

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS UNIS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**DOUGLAS JOSÉ DE SOUSA**

N. CLASS.....	2620 2096
CUTTER.....	57.25
ANO/EDIÇÃO.....	2013

**ESTUDO DO USO DA ANÁLISE DA CAUSA RAIZ DE FALHA E DO PROCESSO  
DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NOS TRATORES AGRÍCOLAS**

**Varginha**  
**2013**

**FEPESMIG**

**DOUGLAS JOSÉ DE SOUSA**

**ESTUDO DO USO DA ANÁLISE DA CAUSA RAIZ DE FALHA E DO PROCESSO  
DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NOS TRATORES AGRÍCOLAS**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica  
do Centro Universitário do Sul de Minas/Unis-MG  
como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel  
sob orientação do Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira.

**Varginha  
2013**

**DOUGLAS JOSÉ DE SOUSA**

**ESTUDO DO USO DA ANÁLISE DA CAUSA RAIZ DE FALHA E DO PROCESSO  
DE MANUTENÇÃO PREVENTIVA NOS TRATORES AGRÍCOLAS**

Trabalho apresentado ao curso de Engenharia Mecânica  
do Centro Universitário do Sul de Minas/Unis-MG,  
como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel  
pela Banca Examinadora composta pelos membros:

Aprovado em / /

---

Prof. Esp. Rullyan Marques Vieira

---

Prof. Ms. Luiz Carlos Vieira Guedes

---

Prof. Esp. Luciene de Oliveira Prósperi

OBS.:

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por ter me iluminado quanto a escolha do curso, aos professores que dedicaram paciência, atenção e a minha família que sempre me apoiou, em especial minha irmã que esteve nos momentos difíceis ao meu lado me dando força, sem a qual não estaria onde cheguei e a todos que colaboraram na construção deste trabalho.

## RESUMO

O estudo da manutenção e dos métodos utilizados para análise de falha pela engenharia, tem-se tornado fator decisivo no dia-a-dia das empresas, que pensam e agem estrategicamente, de maneira a garantir a vitaliciedade no mercado de trabalho. Percebe-se que os diversos tipos de manutenção surgem ao longo da história para dar sustentação as empresas, máquinas e equipamentos de forma que, elas possam desempenhar atividades de maneira segura, eficiente e de qualidade. Portanto, este trabalho tem como objetivo prestar maiores esclarecimentos sobre a operação e manutenção nos tratores agrícolas BF 75, e fazer um estudo da análise da causa raiz de falha utilizando o método do RCFA (análise da causa raiz de falha) e mostrar a viabilidade da utilização da manutenção preventiva. Os dados para a construção deste trabalho foram colhidos no período de safra e a partir desta análise tem-se como objetivo chegar à causa raiz do problema visando eliminá-lo. Como resultado final será abordado método para se evitar as falhas e soluções para aquelas que ocorrem.

**Palavras-chave:** Manutenção. Foco na causa raiz. Preventiva.

## **ABSTRACT**

*The study the maintenance and the methods used for analysis of failure by engineering, has become decisive factor in day-to-day of business who think act strategically, of way ensure the tenure of business in keeping in the labor market. Realize that the various types of maintenance arise throughout history to sustain businesses, machines, equipment so that they can carry out their activities safely, efficient and quality. Therefore, this study aims to provide further clarification on the operation and maintenance on tractors BF 75, and make a study of root cause analysis of failure using the method of RCFA (root cause analysis of failure) and show the feasibility of use of preventive maintenance. The data for the construction this work were collected in the crop period and from this analysis aims arrive the cause of the problem aiming eliminate it. As a final result will be addressed methods to avoid failures and solutions to those that occur.*

**Keywords:** *Maintenance. Focus on the root cause. Preventive.*

## **LISTA DE QUADROS**

Quadro 01 – Até 50 horas de funcionamento.....	19
Quadro 02 – Até 1000 horas de funcionamento.....	20
Quadro 03 – A cada 1000 horas .....	21
Quadro 04 - RCFA.....	23
Quadro 05 - Tipos de falha.....	24
Quadro 06 - Tempos de reparação.....	26
Quadro 07 - Comparativo entre a manutenção corretiva e preventiva .....	27

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>8</b>
<b>2 MÁQUINAS AGRÍCOLAS.....</b>	<b>9</b>
<b>2.1 Tratores.....</b>	<b>9</b>
2.1.2 Funcionamento do trator .....	9
<b>3 DEFININDO MANUTENÇÃO.....</b>	<b>10</b>
<b>3.1 Manutenção nos tratores .....</b>	<b>10</b>
3.1.1 Manutenção recomendada - BF 75 .....	11
<b>3.2 Histórico da manutenção.....</b>	<b>11</b>
3.2.1 Primeira geração .....	12
3.2.2 Segunda geração .....	12
3.2.3 Terceira geração.....	12
3.2.4 Quarta geração .....	13
<b>3.3 Tipos de manutenção utilizada.....</b>	<b>13</b>
3.3.1 manutenção Corretiva .....	14
3.3.2 Manutenção Preventiva.....	14
3.3.3 Manutenção Preditiva.....	16
<b>3.4 Plano de manutenção.....</b>	<b>17</b>
3.4.1 Amaciamento.....	17
3.4.2 Tabelas de serviços e manutenção preventiva.....	19
<b>4 LUBRIFICAÇÃO.....</b>	<b>22</b>
<b>4.1 Exigências de desempenho dos óleos para motor diesel.....</b>	<b>22</b>
<b>5 MÉTODO DE ANÁLISE DE FALHA.....</b>	<b>23</b>
<b>5.1 Análise da Causa-Raiz de Falha – RCFA.....</b>	<b>23</b>
<b>6 REGISTRO DA ANÁLISE DA CAUSA RAZ DE FALHA.....</b>	<b>24</b>
<b>6.1 Caracterização da falha.....</b>	<b>24</b>
<b>6.2 Comparativo entre manutenção preventiva e corretiva não planejada.....</b>	<b>27</b>
6.2.1 Recomendações para se evitar.....	27
6.2.2 Criação de ações/mecanismo para evitar que ocorram as falhas.....	28
<b>7 UTILIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA.....</b>	<b>29</b>
<b>8 CONCLUSÃO.....</b>	<b>30</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>31</b>



## 1 INTRODUÇÃO

Logo após a Segunda Guerra Mundial, aumentou-se a procura por todo o tipo de produto, conseqüentemente expandiu-se a utilização da mecanização e também a complexidade das instalações. Assim, surgia a necessidade da manutenção para que os equipamentos pudessem desempenhar as atividades que eram designadas a eles. De lá pra cá, muitas coisas referente à manutenção mudou. No começo achava-se que era normal as peças falharem e que a manutenção seria a operação de substituir peças, hoje não se pensa mais assim, o acompanhamento e monitoramento dos equipamentos por softwares e computadores junto a eletrônica tem trazido muitos benefícios as empresas, melhorando a qualidade de vida das organizações, permitindo melhores resultados nos negócios empresariais e no produto acabado.

As máquinas e seus componentes operam em diferentes condições de trabalho, logo estão sujeitas a falha, havendo a necessidade de um programa que garanta o controle do processo e que ele seja de maneira a prevenir e monitorar os equipamentos, buscando ao máximo a eficiência e evitar a falha da peça.

Com o passar do tempo percebeu-se que para cada equipamento ou atividade, havia uma necessidade de manutenção diferente, não havendo um método capaz de dizer qual o melhor forma de corrigir ou acompanhar um equipamento, nascendo assim, os vários tipos de manutenção.

Portanto, este trabalho visa prestar maiores esclarecimentos sobre o uso da manutenção nos tratores, buscando analisar a falha das peças para que se possa minimizar ou até mesmo erradicar as paradas não programadas. E que de forma benéfica, tragam melhorias no processo de produção demonstrando a importância de se pensar e agir estrategicamente, para que a manutenção se integre de maneira eficaz no processo produtivo, contribuindo para o bom desempenho das máquinas no período de seu maior uso, de forma evitar a quebra das máquinas, tendo como objetivo seu pleno desempenho e que elas parem seu funcionamento apenas no período programado, primordialmente no período que antecede e durante a safra, período este que exige o máximo do equipamento.

Para enriquecer o trabalho foram feitas algumas pesquisas bibliográficas, que serão citadas no decorrer do texto, tendo o proposito de fornecer embasamento científico para o estudo.

## 2 MÁQUINAS AGRÍCOLAS

### 2.1 Tratores

Os tratores agrícolas são máquinas auto propelidas projetadas para tracionar, transportar e fornecer potência para máquinas e implementos agrícolas. Os tratores são compostos de vários elementos entre os principais tem-se: o motor, o sistema de transmissão, o sistema hidráulico. Sendo estes itens montados sobre a estrutura do chassi, o qual deve resistir aos esforços solicitados. (VARELLA, [200-?] p.2).

Atualmente existem vários tipos de tratores, desde tratores utilizados em sistema de jardinagem com baixa potência até grandiosos tratores utilizados em mineradoras e grandes plantios de soja e milho.

#### 2.1.2 Funcionamento do trator

Segundo Valtra (2011, pág. B-3 a B-6), os tratores BF75 estão disponíveis com motores diesel de três cilindros, quatro tempos e injeção direta, com motor turbinado, no qual seu princípio de funcionamento consiste no aproveitamento dos gases do escape do cilindro. Possuem um sistema de alimentação de combustível com bomba injetora rotativa. A embreagem e do tipo dupla e é fixada ao volante do motor com discos separados para a embreagem da transmissão e para tomada de potência, ambas funcionam mecanicamente, independente uma da outra.

A caixa de câmbio parcialmente sincronizada de acionamento mecânico manual com seis marchas para frente e duas marchas para trás. Como opcional também temos caixa de câmbio com:

- a) Redutor, com 9 marchas para frente e 3 marchas para trás;
- b) Multiplicador, 12 marchas para frente e 4 para trás.

O sistema hidráulico de direção é equipado com sistema hidrostático de direção com vazão de 36 litros por minuto a 2270 RPM, onde o sistema de levantamento tem controle de posição, controle de velocidade de descida e controle de profundidade, onde são obtidos impulsos para controlar a profundidade pelo terceiro ponto. O sistema de freio são acionados mecanicamente e são do tipo multidisco banhado a óleo.

### 3 DEFININDO MANUTENÇÃO

Manutenção tem como objetivo poder garantir a confiabilidade e a disponibilidade da função das instalações e equipamentos de forma a atender a um processo de produção ou de serviço, com segurança, preservação do meio ambiente e custos adequados (PINTO; XAVIER, 2009 pág. 23).

Manutenção pode ser definida a “combinação de todas as ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisões, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 1994, p.6).

Manutenção é “todas as ações técnicas e administrativas que visem preservar o estado de um equipamento ou sistema, ou para recolocar o equipamento ou sistema de retorno a um estado no qual ele possa cumprir a função.” (BRANCO FILHO, p.5).

Em um cenário de uma economia globalizada e altamente competitiva, onde não se tem espaço para improvisos ou arranjos, as mudanças que se sucedem em alta velocidade, a manutenção tornam-se como umas das atividades fundamentais do processo produtivo (PINTO; XAVIER, 2009, p.9).

#### 3.1 Manutenção nos tratores

A manutenção nos tratores visa proporcionar um melhor desempenho do equipamento buscando evitar a quebra de peças em momentos que exigem ao extremo o desempenho do mesmo, onde a quebra traz além do prejuízo da peça, a mão de obra da produção parada causando também entre outros fatores que impedem o desenvolvimento de um serviço. Dentre vários métodos de manutenção dos tratores temos:

- a) Verificar a válvula de descarga de pó;
- b) Limpeza ou troca dos elementos filtrantes do filtro de ar;
- c) Limpeza da tela, máscara e colmeia do radiador;
- d) Verificação do nível de óleo do motor;
- e) Verificação do nível do líquido de arrefecimento do motor;
- f) Verificação do turbo alimentador;
- g) Drenagem do pré-filtro de decantação;
- h) Limpeza do pré-filtro de decantação;
- i) Verificação dos elementos do filtro duplo de combustível;

- j) Limpeza do filtro do tanque de combustível;
- k) Verificação do nível de óleo da caixa de câmbio e multiplicador/redutor;
- l) Verificação do nível de óleo do sistema hidráulico de levantamento e direção;
- m) Verificação do nível de óleo das transmissões finais e de freio;
- n) Verificação geral do aperto das abraçadeiras;
- o) Verificação do nível de óleo do diferencial do eixo dianteiro;
- p) Verificação do nível de óleo das planetárias;
- q) Lubrificação das articulações das reduções planetárias, mancais dianteiros, juntas universais (cruzeta do cardam), do sistema de três pontos, manga de eixo e cubo da roda. (VALTRA, 2011, p.G-3 a p.G-15).

### 3.1.1 Manutenção recomendada - BF 75

- a) Não altere as características construtivas do trator, pois poderá colocar em risco a sua própria segurança;
- b) Nos tratores sem cabine use o protetor auricular, tipo concha ou plug.
- c) Observe constantemente as luzes de alerta do painel. Se algum alerta permanecer aceso após a partida ou durante o trabalho, pare o trator e procure definir a causa do problema;
- d) Durante a jornada de trabalho, faça algumas paradas para uma rápida vistoria no conjunto trator / implemento;
- e) Na operação com carretas, utilize somente o gancho de tração. Inspeccione o pino de engate quanto ao desgaste e verifique se o mesmo está corretamente posicionado e travado;
- f) Nunca utilize o trator sem a válvula termostática ou com esta inoperante. O motor poderá superaquecer e fundir. (VALTRA, 2013).

### 3.2 Histórico da manutenção

Percebe-se que nos últimos anos a manutenção tem passado por significativas mudanças servindo como alicerce para o bom desempenho das máquinas e equipamentos, tornando-se uma aliada para as empresas.

### 3.2.1 Primeira geração

A partir de 1930, a evolução da manutenção foi dividida em quatro gerações. A primeira geração abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e, na sua grande maioria, superdimensionados. (PINTO; XAVIER, 2009, p. 1-2).

Para este período, percebe-se que a questão da produtividade não era prioritária, sendo a manutenção apenas um serviço de limpeza, lubrificação ou reparo após a quebra, tendo como atividade principal a manutenção corretiva.

### 3.2.2 Segunda geração

Essa geração ocorre entre os anos de 50 e 70 do século passado, portanto após a Segunda Grande Guerra. As pressões do período da guerra aumentaram a demanda por todo o tipo de produtos, ao mesmo tempo em que o contingente de mão de obra industrial diminuiu sensivelmente. Como consequência, naquele período houve forte aumento da mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais. (PINTO; XAVIER, 2009, p. 2).

As consequências do período após a Segunda Guerra deram início a uma maior necessidade de confiabilidade e produtividade das máquinas, levando a ideia de que o bom funcionamento dos equipamentos era necessário, e que as falhas poderiam ser evitadas dando assim, início a manutenção preventiva.

### 3.2.3 Terceira geração

A partir da década de 70 acelerou-se o processo de mudança nas indústrias. A paralisação da produção, que sempre diminuiu a capacidade de produção, aumentou os custos e afetou a qualidade dos produtos, era uma preocupação generalizada. Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralisação foram se agravando pela tendência mundial de utilizar sistemas *just-in-time*, onde estoques reduzidos para a produção em andamento significavam que pequenas pausas na produção/entrega naquele momento poderiam paralisar a fábrica. (PINTO; XAVIER, 2009, p. 3).

Neste período percebe-se que a automação e a mecanização se tornam necessários para a produção e mostra que as falhas afetam a capacidade de manter padrões estabelecidos.

Ainda para esta fase:

- a) Reforça-se o conceito e a utilização da manutenção preditiva

- b) O avanço da informática permitiu a utilização de computadores velozes e o desenvolvimento de softwares potentes para o planejamento, controle e acompanhamento dos serviços de manutenção.
- c) O conceito de confiabilidade começa a ser cada vez mais aplicada pela engenharia e na manutenção.
- d) O processo de manutenção centrada na confiabilidade (MCC ou RCM em inglês), apoiado nos estudos de confiabilidade da indústria aeronáutica, tem sua implantação iniciada na década de 90 no Brasil.
- e) Os novos projetos buscam uma maior confiabilidade, contudo a falta de interação entre as áreas de engenharia, manutenção e operação, impedia que os resultados fossem melhores e, em consequência, as taxas de falhas prematuras (mortalidade infantil) eram elevadas. (Pinto; Xavier, 2009, p. 3-4).

#### 3.2.4 Quarta geração

A disponibilidade é uma das medidas de performance mais importantes na manutenção, senão a mais importante. A confiabilidade dos equipamento é fator de constante busca pela manutenção. A consolidação das atividade de engenharia da manutenção, dentro da estrutura organizacional da manutenção, tem na garantia da disponibilidade, da confiabilidade, e da manutenibilidade as três justificativa de sua existência. (PINTO; XAVIER, 2009, p. 4).

Logo, percebe-se que para esta geração a análise da falha, o motivo da quebra é uma prática capaz de melhorar o desempenho do equipamento e da empresa associando a qualidade dos produtos com a qualidade desejada.

### 3.3 Tipos de manutenção utilizada

Segundo Pinto; Xavier (2009, p. 9) A manutenção está aliada a melhoria dos resultados e aumento da competitividade das organizações, ao mesmo tempo em que se busca a redução de custos. “[...] O trabalho da manutenção está sendo enobrecido onde, cada vez mais, o pessoal da área precisa estar qualificado e equipado para evitar falhas e não para corrigi-las.”

### 3.3.1 Manutenção Corretiva

Pode ser definida como a “manutenção efetuada após a ocorrência de uma pane destinada a recolocar um item em condições de executar uma função requerida”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 1954, P.7).

“É a atuação para a correção da falha ou do desempenho menor do que o esperado.” (PINTO; XAVIER, 2009 p. 38-39).

A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes:

- a) Manutenção corretiva não planejada.
- b) Manutenção corretiva planejada.

Manutenção corretiva não planejada é a correção da falha de maneira aleatória, ou simplesmente emergencial. A reparação é realizada após a falha não havendo tempo para programações do serviço, implicando em altos custos devido a parada da produção, perda de qualidade e custos indiretos.

Manutenção corretiva planejada é a correção do desempenho menor do que o esperado ou correção da falha por decisão gerencial. Mesmo que a decisão seja deixar o equipamento funcionando até a quebra, essa é uma decisão conhecida e algum planejamento pode ser feito quando a falha ocorrer. A política de manutenção corretiva planejada pode advir vários fatores como:

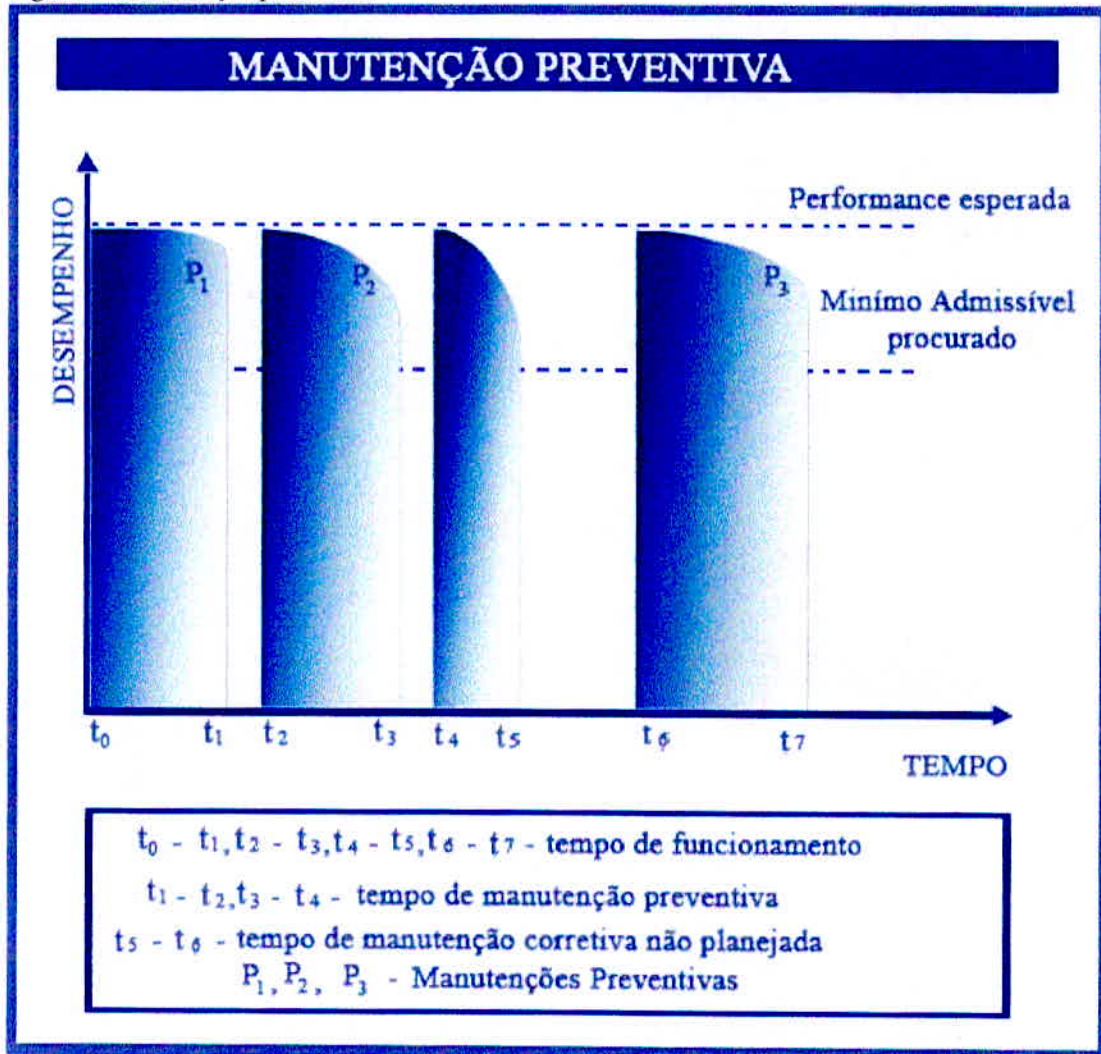
- a) Possibilidade de compatibilizar a necessidade de intervenção com os interesses da produção.
- b) Aspectos relacionados com a segurança - a falha não provoca qualquer situação de risco.
- c) Melhor planejamento dos serviços.
- d) Garantia de existência de sobressalentes, equipamentos e ferramental.
- e) Existência de recursos humanos com a tecnologia necessária para a execução de serviços e em quantidades suficientes, que podem inclusive, ser buscados externamente a organização. (PINTO; XAVIER, 2009 p. 41-42).

### 3.3.2 Manutenção Preventiva

“Manutenção efetuada em intervalos predeterminados, ou de acordo com critérios prescritos, destinada a reduzir a probabilidade de falha ou a degradação do funcionamento de um item.” (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 1954, P.7).

“É a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda do desempenho obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo”.  
Pinto; Xavier (2009, p. 42).

Figura 1 - Manutenção preventiva



Fonte: (PINTO; XAVIER, 2009, p. 43).

Vale ressaltar que, ao longo da vida útil do equipamento não pode ser descartada a falha entre duas intervenções preventivas, o que ocasiona uma ação corretiva. Alguns fatores que são levados em conta para a política de manutenção preventiva são:

- Quando não é possível a manutenção preditiva
- Aspectos relacionados com a segurança pessoal ou da instalação que tornam mandatórias a intervenção, normalmente para substituição de componentes.
- Por oportunidades em equipamentos críticos de difícil liberação operacional.
- Risco de agressão ao meio ambiente.



e) Em sistemas complexos e ou de operação contínua. (PINTO; XAVIER, 2009, p. 43-44).

A manutenção preventiva surge inversamente à manutenção corretiva. Baseada em evitar a falha e adotada em setores e equipamentos de extrema importância como, por exemplo, na aviação.

A manutenção preventiva será tanto mais conveniente quanto maior for à simplicidade na reposição, quanto mais altos forem os custos de falhas, quanto mais às falhas prejudicarem a produção e quanto maiores forem às implicações das falhas na segurança pessoal e operacional. (PINTO; XAVIER, 2009 p. 44).

### 3.3.3 Manutenção Preditiva

Manutenção destinada ao acompanhamento periódico do equipamento por meio de análise “utilizando-se de meios de supervisão centralizados ou de amostragem, para reduzir o mínimo a manutenção preventiva e diminuir a manutenção corretiva”. (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS, 1954, p.7)

Segundo Pinto; Xavier, (2009, p. 44-45) manutenção preditiva “é a atuação realizada com base na modificação de parâmetros de condição ou desempenho, cujo acompanhamento obedece a uma sistemática”.

A manutenção preditiva é realizada com base no estado do equipamento, quando necessária, a ação de correção é realizada através de uma manutenção corretiva planejada. Seu objetivo é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas através de acompanhamento de parâmetros diversos, permitindo a operação contínua do equipamento pelo maior tempo possível. A manutenção preditiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento produzindo, ou seja, quando o grau de degradação se aproxima ou atinge o limite previamente estabelecido, é tomado a decisão de intervenção. As condições básicas para adotar manutenção preditiva são:

- a) O equipamento, sistema ou instalação devem permitir algum tipo de monitoramento ou medição.
- b) O equipamento, o sistema ou a instalação devem merecer este tipo de ação, em função dos custos envolvidos.
- c) As falhas devem ser oriundas de causas que possam ser monitoradas e ter sua progressão acompanhada.
- d) Seja estabelecido um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico, sistematizado.

- e) Aspectos relacionados com a segurança pessoal e operacional.
- f) Redução de custos pelo acompanhamento constante das condições dos equipamentos, evitando intervenções desnecessárias.
- g) Manter o equipamento operando, de modo seguro, por mais tempo.

No que se refere a produção, a manutenção preditiva é a que oferece melhores resultados, pois intervém o mínimo possível na planta. É fundamental que a mão de obra para este tipo de manutenção seja qualificada, não basta apenas medir é preciso analisar os resultados e formular diagnósticos. (PINTO; XAVIER, 2009, p. 45).

### 3.4 Plano de manutenção

A experiência tem mostrado que a manutenção periódica corretamente efetuada é o método mais eficaz de se obter o máximo rendimento e durabilidade de seu trator. A manutenção é determinada periódica porque os serviços devem ser executados em intervalos de tempos especificados. (VALTRA, 2011, p.F-3).

A manutenção é uma forma de se organizar e planejar a parada do equipamento de forma a garantir seu pleno desempenho principalmente em momentos específicos sem que aja algum tipo de pane prejudicando seu desempenho causando acontecimentos desastrosos e conseqüentemente afetando a produção.

O quadro de tabelas e serviços de lubrificação e manutenção preventiva dos tratores são:

- a) Amaciamento;
- b) Manutenção diária ou a cada 10 horas de serviço;
- c) Manutenção semanal ou a cada 50 horas de serviço;
- d) Manutenção a cada 250 horas de serviço;
- e) Manutenção a cada 500 horas de serviço;
- f) Manutenção a cada 1000 horas de serviço. (VALTRA,2011, p.F-3).

#### 3.4.1 Amaciamento

Nas primeiras horas de funcionamento do trator as peças e todos os mecanismos se encontram em momento de assentamento, tornando-se este período muito importante, pois características como desempenho e durabilidade a serem alcançados pelo trator dependerão sensivelmente tanto da operação quanto da manutenção que neste período forem aplicadas.

Os cuidados durante o período de amaciamento são:

- a) Antes de entrar em serviço, aqueça o motor colocando o trator em movimento sem carga com uma rotação de marcha lenta (1000 rpm) durante o tempo necessário para o ponteiro do termômetro atingir a faixa branca.
- b) Nunca aplique carga num trator frio. Esse cuidado deverá ser observado tanto no período de amaciamento como por toda a vida do motor.
- c) Durante a operação, sempre que possível opere o trator em serviços que exijam  $\frac{1}{2}$  a  $\frac{3}{4}$  da potência máxima do motor, procurando alterar a aplicação de carga evitando a utilização da máxima potência.
- d) Evite a operação do motor por longos períodos em marcha lenta ou em rotação constante com ou sem carga, por ser prejudicial ao assentamento do anéis dos pistões e das camisas. (VALTRA, 2011, p.F-4).

## 3.4.2 Tabelas de serviços e manutenção preventiva

Quadro 01 – Até 50 horas de funcionamento

Intervalo de serviço		Referência	Operação de serviço	Verificar	Limpar	Trocar	Lubrificar	Ajustar ou adicionar	Drenar	Lavar
A cada 10 horas ou diariamente	1	Nível do óleo lubrificante do motor		●				●		
	2	Nível do líquido de arrefecimento do motor		●				●		
	3	Válvula de descarga de pó do filtro do ar			●					
	4	Pré-filtro sedimentador							●	
	5	Máscara e colméia do radiador intercooler			●					
	7	Aperto das porcas da roda		●				●		
	8	Folga da alavanca da embreagem da tomada de potência		●				●		
	A cada 50 horas	9	Tensão da correia do alternador		●				●	
10		Aperto das braçadeiras do filtro de ar do sistema de arrefecimento e de combustível		●				●		
11		Curso livre do pedal da embreagem		●				●		
12		Curso livre do freio de serviço		●				●		
13		Curso livre do freio de estacionamento		●				●		
14		Graxeiros (exceto eixo traseiro)		●			●			
15		Reaperto das braçadeiras das mangueiras do sistema hidráulico e de direção		●				●		
16		Reaperto das porcas das rodas		●				●		
17		Pressão dos Pneus		●				●		

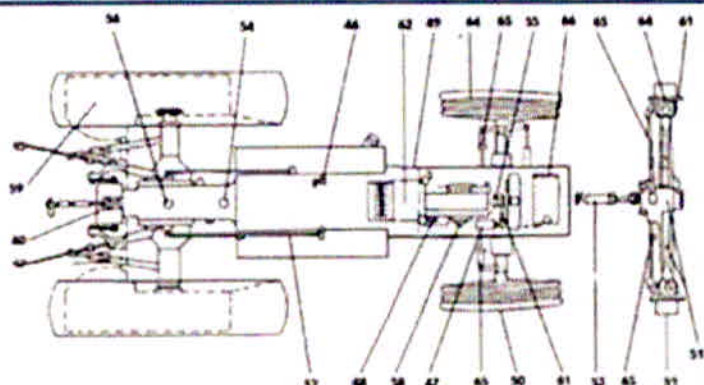
Fonte: Valtra, 2011. p. F-6

Quadro 02 – Até 1000 horas de funcionamento

Intervalo de serviço		Referência	Operação de serviço	Verificar	Limpar	Trocar	Lubrificar	Ajustar ou adicionar	Drenar	Lavar
A cada 250 horas	18	Óleo Lubrificante do motor				●				
	19	Filtro de óleo do motor				●				
	20	Filtro duplo de combustível				●				
	20a	Pré-filtro sedimentador			●				●	
	21	Terminais da bateria		●						
	22	Feltro do mancal da bucha guia					●			
	23	Nível de óleo lubrificante da caixa de câmbio, transmissão final e hidráulico		●						
	24	Graxeira (exceto eixo traseiro)					●			
	25	Capa protetora do garfo de freio		●						
	26	Capa protetora da alavanca de marchas e grupo		●						
	27	Rolamento do eixo traseiro		●						
	28	Respiro do eixo dianteiro			●					
	29	Óleo do redutor planetário do eixo dianteiro					●			
	30	Engraxar a carcaça do eixo dianteiro					●			
	A cada 500 horas	31	Respiro da caixa de câmbio			●				
32		Tensão das correias		●				●		
33		Filtro de tela de sucção do tanque de combustível			●					
34		Filtro de sucção do sistema hidráulico		●	●					
35		Óleo lubrificante da caixa de câmbio, multiplicador/ redutor, transmissão final, freios e hidráulico					●			
36		Respiro do sistema hidráulico e do motor			●				●	
37		Funcionamento do sistema de aceleração		●			●			
A cada 1000 horas	38	Óleo do diferencial e redutor planetário do eixo dianteiro					●			
	39	Óleo lubrificante da caixa de câmbio, multiplicador/ redutor, transmissão final, freios e hidráulicos					●			
	40	Folga das válvulas do motor		●				●		
	41	Pressão de estanqueidade dos bicos injetores		●	●			●		
	42	Tensionador das correias		●				●		
	43	Compressão do motor		●						
	44	Folga do rotor do turboalimentador		●						
	45	Sistema de arrefecimento		●	●			●	●	●

Fonte: Valtra, 2011. p. F-7

Quadro 03 – A cada 1000 horas

Tabela de serviço de lubrificação e manutenção preventiva						
						
Intervalo de serviço	Referência	Operação de serviço	Verificar	Limpar	Trocar	Lubrificar Ajustar ou adicional Drenar Lavar
A cada 1000 horas	46	Fundamento do sistema de embreagem e acionamento	●			
	47	Condições de carga do alternador	●			
	48	Funcionamento do motor de partida	●			
	49	Funcionamento da caixa de câmbio, transmissão final e TDP	●			●
	50	Folga do rolamento do cubo da roda dianteira (4X2)	●			●
	51	Óleo lubrificante do diferencial e redutor planetário do eixo dianteiro			●	
	52	Funcionamento do sistema de freio	●			
	53	Condições do eixo cardan	●			●
	54	Respiro da caixa de câmbio		●	●	
	55	Folga da bomba d'água	●			
	56	Óleo do sistema hidráulico			●	
	57	Filtro de sucção do sistema hidráulico	●	●		
	58	Terminais da bateria	●		●	
	59	Pressão do sistema hidráulico de 3 pontos	●			
	60	Funcionamento do sistema de sensibilidade do hidráulico	●			
	61	Funcionamento do eixo de tração dianteiro	●			
	62	Funcionamento do sistema de direção	●			
	63	Funcionamento do estágio geral do sistema elétrico	●			
	Anual	64	Convergência 4X2 e 4X4	●		
65		Estado geral dos terminais da barra de direção	●			
66		Elemento filtrante principal do filtro de ar(**)		●	○	
67		Elemento filtrante de segurança do filtro de ar(***)			●	

(\*) Trocar após a 2ª limpeza ou anualmente o elemento filtrante principal do filtro de ar.  
 (\*\*\*) Trocar o elemento de segurança quando substituir o elemento filtrante principal do filtro de ar.

## 4 LUBRIFICAÇÃO

Segundo Moura (1987, p. 92), a lubrificação pode ser definida como o fenômeno da redução de atrito entre duas superfícies em movimento relativo, por meio da introdução de uma substância sobre as mesmas.

As técnicas mais difundidas para a verificação das características dos óleos lubrificantes em laboratórios de suas características principais consistem nas técnicas de análise de partículas contidas no óleo, oriundas de desgaste. (PINTO; XAVIER, 2009, p. 292).

De acordo com Melconian (2008, p. 327), é necessário um mínimo de lubrificante para evitar o atrito seco e as suas consequências.

Segundo Moura (1987 p. 205) a escolha entre o óleo e a graxa para a lubrificação depende fundamentalmente do projeto e da praticabilidade da utilização. A escolha do equipamento para lubrificação visa:

- a) Promover lubrificação correta do equipamento;
- b) Evitar lubrificação por excesso ou por falta;
- c) Eliminar a falha pessoal;
- d) Aumentar a produtividade;
- e) Prolongar a vida útil do equipamento.

### 4.1 Exigências de desempenho dos óleos para motor diesel

Atualmente o combustível utilizado nos tratores é o óleo diesel, no entanto, o sistema dos equipamentos já foi projetado para que se possa utilizar também o Biodiesel.

De maneira geral, os motores diesel são mais severos em relação aos lubrificantes que os a gasolina. Isto se explica por uma série de fatores: o óleo diesel é menos volátil que a gasolina e possui tendência a formar maior quantidade de carbono proveniente da combustão, são maiores as pressões de combustão no motor diesel e outras razões oriundas das diferenças dos ciclos de operação dos dois tipos de motores. (MOURA, 2008, p. 229).

O enxofre é um dos fatores que mais afetam o óleo lubrificante utilizado. Dessa forma, quanto maior o teor de enxofre do combustível, mais severas são as condições de funcionamento do motor, logo menor deve ser o período de troca do lubrificante. (Moura, 2008 p.239).

## 5 MÉTODO DE ANÁLISE DE FALHA

O método de análise de falha é o meio em que se busca aumentar a confiabilidade, disponibilidade e manutenibilidade de uma planta ou equipamento.

### 5.1 Análise da Causa-Raiz de Falha – RCFA

A análise das causas Raízes de Falhas (*Root Cause Failure Analysis*) é um método ordenado que visa buscar as causas de problemas e determinar ações para que se possa evitar sua reincidência. Originário dos “Cinco Porquês” consiste em se perguntar o motivo “Por que” uma falha ocorreu quantas vezes necessária for, até que se possa chegar em sua causa raiz (PINTO; XAVIER, 2009, p.132).

Quadro 04 - RCFA

Principais passos	Passo	Responsável
Análise do Modo e Efeito da Falha – FMEA	1	Operação/ Manutenção
Preservação da informação da falha	2	Manutenção
Organização do Grupo de Análise	3	Gerência Manutenção
Análise	4	Grupo de Análise
Relatar as descobertas	4	
Fazer as recomendações	4	
Acompanhar os resultados	4	

Fonte: (PINTO; XAVIER, 2009, p- 132).

O RCFA é uma análise detalhada de um sistema ou componente individual utilizado para identificar as causas raízes das falhas dos mesmo (BRITTO, 2012 p.5).



## 6 REGISTRO DA ANÁLISE DA CAUSA RAIZ DE FALHA

Os dados do registro utilizados para a construção deste trabalho serão analisados utilizando o método da análise da causa raiz de falha, método dos “Cinco Porquês”, e terá como estudo a ocorrência de falhas nos tratores modelo BF 75, equipamento de fabricação nacional nos quais suas características técnicas foram descritas anteriormente. A coleta dos dados foram feitas no período de safra e as ocorrências das falhas foram: quebra do braço do sistema hidráulico de três pontos, superaquecimento do motor, perda de potência devido a entrada de ar no sistema de alimentação de combustível e pane geral no motor. Lembrando que, a quebra do braço pode oferecer grandes perigos ao operador e a terceiro, pois o equipamento fica desalinhado, podendo tocar na tomada de potência gerando acidentes de grande violência, podendo ser fatal.

Vale ressaltar que, o equipamento não efetua a safra sozinho, são necessários inúmeros outros para auxiliá-lo, sem contar com a mão de obra dos colaboradores. Há inúmeros problemas relacionados com a falha, pois além de ser ter muito prejuízo com o equipamentos e mão de obra parada, na maioria das vezes não se tem a peça falhada disponível em estoque, havendo a necessidade de esperar sua chegada pela transportadora e na pior das circunstancias até a sua fabricação, aumentando em muito os custos com a produção.

É importante dizer que, devemos ter cuidado ao trocar os óleos, fluidos e ao abastecermos o equipamento para não deixar cair óleo ou graxa no solo contaminando assim o meio ambiente.

### 6.1 Caracterização da falha

Quadro 05 - Tipos de falha

Falha: Quebra do braço inferior do sistema hidráulico de três pontos.	
Pergunta	Resposta
Por que quebrou o braço inferior do sistema hidráulico de três Pontos?	O operador conduziu o trator sem travar os estabilizadores telescópicos com excesso de carga e em terreno acidentado.
Por que o operador conduziu o trator nestas condições?	Ele não recebeu instruções sobre o uso do equipamento.
Por que ele não recebeu instruções sobre o uso do equipamento?	Ele é novo no trabalho e ainda não recebeu as informações necessárias.

Causa raiz: Falta de treinamento do operador.	
Falha: superaquecimento do motor.	
Por que o motor superaqueceu?	O filtro do sistema de arrefecimento e máscara do radiador estavam obstruídos.
Por que o sistema ficou obstruído?	O operador não efetuou a limpeza e manutenção no sistema de arrefecimento do motor.
Por que ele não efetuou a limpeza no sistema?	Ele tinha meta de produção e não parou o equipamento.
Causa raiz: Meta a ser atingida.	
Falha: Entrada de ar no sistema de injeção de combustível.	
Por que o motor teve entrada de ar no sistema de alimentação?	Os filtros primários de filtragem estavam obstruídos.
Por que os filtros estavam nestas condições?	Não fizeram manutenção no sistema no momento certo.
Por que não fizeram a manutenção?	Ultrapassou-se o limite de horas para ser feita a troca e manutenção do sistema de injeção de combustível, obstruindo-o.
Por que ultrapassou o limite de horas?	Não tiveram o controle da última troca e manutenção.
Causa raiz: Falta de controle da manutenção.	
Falha: Pane geral do motor.	
Por que o motor teve pane geral?	A bomba injetora, os bicos e o motor travaram.
Por que os componentes travaram?	O combustível utilizado foi armazenado de maneira incorreta.
Por que ele foi armazenado de maneira incorreta?	Ele foi armazenado em galões contaminados.
Por que ele foi armazenado nessas condições?	O processo exigiu uma demanda maior de combustível e não havia componentes específicos.
Causa raiz: Armazenamento incorreto do combustível.	

Quadro 06 - Tempos de reparação

Falha	Causa	Tempo de reparação/substituição (horas). Preventiva x <b>Corretiva</b>	Quantidade de grãos que deixam de ser colhidos (litros).
Quebra do braço inferior do sistema hidráulico de três pontos.	Falta de treinamento do operador.	0,2 / <b>3,2</b>	960 / <b>15.360</b>
Superaquecimento do motor.	Meta a ser atingida.	$1+0,8+0,7=2,5$ / <b>5,5</b>	12.000 / <b>26.400</b>
Entrada de ar no sistema de alimentação de combustível.	Falta de controle da manutenção.	$3,1+1+2,1+0,3$ $= 6,2$ / <b>9,2</b>	29.760 / <b>44.160</b>
Pane geral do motor.	Armazenamento incorreto do combustível.	$11,3+5,3+5,4+5,4$ $+1,2+1,2=29,8$ / <b>39,8</b>	143.040 / <b>191.040</b>

Fonte: O autor.

## 6.2 Comparativo entre manutenção preventiva e corretiva não planejada

Quadro 07 - Comparativo entre a manutenção corretiva e preventiva



Fonte: o autor

**Nota:** foram acrescentadas em média três horas para a reparação de menores intensidade e dez horas para a de maior intensidade, considerando uma manutenção corretiva não planejada, admitindo que o equipamento esteja em um raio de 30 KM da cidade.

### 6.2.1 Recomendações para se evitar

- a) Quebra do braço inferior do sistema hidráulico de três pontos: Quando transportar implementos certifique-se que os estabilizadores telescópicos estão travados evitando frenagem ou arrancadas bruscas principalmente em terrenos acidentados.
- b) Superaquecimento do motor: Deve ser efetuada a limpeza ou troca dos elementos filtrantes do sistema de ar, da válvula de descarga de pó, da máscara e colmeia do radiador, verificando todo o conjunto de arrefecimento e se necessário substituir o líquido do sistema de arrefecimento atentando sempre para o reabastecimento com uma mistura de água limpa mais aditivo de modo que o nível fique acima das células do radiador e nunca utilizar diferentes tipos de marcas de aditivos.
- c) Perda de potência, entrada de ar no sistema de alimentação de combustível: Verificação de todo o conjunto do sistema de alimentação, drenagem ou se necessário limpeza do pré-

filtro de decantação, verificação ou substituição dos elementos filtrantes dos filtros de combustível, limpeza do filtro e tanque de combustível, verificação das tubulações e mangueiras com atenção também para as conexões que possuem sistema de filtragem.

d) Pane geral do motor: Sempre utilizar o armazenamento com tanque específicos.

#### 6.2.2 Criação de ações/mecanismo para evitar que ocorram as falhas

- a) Quebra do braço: Deveria ser criado um mecanismo automático que, quando acionado o sistema hidráulico de levantamento traseiro, ele ajustasse automaticamente, não havendo a necessidade do operador intervir no sistema.
- b) Superaquecimento do motor: Quando o motor superaquecer deveria aparecer um alerta no painel com um código de falha informando o que está acontecendo imediatamente imobilizando o equipamento.
- c) Entrada de ar no sistema de alimentação de combustível: semelhante ao superaquecimento do motor deveria aparecer um código no painel informando a falha.
- d) Pane Geral do motor: Deve ser feita a armazenagem correta do combustível evitando o armazenamento em galões.

## **7 MOTIVOS PARA A UTILIZAÇÃO DA MANUTENÇÃO PREVENTIVA NOS EQUIPAMENTOS.**

- a) Período determinado de operação contínua: O período da safra possui o tempo certo para ser feita, podendo ser feita 24 horas por dia. Assim, o equipamento deve estar em plena condição de trabalho procurando evitar ao extremo a ocorrência da falha.
- b) Segurança do pessoal: o equipamento pode trabalhar em terrenos acidentados onde a falha provoca situação de risco ao operador e terceiro, devemos considerar a segurança do pessoal como fator preponderante.
- c) Risco ao meio ambiente: a manutenção e operação incorreta do equipamento pode ocasionar risco ao meio ambiente como vazamento de óleo, graxa, aditivo entre outros.
- d) Peças de reposição: O valor das peças de reposição viabiliza a sua substituição.
- e) Manutenção periódica: A manutenção periódica visa ser feita de forma que os serviços de manutenção devem ser executados em intervalos de tempos especificados de forma a não atrapalhar o processo de produção.
- f) Simplicidade na reposição: Grande parte dos componentes são de fácil substituição.
- g) Falhas e produção: as falhas prejudicam o andamento dos serviços e deixam a produção toda parada.

## 8 CONCLUSÃO

Em qualquer tipo de planta ou equipamento, sempre haverá espaço para todos os tipos de manutenção. O tipo a ser escolhido é uma decisão gerencial, que levam em conta a melhor adequação do equipamento em favorecer aplicação de determinado tipo de manutenção.

Dessa forma, deve-se adotar a manutenção preventiva como pratica do dia-a-dia nos tratores agrícolas e esta deve ser feita em intervalos de tempos programados, para facilitar a organização do trabalho, de maneira a manter o processo de produção em ritmos acelerado minimizando os custos.

Vale ressaltar que, como o equipamento trabalha em áreas que oferecem risco a vida humana, a falha coloca a segurança dos colaboradores em situação de risco e um acidente pode ser fatal, havendo assim, a necessidade da utilização da manutenção preventiva, uma vez que, para este caso o fator de segurança sobressai sobre os demais

Portanto, a análise da causa raiz de falha mostra à administração onde tudo começou, dando a gestão a possibilidade de encontrar caminhos e maneira a evitá-las. A manutenção preventiva mostra sua viabilidade de utilização como redução de custo, tempos improdutivo dos equipamentos parado, entre outros.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Ciência Moderna, 2008. 276 p.

BRITTO, Jorge Nei. **Root Cause Failure Analysis**. Dynamic Services, 2012.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de Máquinas**. 9. ed. São Paulo: Érica Ltda, 2011.

MOURA, Carlos Roberto dos Santos; CARRETEIRO, Ronaldo P. **Lubrificantes e Lubrificação**. 2. ed. Rio de Janeiro: JR. Ed. Técnica, 1987.

PINTO, Alan Kardec; XAVIER, Júlio de Aquino Nascif. **Manutenção: Função Estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009. 384p.

VALTRA. **Manual do operador e certificado de garantia**: BF 65: BF75. Mogi das Cruzes, SP, 2011.

VALTRA. **Dicas de manutenção**. 2013. Disponível em:  
<<http://www.valtra.com.br/suporte/dicas-de-manutencao>>. Acesso em: 28 Agosto 2013 13:00.

VARELLA, Carlos Alberto Alves; **Introdução ao Estudo dos Tratores Agrícolas**. Rio de Janeiro: UFRRJ, [200-?].