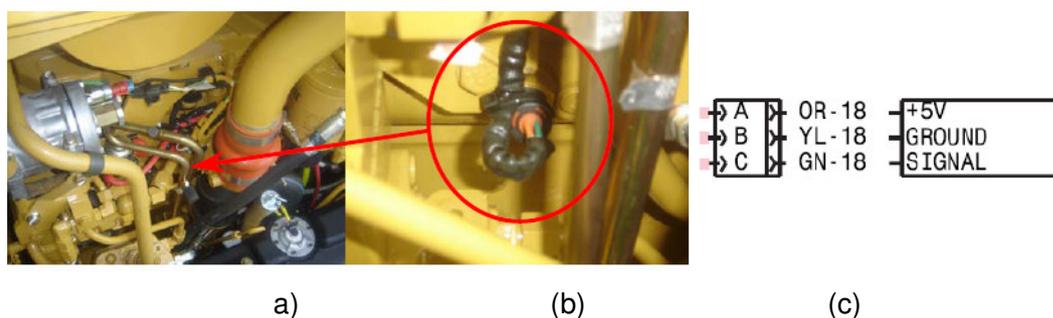


Figura 2.11: Sensor analógico de pressão de atuação de injeção: (a) localização na máquina; (b) sensor; (c) simbologia.

Sensor Digital: conhecido também como sensor PWM (*Pulse Width Modulation* ou Modulação por Largura de Pulso). Recebe alimentação de tensão contínua a um valor diferente de 5V entre os terminais e transmite um sinal digital em forma de onda pulsante de frequência fixa entre os terminais. Um exemplo é o sensor do pedal da embreagem

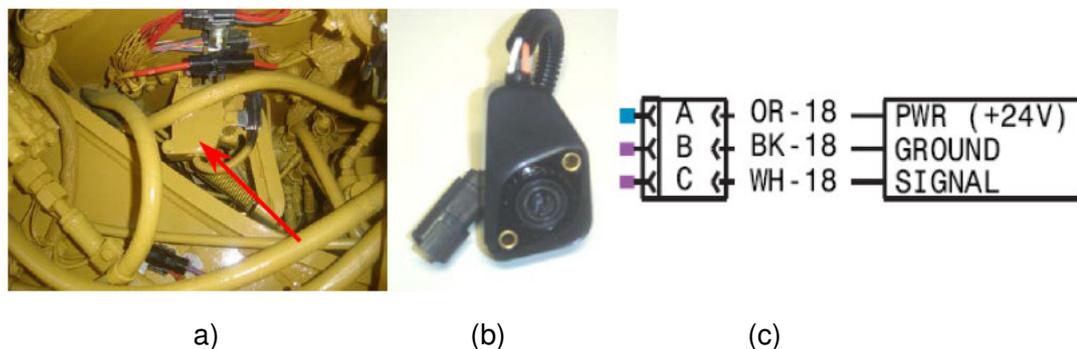


Figura 2.12: Sensor do pedal da embreagem: (a) localização na máquina; (b) sensor digital; (c) simbologia.

Bateria

As baterias atendem a duas funções principais: uma delas é fornecer a energia de acionamento do motor de partida, a outra, atuar como acumulador para regular as variações de tensão no sistema.

A tensão de uma bateria é resultante das reações químicas entre os materiais ativos das placas e o ácido sulfúrico no líquido da bateria, chamado eletrólito. Com o uso, a bateria perde gradualmente sua carga, a não ser que seja recarregada. O recarregamento pode ser realizado ao se fornecer corrente contínua de uma fonte externa, tal como um alternador com retificador, no sentido oposto ao fluxo de corrente. Se houver uma falha no alternador, a bateria poderá fornecer energia por um tempo limitado, até que fique totalmente descarregada.

ECM (*Electronic Control Module*)

Os módulos de controle eletrônico (ECMs) são componentes eletrônicos que controlam e monitoram os diversos sistemas presentes nas máquinas Caterpillar, como sistemas eletrônicos em motores, sistemas hidráulicos, transmissões, cabine, entre outros.

Todos os módulos de controle eletrônico possuem dois principais componentes que trabalham em conjunto:

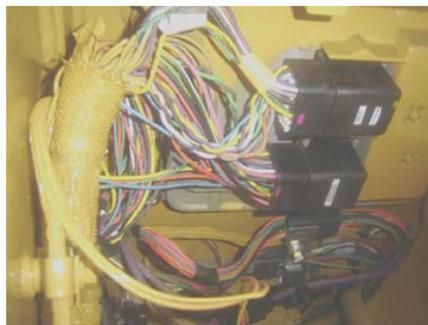
- Computador do controle (*hardware*): consiste de um microprocessador e um circuito eletrônico, com diversas entradas e saídas de sinais elétricos.
- Módulo de Personalidade: Dentro deste módulo é gravado o *flash*, ou o programa, contendo mapas do funcionamento do sistema aplicado (exemplo: curva de torque e potência de um motor). O Módulo de Personalidade não pode ser substituído fisicamente, por isso, o arquivo *flash* deve ser programado ou reprogramado através do ET (*Electronic Technician*).

Os ECMs possuem entradas e saídas de sinais elétricos, os sinais de entrada são sinais elétricos recebidos dos sensores, interruptores, etc. As variações destes sinais estão relacionadas a mudanças das variáveis no sistema. O ECM interpreta estes sinais como informação sobre a condição monitorada e, através circuitos eletrônicos internos, avalia os valores e “toma decisões” conforme a programação no Módulo de Personalidade.

Sinais de saída são sinais elétricos que provêm energia elétrica aos componentes de atuação nos sistema, como solenóides, relés, motores, etc. A energia elétrica que é fornecida a estes componentes de atuação está baseada em diversas combinações pré-determinadas de sinais, entradas, parâmetros presentes no Módulo de Personalidade. Os sinais de saída são usados para realizar trabalho ou então para poder obter informações do sistema, como os testes de diagnósticos.

Certos parâmetros que afetam o funcionamento do ECM podem ser vistos e alterados com ferramentas eletrônicas específicas (ET, por exemplo). Estes parâmetros estão armazenados no ECM, alguns deles são protegidos por senhas para evitar alterações feitas por pessoas não autorizadas. Os parâmetros que podem ser alterados possuem um controle que registra quantas vezes aquele parâmetro foi alterado.

O ECM armazena um número de código na memória permanente, do tipo de um bloqueio que está associado com um número de peça de módulo de personalidade compatível com ele. O bloqueio impedirá o ECM de funcionar se um módulo de personalidade ou arquivo *FLASH* errados forem instalados nele. O ET fará uma advertência se você estiver descarregando um arquivo *FLASH* que não é compatível com o último que estava instalado no ECM.



(a)

27	NOT WIRE
6	NOT WIRE
4	INCLINO PEDAL FOG SENSOR
11	NOT WIRE
12	NOT WIRE
13	NOT WIRE
15	NOT WIRE
16	NOT WIRE
17	NOT WIRE
18	NOT WIRE
18	FLTR. OVERDR 1MO
21	NOT WIRE
22	NOT WIRE
23	NOT WIRE
26	NOT WIRE
27	NOT WIRE
10	SWCH TEMP SENSOR
20	NOT WIRE
22	SWCH OUTPUT SPEED SENSOR 2
21	SWCH OUTPUT SPEED SENSOR 3
24	NOT WIRE
3	SOLE RETURN 2
30	NOT WIRE
30	SWCH INT SPEED SENSOR 2
30	SWCH INT SPEED SENSOR 2
30	SWCH INT SPEED SENSOR 2
32	SWCH INT SPEED SENSOR 1
32	SWCH INT SPEED SENSOR 1
38	NOT WIRE
38	SWCH INPUT SPEED SENSOR
38	SWCH INPUT SPEED SENSOR
40	NOT WIRE
14	SWCH OUTPUT SPEED SENSOR 1
1	SWCH SO. 7
1	SWCH SO. 5
1	SWCH SO. 6
1	SWCH SO. 4
27	ENGINE ALARM

(b)

Figura 2.13: ECM da Transmissão: (a) ECM; (b) Simbologia.

A figura 2.13b retrata a simbologia utilizada no diagrama elétrico para a representação do ECM, pode-se salientar que o circuito é representado pela cor roxa, logo é simples identificar o circuito do ECM de cada máquina no diagrama elétrico.

Tensão “Pull Up”

O propósito da tensão “PULL-UP” é permitir ao controle eletrônico determinar o que está acontecendo com o sinal de entrada. Esse projeto do ECM é de grande valor para o técnico de serviço, já que permite um rápido teste do circuito inteiro para a entrada do controle.

- Se o sensor ou o interruptor está desconectado e a tensão “PULL-UP” medida está dentro do valor especificado, há uma grande possibilidade de que o chicote e o controle estejam OK.

- Se o sensor ou o interruptor está desconectado e a tensão “PULL-UP” medida está acima do valor especificado, a falha é um curto no chicote para uma fonte de tensão maior do que o valor “PULL-UP” ou, o controle falhou internamente.

- Se o sensor ou o interruptor está desconectado e a tensão “PULL-UP” medida é zero ou está próxima de zero Volts, é provável que o circuito esteja aberto, ou em curto com o terminal negativo (massa) ou, o controle falhou internamente.

A tensão nos circuitos “PULL-UP” é determinada pelo projeto do controle eletrônico (ECM) e pode variar de um controle para outro. O uso do manual de serviço especificado é fundamental para analisar o valor correto.

Cabos “Data Link”

Cabos *Data Link* são dois condutores trançados responsáveis pela comunicação entre os ECMs. Os cabos são torcidos para reduzir RFI (Frequência de Rádio Interferência).

A ligação de cabos *Data Link* permite a transferência bidirecional de informação de outros módulos de controle eletrônicos para o módulo de exibição principal. Todos os ECMs armazenam informações sobre o funcionamento do sistema, como falhas, eventos, horas acumuladas, desempenhos. O ECM também é capaz de gerar códigos de diagnóstico que podem ser visualizados em máquinas que possuem indicadores na

cabine ou então por meio de um computador através do um conector interligado a estes ECMs, pelo Cabo *Data Link*.

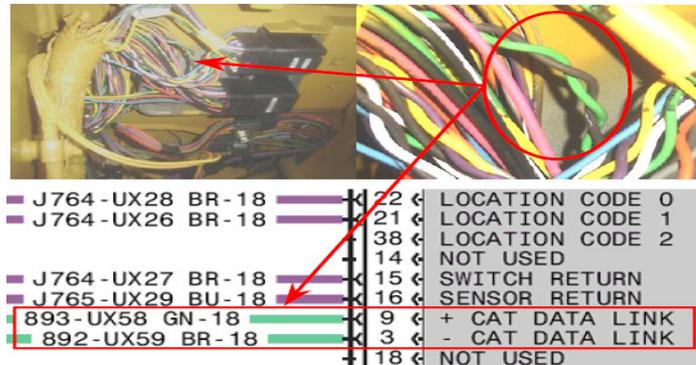


Figura 2.14: Cabos data link (ECM da transmissão) e simbologia.

EMS (*Electronic Monitoring System*)

O Sistema de Monitoração Caterpillar (figura 2.15) é um sistema eletrônico que monitora constantemente os diversos sistemas presentes nas máquinas. Dependendo do tipo e modelo da máquina, poderão conter os seguintes módulos:

- Um módulo de exposição principal;
- Um módulo usado para informar indicadores de alerta e velocidade/tacômetro da máquina;
- Um módulo contendo vários mostradores analógicos.



Figura 2.15: Sistema de Monitoramento Eletrônico.

Módulo de Exibição Principal (*Main Display Module*)

O Módulo de exibição principal (figura 2.16) é o cérebro do sistema de monitoramento. Dentro deste módulo é situado um ECM. Este módulo recebe informações de interruptores, sensores e dos outros controles eletrônicos na máquina através do Cabo *Data Link*, processando informações, a partir das entradas e saídas de sinais elétricos.

Através destes módulos, o operador pode obter diversas informações das variáveis presentes nos sistemas como também informações de diagnósticos, como códigos de falhas, indicadores de alertas, horas operacionais, velocidade de motor.

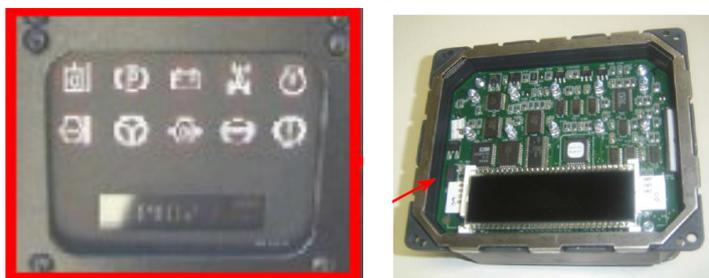


Figura 2.16: Módulo de exibição.

Velocímetro e Tacômetro (*Speedometer/Tachometer*)

São indicadores de alerta e informação da velocidade de motor, marcha, transmissão. As informações nestes módulos podem variar dependendo do tipo e modelo de máquina.



Figura 2.17: Módulo de indicadores de alerta e velocidade/tacômetro.

Módulo de Indicadores Analógicos

Estes módulos contêm diversos indicadores de medição analógicos das condições de algumas variáveis na máquina, por exemplo: temperatura do motor, tensão de sistema, nível de combustível.



Figura 2.18: Módulo de indicadores analógicos

Alertas de Segurança

O Sistema de Monitoramento Caterpillar utiliza através de sinais luminosos e sonoros advertências ao operador quando o funcionamento dos sistemas na máquina estiver sujeito a danos. Em muitas máquinas estas advertências são classificadas em níveis.

- Nível 1: Luzes de indicação piscam. Atenção.
- Nível 2: Luzes de Indicação e lâmpada de tomada de ação piscam. Mudar a operação para prevenção de danos em um componente.
- Nível 3: Luzes de Indicação e lâmpadas de ação piscam. Soa o alarme de ação. Pare imediatamente/potencial de risco maior.

Supressor

Os supressores são componentes que contêm um diodo ligado em paralelo com o circuito de alimentação de uma bobina. Este é instalado a fim de eliminar algum resíduo de tensão no circuito, o que poderia comprometer o funcionamento de outros componentes do circuito.

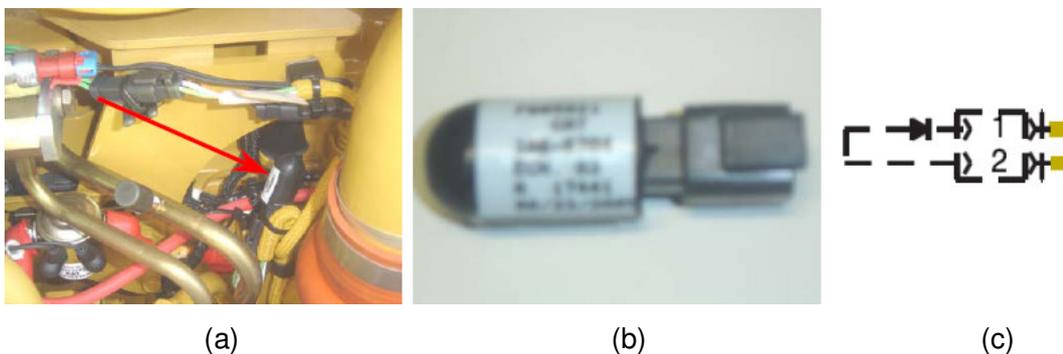


Figura 2.19: Supressor da bobina da embreagem do ar condicionado: (a) localização na máquina; (b) sensor digital; (c) simbologia.

Conector da Ferramenta de Serviço

Sua finalidade é permitir a comunicação entre os ECMs da máquina e a Ferramenta de Serviço Cat E.T. (*Caterpillar Electronic Technician*) através dos cabos “Data Link”. Para que haja comunicação este conector deve fornecer tensão de alimentação para o adaptador de comunicação.

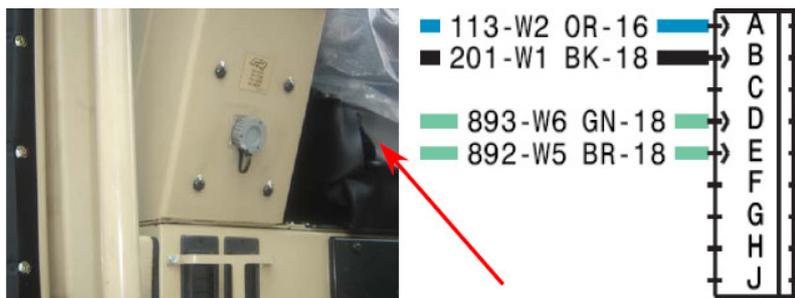


Figura 2.20: Conector da ferramenta de serviço.

Flasher

É um tipo de relé eletrônico que tem por finalidade realizar o efeito “pisca-pisca” do sistema de sinal de mudança de direção (setas) e luzes de emergência (pisca-alerta). Podemos encontrar dois tipos de *flashers*: um tipo que possui apenas dois terminais que são conectados em série com o cabo de alimentação do interruptor que direciona a tensão de alimentação para as luzes de direção e simultaneamente para suas respectivas luzes de indicação de funcionamento no painel e outro tipo, mais complexo, que também é conectado em série com a alimentação do interruptor, porém este controla separadamente o circuito das luzes de indicação de funcionamento no painel, para que os *flashers* tenham total eficiência todas as lâmpadas do sistema devem estar em bom estado de funcionamento e estar com suas potências conforme especificado no projeto.

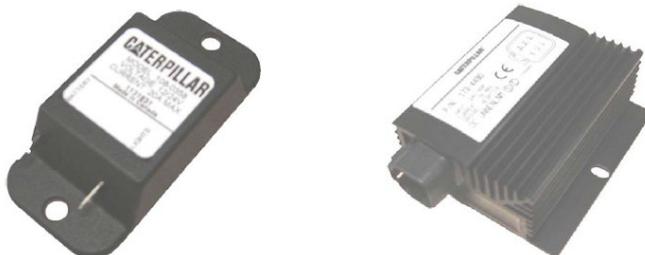


Figura 2.21: Flashers.

Módulos de Controle

Os controles eletrônicos recebem alimentação e sinais provenientes de interruptores, *senders* ou sensores e convertem em sinais de controle e monitoramento para o sistema elétrico. Os sinais de controle podem ser enviados para o ECM ou diretamente aos atuadores. A principal diferença entre um controle e um ECM, considerando que ambos são controles eletrônicos, é que o controle não necessita de um software para operar; conseqüentemente não possui comunicação via *Data Link* com outros controles.



Figura 2.22: Módulo de controle de marchas.

CAPÍTULO 3

HISTÓRICO

3.1 Falhas relacionadas ao sistema eletro-eletrônico

Para que se comprove a importância de um maior conhecimento no sistema eletro-eletrônico por parte dos prestadores de serviço se faz necessário uma análise do comportamento das principais falhas elétricas ocorridas no decorrer dos anos.

Esta análise, além de levantar os dados sobre falhas e garantia pagas relacionadas com o sistema eletro-eletrônico, procura evidenciar que a falta de informação faz com que soluções precipitadas sejam tomadas e que haja perda de tempo e dinheiro, fazendo com que o cliente fique insatisfeito com o produto, devido ao tempo requisitado para reparo, a empresa e a revenda tenham um gasto maior do que o necessário, e a imagem do produto seja prejudicada.

Neste capítulo será abordado um histórico sobre os dados relacionados às falhas e garantias pagas e será apresentada uma análise destas informações.

3.2 Histórico de falhas

As falhas em máquinas pesadas podem ser divididas em sistemas distintos, e para toda e qualquer falha ocorrida é gerado um código via ECM que associa esta falha ao seu respectivo sistema.

Estas falhas são registradas e transmitidas para um software específico. Através desta comunicação é possível monitorar todas alterações registradas pelo ECM. O RWA (*Reliability & Warranty Analysis*) é o software responsável por fornecer informações sobre a qualidade (número de falhas) e a garantia paga para cada modelo de produto. Através deste software um controle detalhado de dados torna-se possível.

Este software é atualizado a partir das informações informadas pelos revendedores via SIMS (*Service Information Management System*) que é o sistema de comunicação entre revendedor e empresa. A qualidade destas informações é de vital importância para o acompanhamento da empresa sobre a qualidade do seu produto.

Para se relatar uma falha ocorrida nos produtos, o revendedor necessita informar diversos dados, entre os quais pode-se citar: o número de horas do equipamento, modelo,

número de série do produto, falha encontrada, componente falho, correção da falha, número de horas necessária para o reparo, peças trocadas, entre outras.

Para este estudo foi considerado um horizonte de dois anos e na tabela 4.1 pode-se observar os dados históricos de falhas ocorridas durante os anos de 2005 a 2007 em todas as revendas da empresa organizadas em relação aos componentes de cada sistema.

Tabela 3.1: Histórico de falhas classificadas por sistema.

Histórico de falhas (2005 - 2007)	
Componentes	Falhas (%)
Produto Principal	58,7%
Eletro-eletrônicos	12,0%
Hidráulicos	9,3%
Motor	7,3%
Cabine	4,0%
Outros	3,7%
Transmissão	3,0%
Sistema de Combustível	2,0%

Fonte: (RWA)

A tabela 4.1 tem como objetivo demonstrar as falhas ocorridas nos últimos dois anos e sua distribuição realizada pelos dados fornecidos pelos revendedores.

Através da análise de falhas verifica-se que os componentes eletro-eletrônicos possuem uma participação importante, porém nem todas as falhas diretamente ligadas ao sistema eletro-eletrônico são reportadas de forma correta devido a uma análise equivocada.

3.3 Histórico de garantia paga

Através do RWA pode-se obter também todas as falhas ocorridas dentro do período de garantia e resultaram em custo para a empresa. Este estudo é de vital importância para a mesma pois o impacto financeiro gerado pelas falhas do produto é um fator decisivo para a política da empresa e do revendedor.

Para o histórico de garantia paga pela empresa consideraram-se os últimos dois anos para análise.

A tabela 4.2 representa a participação de cada sistema em relação à garantia paga:

Tabela 3.2: Histórico de garantia paga classificadas por sistema.

Histórico de garantia (2005 - 2007)	
Componentes	Garantia paga (%)
Produto Principal	54,4%
Hidráulicos	19,4%
Outros	10,7%
Eleto-eletrônicos	7,3%
Transmissão	3,6%
Motor	2,4%
Cabine	2,0%
Sistema de Combustível	0,3%

Fonte: (RWA)

Pode-se observar que as falhas do sistema eletro-eletrônico que tiveram custos com garantia e foram reportadas pelo revendedor possuem uma participação de apenas 7,3%. Vale salientar que pelo fato de o revendedor ser o responsável por classificar a falha de acordo com o sistema é possível que algumas falhas relacionadas ao sistema eletro-eletrônico não sejam classificadas adequadamente.

CAPÍTULO 4

ESTUDO DO CASO

4.1 Introdução

Os revendedores são uma extensão da empresa e são os responsáveis por todo e qualquer serviço após o produto ter deixado a empresa. Sendo assim pode-se dizer que os revendedores são a voz e os olhos da empresa, visto que eles são o elo de comunicação mais importante entre o cliente e a empresa.

Durante o período de garantia do produto, a revenda é a responsável para efetuar os reparos nos produtos, sendo os custos dos mesmos divididos entre a empresa (material) e a própria revenda (mão-de-obra).

A revenda é a principal responsável por coletar, filtrar e alimentar a empresa a respeito da saúde do produto, seja durante o período de garantia, bem como em toda a extensão da vida útil do produto. É baseado nestas informações que se faz o monitoramento do nível de confiabilidade do produto e se necessário, ações de contenção e correção são implementadas pela empresa.

4.2 Justificativa da escolha da empresa

A escolha desta empresa para a realização desta monografia foi em função da mesma pertencer a um ramo de máquinas pesadas, no qual a busca pela melhoria contínua faz parte do seu dia a dia. Sendo assim, o investimento em pesquisa e desenvolvimento de novos processos que visam a excelência é parte integrante de sua organização.

Aliado a este fato deve-se considerar a facilidade para se obter os dados necessários devido à realização de estágio supervisionado na empresa. A preocupação com a melhoria contínua do produto e dos processos realizados pela empresa e pelos revendedores fez com que a implementação deste projeto tivesse grande apoio por parte de ambos os lados.

A facilidade para a utilização da estrutura e mão de obra da empresa e a comunicação rápida e eficiente com a revenda a qualquer momento foram fatores primordiais para o desenvolvimento deste estudo de caso.

A escolha desta revenda se deu em função de ser a maior no Brasil e pelos dados disponíveis existentes junto à mesma, assim como a facilidade de comunicação entre esta e a empresa.

4.3 Metodologia

Para a realização deste trabalho, necessitou-se de uma parceria entre empresa e revendedor com o objetivo de obter resultados consistentes. Durante o primeiro semestre de 2007 analisaram-se uma média de quinze falhas aleatórias por mês, totalizando aproximadamente noventa máquinas. Vale ressaltar que as máquinas analisadas foram escolhidas de forma aleatória pelo revendedor, e o único requisito para esta máquina é que ela tenha ocasionado custo com garantia.

O método de pesquisa para a realização deste estudo de caso foi conduzido da seguinte maneira:

- Análise de 10 a 20 falhas (aleatórias) mensais durante o primeiro semestre de 2007 por parte da revenda de forma convencional;
- Correção dos defeitos com a utilização do processo corrente e mão de obra da revenda;
- Envio à Empresa dos dados da falha e da peça defeituosa;
- Análise da falha realizada por um grupo de especialistas da área elétrica da empresa através do seguinte processo: análise da localização da peça, estudo do diagrama elétrico relacionado à peça, diagnóstico de possíveis falhas elétricas, teste para verificação das falhas;
- Emissão de um relatório com a causa raiz do problema para o revendedor evidenciando o resultado do estudo.

Esta metodologia seguiu o conceito “6 Sigma” para melhoria de processo já existente: o DMAIC (definir, medir, analisar, implementar e controlar). O “6 Sigma” é uma metodologia utilizada por várias empresas, entre elas a Caterpillar, para gerenciar variações nos processos, definidos como um desvio inaceitável da média, ou objetivo; e para trabalhar de forma sistêmica na gestão dos desvios para eliminar estes defeitos. O objetivo de “6-Sigma” é fornecer performance de classe mundial, confiabilidade e valor para o cliente final (Caterpillar 2005, 6 Sigma)

Este processo teve como objetivo identificar e sanar possíveis falhas elétricas que passam despercebidas pelos mecânicos devido ao fato de novas tecnologias serem

desenvolvidas e o mecânico não possui um treinamento apropriado para o sistema eletro-eletrônico.

4.4 Dados sobre a Revenda

Neste tópico será apresentada uma visão geral da maior revenda nacional e uma das maiores em nível mundial da empresa. A Sociedade de Tratores e Equipamentos S. A. – Sotreq é uma empresa de capital nacional fundada no dia 13 de outubro de 1941. Revendedora exclusiva dos produtos e serviços Caterpillar, atua nos Estados do Rio de Janeiro, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Tocantins, Pará, Amazonas, Espírito Santo, Amapá, Rondônia, Acre, Roraima e no Distrito Federal.

Essa revenda possui a matriz na cidade do Rio de Janeiro e mais 35 filiais no território brasileiro. Ela atua na comercialização de máquinas e motores, bem como na assistência técnica, pós-venda. Sua força de trabalho é de 2.000 funcionários, com uma área construída de 61.352 metros quadrados dentro de uma área disponível de 433.438 metros quadrados.

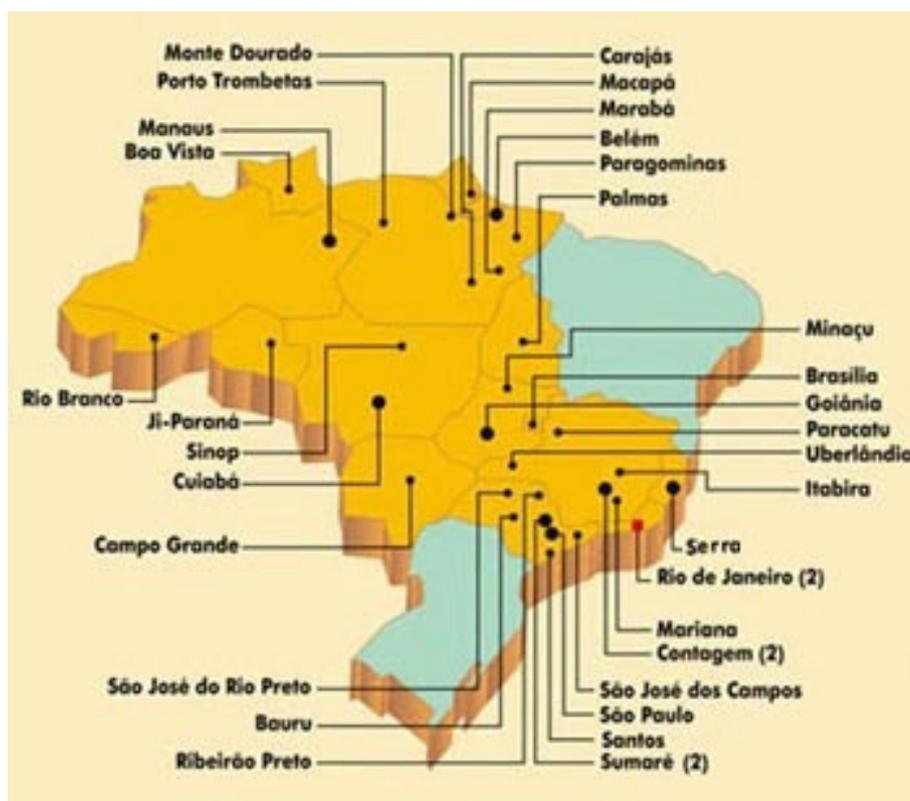


Figura 4.1: Mapa com a localização da matriz e filiais da Sotreq.

A revenda dispõe de veículos equipados com ferramentas, sistemas e literatura técnica, como recurso para o rápido diagnóstico de falhas de componentes e subconjuntos das máquinas que atendem.

Todas as falhas encontradas durante as atividades são comunicadas à Empresa através de um sistema informatizado (*"on line"*), em que toda a rede de revendedores e todas as fábricas da empresa estão interligadas, facilitando o rastreamento e monitoramento das falhas, através de incidências ou de valor de garantia.

Como já citado, a revenda presta todo apoio necessário ao cliente, visando sempre manter o equipamento do cliente final em condições de operação.

O sistema utilizado para a comunicação das falhas e defeitos entre a revenda e a empresa é o SIMS, tanto para quando o produto está em garantia, como após a vigência da mesma. O procedimento seguinte é seguido após o diagnóstico e ações tomadas pelo mecânico da revenda:

O comunicador técnico da revenda é o responsável por coletar todas as informações dos mecânicos, bem como prestar os primeiros auxílios a ele, quando este não tiver a solução imediata para a correção do problema. As seguintes informações são obtidas junto ao mecânico e repassada à empresa:

- Número de série do produto;
- Horas acumuladas até o início da falha;
- Nome do cliente;
- Número da peça e grupo do componente que sofreu falha;
- Descrição da falha;
- Descrição da solução adotada;
- Custo envolvido para a correção da falha.

Os dados registrados pela revenda são essenciais para que a empresa consiga coletar dados a respeito da saúde do produto. Apesar de todo o treinamento oferecido pela empresa à revenda, existe uma resistência por parte da revenda quanto à implementação de novos cursos.

Pelo fato de a revenda contar com um amplo quadro de mecânicos treinados, a mesma evita a inclusão de novos cursos para o seu quadro de funcionários. Para que novos cursos sejam incluídos é necessário que se demonstrem a relevância do mesmo. Este estudo visa evidenciar esta relevância e mostrar argumentos que demonstre à revenda que a inclusão de um treinamento de sistemas eletro-eletrônicos em máquinas

pesadas para os seus mecânicos irá contribuir profissionalmente para o quadro de funcionários e terá impactos favoráveis do ponto de vista financeiro para a revenda.

4.5 Resultados Obtidos

Este capítulo abordará alguns casos levantados e relatados pelo revendedor sobre soluções equivocadamente praticadas que não obtiveram o desempenho necessário por falta de conhecimento do sistema eletro-eletrônico das máquinas e através de um estudo do diagrama elétrico das mesmas.

A seguir encontra-se um histórico sobre as principais falhas relatadas pelos mecânicos, durante os meses de estudo:

- Das noventa falhas analisadas apenas sete foram relacionadas com o sistema eletro-eletrônico;
- Mais de 50% destas falhas foram classificadas como falhas hidráulicas;
- Ocorreram duas falhas de motor;
- E o restante das falhas foi relacionado como sendo defeitos mecânicos e hidráulicos;

Após a realização de todo o procedimento acima citado, a empresa alcançou os resultados finais:

Durante o mês de janeiro de 2007 o revendedor analisou catorze falhas em máquinas diversas e enviou para a empresa os dados necessários. A empresa requisitou as peças com falhas e analisou durante todo o mês de fevereiro as causas raiz de cada falha. O grupo de mecânicos e engenheiros da empresa procurou analisar as falhas e detectar problemas elétricos que não foram informados e reparados pelo revendedor.

Neste primeiro mês de análise não foi informada pelo revendedor nenhuma falha diretamente relacionada ao sistema eletro-eletrônico.

Após a análise durante o mês de fevereiro a empresa reportou os resultados obtidos para o revendedor, que foram os seguintes:

- Das catorze falhas analisadas duas foram relacionadas ao sistema eletro-eletrônico, ou seja, aproximadamente 15%;
- Uma destas falhas foi classificada como gravíssima, pois o custo do reparo foi 60% a mais do que o necessário e após investigação durante os outros meses do trabalho verificou-se que esta falha é significativa em máquinas pesadas e o seu

reparo até o atual momento é realizado de forma incorreta, mais adiante neste documento será abordada com maiores detalhes;

- O tempo gasto para corrigir estas duas falhas pelos mecânicos do revendedor foi 2 vezes maior do que o necessário, pois a correção utilizada foi equivocada e, devido à falta de conhecimento, os mecânicos “perderam” tempo, acarretando em um valor maior de garantia paga pela mão de obra.

Neste primeiro mês de análise foi detectada, como já dito, uma falha gravíssima, cujo processo de correção estava sendo realizado de maneira incorreta. O problema foi reportado pelo revendedor da seguinte maneira:

Falha: equipamento não engata marchas;

Causa: transmissão quebrada;

Correção: substituição da transmissão;

Observações: após a substituição da transmissão foram realizados todos os testes e nenhum problema foi encontrado.

Mão de obra do reparo: 22 horas

O revendedor enviou esta peça para a empresa que primeiramente analisou o diagrama elétrico do sistema de transmissão e listou os principais problemas elétricos possíveis para que a transmissão fique inoperante. Entre eles pode-se citar a ligação incorreta do sistema, descontinuidade do circuito, solenóides queimados, mal contatos, alimentação do circuito, entre outros.

Após a análise do diagrama elétrico a equipe responsável por estas análises da empresa realizou os testes e chegou ao seguinte diagnóstico:

Falha: equipamento não engata marchas;

Causa: Solenóides queimados;

Correção: substituição dos solenóides;

Observações: após a substituição dos solenóides a transmissão foi submetida à testes e nenhum problema foi encontrado.

Mão de obra do reparo: 10 horas

Com este reparo houve uma economia quase 50% do tempo de mão de obra, e de 60% em relação à garantia paga. Após um estudo sobre histórico de falhas da transmissão realizado no primeiro semestre de 2007 verificaram-se mais dez falhas com a

mesma descrição e o reparo incorreto. Este fato ocorreu porque a política de reparo utilizada seguia o seguinte procedimento:

- Após a falha ser detectada o revendedor consulta o SIMS e verifica se há alguma falha relacionada com a peça defeituosa;
- Caso haja, a revenda investiga a falha e se constatar que a descrição da falha é semelhante, a revenda utiliza o mesmo procedimento para o reparo;
- As falhas repetitivas da transmissão seguiram este procedimento e como o fato de trocar a transmissão realmente corrige o problema, as revendas continuaram com este processo de reparo.

Com isto a empresa providenciou uma publicação relacionada à peça defeituosa para a correção correta deste problema. Esta publicação tem como objetivo criar um procedimento para reparo do problema, citando as etapas necessárias para verificação da falha.

Este caso aconteceu logo no primeiro mês de análise o que evidenciou o fato de que um maior conhecimento do sistema eletro-eletrônico de máquinas pesadas pode refletir no valor de garantia paga pela empresa e no trabalho realizado pelo revendedor.

Durante os seis meses de estudo outros casos interessantes e importantes ocorreram. No mês de março foi constatado pela revenda e enviado a empresa a seguinte falha:

Falha: caçamba não movimenta;

Causa: *joystick* com defeito;

Correção: troca *do joystick*;

Observações: após a substituição do *joystick* a caçamba voltou a operar normalmente;

Mão de obra do reparo: 5 horas.

A peça defeituosa foi enviada à empresa que constatou após investigação que o diagnóstico da falha e o seu reparo foram realizados corretamente, pois o *joystick* apresentava descontinuidade em sua ligação.

Após a correção de todas as falhas encontradas durante este estudo, as máquinas reparadas são submetidas a um acompanhamento do seu comportamento durante os próximos 6 meses.

O fato interessante desta falha acima citada é que menos de uma semana após o reparo a máquina voltou para a revenda com a seguinte reclamação:

Falha: caçamba não responde ao controle do *joystick*;

Causa: *joystick* com defeito;

Com este fato a empresa requisitou à revenda que o reparo fosse realizado em conjunto com a mesma. Para isto uma equipe da empresa se locomoveu até a revenda para entender melhor o caso.

O problema ocorrido foi que a caçamba não respondia de acordo com os comandos do *joystick*, ou seja, era requisitado através do *joystick* que a caçamba realizasse o movimento lateral e a resposta era o movimento horizontal.

Para solucionar este problema utilizou-se o diagrama elétrico do *joystick* e pelo seu diagrama pode-se constatar que cada função de movimentação da caçamba está relacionada a um circuito do *joystick*. Ao se desmontar o *joystick* e comparar a ligação realizada com a correta, pode-se verificar que o defeito ocorrido foi devido ao fato de o mecânico da revenda ter trocado a ligação de alguns circuitos, afetando as funções específicas da caçamba.

Este re-trabalho acarretou em um gasto maior com garantia e um maior tempo de mão de obra utilizada, fato que poderia ter sido evitado se o mecânico da revenda tivesse realizado o reparo de acordo com o diagrama elétrico. A revenda justificou esta falha como sendo erro de interpretação do diagrama elétrico, conclui-se então que este fato ocorreu por falta de conhecimento do mecânico.

Já durante o mês de junho detectou-se uma falha no sistema de ar condicionado da máquina, para este caso reportou-se a seguinte falha e correção do defeito:

Falha: ar condicionado não esfria;

Causa: falta de gás ;

Correção: o gás foi recalibrado;

Observações: após a recalibragem do gás o ar condicionado voltou a funcionar normalmente;

Mão de obra do reparo: 2 horas.

Neste caso o cliente tornou a reclamar sobre o sistema de ar condicionado apenas duas semanas após o reparo e constatou-se que o problema não era apenas da falta de gás do ar condicionado, o problema maior era no interruptor para seleção de temperatura que se encontrava com mau contato. Este defeito foi detectado pela revenda após o segundo reparo ser realizado.

Este fato mostra que o procedimento realizado pela revenda está incompleto, pois para realizar este reparo a revenda nem chegou a cogitar a possibilidade de algum problema elétrico e por este fato simplesmente partiu para a solução simples. Isto acarretou em um re-trabalho que causou um gasto maior e prejudicou a imagem do produto e da revenda, pois em menos de duas semanas o cliente ficou com o seu produto parado duas vezes.

Estas falhas de diagnóstico acima citadas apenas refletem uma pequena parcela dos equívocos ocorridos devido à falta de informação e conhecimento do sistema eletro-eletrônico.

Durante os 6 meses de análises realizadas pela empresa pode-se obter o seguinte resultado:

- Das 88 falhas relatadas pelo revendedor apenas 7 foram relacionadas ao sistema eletro-eletrônico, após a análise da empresa este número passou para 27 ocasionando um aumento de 22%;
- O reparo realizado pela revenda foi aproximadamente 30% mais caro do que o necessário pelo fato de peças terem sido trocadas indevidamente (como o caso da transmissão) e pelo excesso de mão de obra, que foi 40% a mais do que o necessário;
- Com este estudo verificou-se uma falha gravíssima e através deste laudo foi possível o lançamento de uma publicação para a correção deste problema evitando assim um maior gasto futuro;
- Após estes resultados serem enviados ao revendedor, em reunião da empresa com os diretores da revenda foi acertada a implementação de um curso do sistema eletro-eletrônico de máquinas pesadas para a revenda, com o intuito de treinar os mecânicos para que se evitem novos reparos equivocados;
- A partir deste estudo foi desenvolvido um Projeto “6 Sigma” pela empresa para controle de qualidade de componentes eletro-eletrônicos ;
- E, foi comprovado que é necessário um amplo conhecimento do sistema eletro-eletrônico por parte dos engenheiros da empresa e dos mecânicos da revenda para que seja possível um diagnóstico preciso e a melhoria contínua do produto.

CAPÍTULO 5

CONCLUSÕES

5.1 Conclusões finais

O mercado competitivo faz com as grandes empresas permaneçam em um processo contínuo de evolução de seus produtos para que seus novos produtos alcancem o maior número possível de clientes, para que assim a sua marca seja líder de mercado.

Para que este objetivo seja alcançado as empresas vêm introduzindo novas tecnologias que facilitam a utilização dos produtos e que possibilitam um maior conforto e funcionalidade. Com estas novas tecnologias o sistema eletro-eletrônico é um dos sistemas que sofrem mais atualizações e alterações. Para os outros sistemas, tais como hidráulico e pneumático as alterações ocorrem, porém as informações são transmitidas de forma rápida e eficiente.

Para que o produto possua uma confiabilidade alta é necessário um grande conhecimento do mesmo por parte da empresa e da mão de obra especializada no reparo do produto.

Com isto, é essencial que a revenda esteja em sintonia com as inovações tecnológicas para que o produto possua o melhor reparo possível, e assim caso o produto venha a falhar, a revenda tenha total condição de realizar um reparo preciso e eficiente. Este reparo realizado de forma otimizada faz com que a confiança do cliente no produto e na revenda aumente.

De maneira geral, conforme mostrado nos capítulos 3 e 4, conclui-se que os objetivos estabelecidos quando da elaboração deste trabalho foram atingidos, uma vez que a revisão do processo atual e as melhorias propostas mostraram que um maior conhecimento do sistema eletro-eletrônico na realização da manutenção de máquinas pesadas contribui significativamente para a agilização na solução dos problemas de campo e para a diminuição dos gastos com garantia paga pela empresa, que é um dos principais pontos traçados pela estratégia de uma grande empresa.

Esse fato pôde ser comprovado, pois após a realização deste estudo um novo projeto “6 Sigma” foi aberto para o controle da qualidade de componentes eletro-eletrônicos.

REFERÊNCIAS

Amaral, Daniel Capaldo & Rozenfeld, Henrique (2001). Conceitos Gerais de Desenvolvimento de Produto. http://www.numa.org.br/conhecimentos/conhecimentos_port

Caterpillar inc (2003) Manual de Produção Caterpillar, Edição 34.

CATERPILLAR INC. (1997). New Product Introduction

Caterpillar (2007), CPI – Melhoria Constante do Produto. <http://qrwb.ecorp.cat.com/CPI/>

Caterpillar (2007), Garantia Caterpillar – Produtos de Máquinas.

Caterpillar (2005), 6 Sigma

Juran, J. M. (2001). A qualidade desde o projeto: Novos passos para o planejamento da qualidade em produtos e serviços. Editora Pioneira – São Paulo.

SOTREQ SA <http://www.sotreq.com.br/>