



CENTRO UNIVERSITÁRIO SENAI CIMATEC
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GESTÃO DA MANUTENÇÃO

ALEXSANDRO BATISTA DE OLIVEIRA

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENIBILIDADE NA CONSTRUÇÃO DE
PRÉ-PLANOS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA**

Salvador

2019

ALEXSANDRO BATISTA DE OLIVEIRA

**A IMPORTÂNCIA DA MANUTENIBILIDADE NA CONSTRUÇÃO DE PRÉ-PLANOS
DE MANUTENÇÃO CORRETIVA**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de Pós-Graduação em Gestão da Manutenção do Centro Universitário SENAI CIMATEC como requisito final para obtenção do título de especialista.

Orientadora: Prof^a. MSc. Marinilda Lima

Salvador

2019

A IMPORTÂNCIA DA MANUTENIBILIDADE NA CONSTRUÇÃO DE PRÉ-PLANOS DE MANUTENÇÃO CORRETIVA

Alexsandro Batista de Oliveira¹

Marinilda Lima Souza²

RESUMO

Mesmo com a crescente evolução no campo das manutenções, a manutenção corretiva tem se mostrado ainda presente nas mais diversas instalações produtivas. A ocorrência repentina da manutenção corretiva causa transtornos tendo como principal consequência a interrupção da produção, pela perda da função de um item ou sistema. A Manutenibilidade é uma aliada fundamental no momento em que esse tipo de manutenção é requerido, auxiliando as equipes de manutenção a devolverem a função perdida. Planejar corretivas que ainda não ocorreram, parece paradoxal, contudo, a crescente competitividade do mercado e os históricos de manutenção demonstram que é possível. É necessário construir um contexto onde as equipes de manutenção estejam cada vez mais bem assessoradas. Assim, o presente trabalho fundamenta-se nos conceitos da Manutenibilidade para ressaltar a necessidade de se construir um contexto favorável à manutenção corretiva não planejada, apresentando uma proposta de modelo de manutenção corretiva não planejada, construído a partir de cenários de manutenção corretiva não planejadas. Idealizando as falhas e suas consequências antes mesmo da sua ocorrência, baseados nos modos de falha possíveis de cada equipamento, e nos registros de históricos de manutenção.

Palavras chave: Manutenção, Corretiva não planejada, Manutenibilidade, Cenários de manutenção.

1 INTRODUÇÃO

Com o crescente aumento da competitividade entre as organizações, a iminente necessidade de otimização de processos e a constante necessidade de redução de custos, os processos de manutenção de equipamentos se vê diante da necessidade de implementar ações que visem a otimização de suas atividades, objetivando um melhor desempenho de suas ações.

¹ Pós Graduando em MBA Gestão da Manutenção. Centro Universitário SENAI CIMATEC. E-mail: aboliveira2006@hotmail.com.

² Mestre em Gestão e Tecnologia Industrial. Possui MBA em Gestão da Manutenção. Centro Universitário SENAI CIMATEC. E-mail:marinilda.lima@fieb.org.br.

Um processo de manutenção deve ter como missão, manter o processo produtivo, no qual está inserido, capaz de realizar sua função primaz, ou seja, produzir. Em outras palavras, a manutenção enquanto processo, deve manter o processo produtivo sem paradas. No entanto, as ocorrências das falhas, as quais segundo Slack, Chambers & Johnston (2013) ocorrem quando há dano parcial ou total em um equipamento de um sistema produtivo de modo que venha a comprometer o índice de produção, se tornam um entrave no que diz respeito à missão da manutenção. No entanto sob certa ótica, as falhas de equipamentos se tornam, paradoxalmente a razão de existir de um processo de manutenção, devido à sua inevitabilidade plena.

Visto que a ocorrência das falhas de equipamentos em um processo produtivo é algo inevitável e inerente ao processo, as organizações devem, por meio do processo de manutenção levar essa possibilidade a níveis considerados aceitáveis. E não apenas isto! Estas devem estar preparadas para de forma rápida, responder às necessidades do processo produtivo quando este for interrompido pelas falhas.

Ao longo da história da evolução da manutenção percebe-se que, as técnicas e metodologias utilizadas vêm sofrendo avanços significativos. Ganhos no tange as técnicas voltadas para a manutenção preventiva bem como para as preditivas são vistos, com o surgimento de equipamentos e *softwares* cada vez mais modernos. Contudo nenhuns desses avanços garantirão, que manutenções corretivas não virão a ser necessárias.

Visto que a corretiva sempre estará presente no contexto da manutenção, o presente trabalho vem propor um modelo de gerenciamento das referidas manutenções, em um universo industrial, que possibilite a redução dos índices de MTTR (*Mean Time to Repair*) ou TMRP (Tempo médio para reparo). A proposta contida nesse modelo se baseia no mapeamento e construção de possíveis cenários de corretivas por meio do levantamento e controle de todas as questões existentes no seu entorno que possam influenciar negativamente nos referidos índices.

A necessidade de metodologias como estas, se deve ao fato de que a manutenção deve ter um preparo prévio, que contemple soluções para correção da falha quando esta ocorrer. Essas metodologias proporcionam

impactos positivos no tempo de resposta ou de reparo representado pelo MTTR ou TMR. Os critérios contidos no conceito de Manutenibilidade formam a base para fundamentar o trabalho aqui apresentado.

2 DESENVOLVIMENTO

Conforme citado por Branco Filho (2008), o Dicionário de Termos de Manutenção, afirma que a manutenção é:

Um conjunto de ações para detectar, prevenir ou corrigir as falhas ou defeitos, falhas funcionais ou potenciais, com o objetivo de manter as condições operacionais e de segurança dos itens, sistemas ou ativos. BRANCO FILHO (2008, p.34)

As ações de manter, conforme definição acima devem englobar os mais diversos tipos de esforços que possam principalmente garantir a preservação da função do item ou ativo (manutenção preventiva e preditiva) e em última instância, devolver essa função ao item, quando esta vier cessar em decorrência de uma falha.

Todos os esforços desenvolvidos nas atividades de manutenção visam evitar a degradação dos equipamentos e das instalações, proveniente do desgaste natural e pelo uso, como afirma Xenos (2014). Logo, entende-se que as falhas sempre farão parte do ciclo de vida dos equipamentos demandando assim alguma ação de manutenção. A preservação da função de um item, portanto, se torna a busca incansável da manutenção, já que é comum a ocorrência de desgaste e não há como evitá-lo.

Como já citado, faz parte das competências da manutenção prever, detectar e prevenir as falhas e em fim, corrigi-las. Na construção de métodos que compreendam o desenvolvimento dessas competências, a manutenção deve, portanto, estar sempre preparada. Seus esforços, voltados para o uso de técnicas como, de planejamento, gerenciamento de estoques, gerenciamento de informação, gestão de pessoas, dentre outras, devem atender a manutenção de um modo geral, no que diz respeito aos

tipos de manutenção, visando manter ou devolver a função do equipamento.

2.1. A MANUTENÇÃO CORRETIVA

Em termos gerais, a manutenção corretiva é conceituada como aquela que sempre é feita após a ocorrência da falha, como afirma Xenos (2014). Portanto, corrigir, essa é a meta da manutenção corretiva, como seu nome sugere.

A manutenção corretiva pode ser subdividida em dois tipos: Corretiva não-planejada, Corretiva planejada

Para Kardec & Nascif (2013) a manutenção corretiva não planejada é aquela que se caracteriza por ser aleatória, ou seja, é realizada quando a falha ocorre. Esta pode acarretar elevados custos devido às paradas repentinas de produção, comprometimento da qualidade dos produtos e aumento indireto dos custos de manutenção. Ainda para os referidos autores, a manutenção corretiva planejada é conhecida por envolver uma decisão gerencial na correção da falha. Neste tipo de manutenção, mesmo que o objetivo seja corrigir a falha já instalada, há a possibilidade mediante informações prévias, de se fazer um planejamento da ação de correção.

Observa-se por meio que a ação de correção feita por parte da equipe de manutenção, não é vista com bons olhos quando esta não vem acompanhada de nenhuma outra que possa prevê a falha. É bem verdade que índices elevados de manutenção corretiva refletem um tipo de visão antiquado de manutenção, característico da primeira fase da história da manutenção, iniciado nos anos de 1930, indo até a segunda grande guerra, como afirmam Kardec & Nascif (2013). Contudo, esse tipo de manutenção não pode ser desconsiderado, devido à sua inevitabilidade.

No período entendido como a primeira fase da manutenção, conforme Kardec & Nascif (2013) afirmam, os serviços de manutenção não era algo sistematizado. Havia a predominância do pensamento de que “todos os equipamentos se desgastavam com o passar dos anos, vindo a sofrerem falhas ou quebras”. Os reparos nos equipamentos eram feitos

apenas após a quebra destes, fundamentando assim a manutenção dessa época, em corretivas não planejadas. Não havia quaisquer preocupações com questões referentes à produtividade, e basicamente o que se esperava do pessoal de manutenção era a habilidade para realizar os ditos reparos.

Levando em consideração o cenário descrito anteriormente, a manutenção corretiva é vista como uma vilã, e isso de certa forma, é uma verdade. Contudo isso não deve ser motivo de que a mesma seja sentenciada ao esquecimento, vindo a ser lembrada quando esta for necessária, ou seja, quando a falha já tenha comprometido totalmente a função de um equipamento ou sistema.

É importante ressaltar, mesmo que a manutenção corretiva embora seja caracterizada como algo ultrapassado e que esta incorra em possíveis elevações de custos, ela ainda continua sendo uma forma de manutenção, sendo portanto ainda praticada. O problema não está na sua prática em si, visto que as gerencias de manutenção, vez por outra, necessite da mesma. O problema está na forma como esta é praticada. Se de modo pensado ou aleatório. Faz-se necessário observar alguns critérios que possam justificar o uso da manutenção corretiva, tais como: A relação custo x benefício compensa (Quando o item ou equipamento tem baixo valor agregado ou causa baixo impacto na produção; quando tenho pessoal suficiente); Não há ações preventivas viáveis.

Visto que de uma forma ou de outra e embora indesejada, a manutenção corretiva está presente no dia-a-dia da manutenção, se faz necessário o desenvolvimento de mecanismos que atuem na diminuição dos seus impactos, pelo aumento da produtividade da manutenção na diminuição do tempo médio para reparo (TMPR ou MTTR).

A manutenção corretiva planejada como já visto, vem acompanhada da possibilidade do planejamento baseado nas informações que irão nortear as decisões gerenciais. Ainda que essa decisão seja deixar o equipamento operar até a perda total da sua função, um cenário propício para a manutenção ocorrer de forma rápida e satisfatória deve ser montado. A Tabela 1 mostra alguns itens que compõe o contexto da

manutenção os quais devem ser levados em consideração durante a construção de possíveis cenários de manutenção corretiva.

Tabela 1 – Contexto da Manutenção

<i>ESTRATEGIA DE MANUTENÇÃO</i>	<i>SOBRESSALENTE</i>	<i>PADRÕES E PROCEDIMENTOS</i>	<i>FERRAMENTAL</i>	<i>PESSOAL</i>
1.Reparar em campo?	1.Item normal de estoque?	1.Existem padrões documentados?	1.Há necessidade de ferramentas específicas?	1.Suficiente? 2.Experiente? 3.Treinado?
2.Reparar em oficina?	2.Compra direta conforme necessidade?	2.Há históricos registrados?	2. Há necessidade de dispositivos específicos?	
3.Substituir por reserva?				

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2018)

2.2 MANUTENIBILIDADE, CONCEITOS E IMPORTÂNCIA.

Como existe sempre a necessidade de se manter os equipamentos e sistemas, igualmente sempre irá existir fatores que dificultam e outros que facilitam a execução da manutenção. É sobre o grau desses fatores, que o conceito de Manutenibilidade se fundamenta.

Para Xenos (2014) a Manutenibilidade diz respeito a todo esforço envolvido no contexto da manutenção, cuja a finalidade é promover um certo grau de facilidade de execução da manutenção, dentro de um dado período de tempo.

Conforme afirma François Monchy (1989), *apud* Kardec & Nascif (2013), Manutenibilidade é:

A probabilidade de reestabelecer a um sistema suas condições de funcionamento específicas, em limites de tempos desejados, quando a manutenção é conseguida nas condições e com meios prescritos. MONCHY (1989), *apud* KARDEC & NASCIF (2013, p.116).

Segundo Lafraia (2001), o termo Manutenibilidade ou Manutenibilidade pode ser conceituado como: características de um item, adquiridas desde o seu projeto que expressam a probabilidade deste, sob condições prescritas, ser operado dentro de custos esperados.

Ainda para Lafraia (2001), Manutenibilidade refere-se ao tempo médio de manutenção ativa (*Mean Active Maintenance Time – MAMT*).

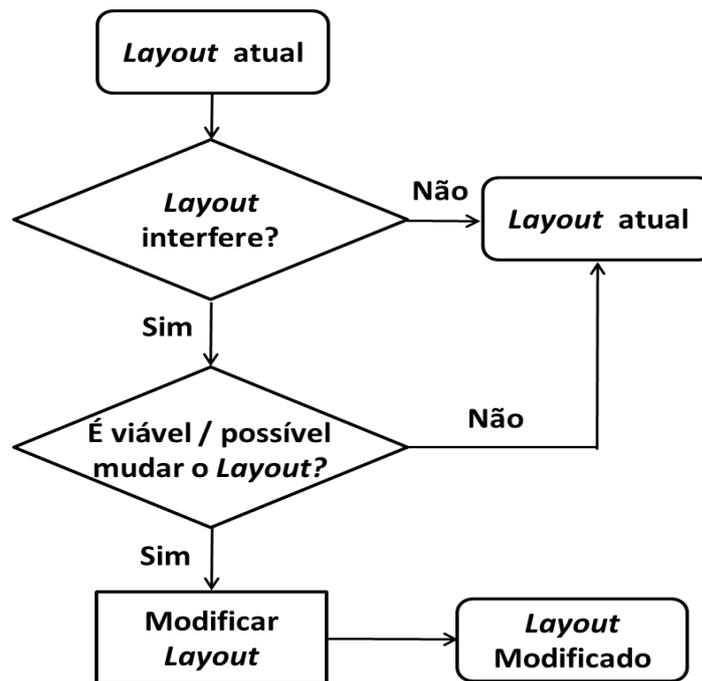
Tempo este que sofre influência por parte do projetista do equipamento na sua fase de projeto.

As ideias contidas na palavra projeto, dentro dos conceitos de Manutenibilidade, induz pensar que todos os fatores que influenciam negativamente no tempo de manutenção, são levantados previamente. Embora esse levantamento seja o ideal, contudo o que se vê na prática, diverge dessa filosofia. Principalmente no que diz respeito às corretivas não planejadas.

É comum observar projetos de instalações e até mesmo de concepção de equipamentos que não focam em todos os detalhes referentes à Manutenibilidade. Os itens abaixo exemplificam questões de Manutenibilidade a serem observadas nos projetos em um contexto de manutenção: *Layout*: Deve-se avaliar as questões ergonômicas, acessibilidade de modo geral para: máquinas de carga, inspeção e manutenção; influência de outros equipamentos; Gerenciamento de informações: Desenhos técnicos atualizados, lista de sobressalentes atualizadas, registro de históricos. Gestão de estoques: quantidade de sobressalentes e lista de fornecedores definidas e atualizadas; Ferramental: Definição de ferramentas especiais e dispositivos; Padrões: procedimentos, manuais, desenhos técnicos; Pessoal: Quantidade e qualificação adequada.

Observa-se que algumas questões referentes à Manutenibilidade são mais complexas, por envolver projetos mais robustos ou de alto investimento e que praticamente mantem-se inalteráveis, como o *Layout* das instalações por exemplo. Assim sendo, se faz necessário uma análise de todo o cenário (físico e não físico) em que o equipamento está inserido, no intuito de se identificar e tratar todas as questões que influenciam para a melhoria da Manutenibilidade. A Figura 2 a seguir, ilustra um processo de avaliação de um item que pode interferir na realização de uma manutenção de um equipamento.

Figura 2 – Processo de avaliação



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

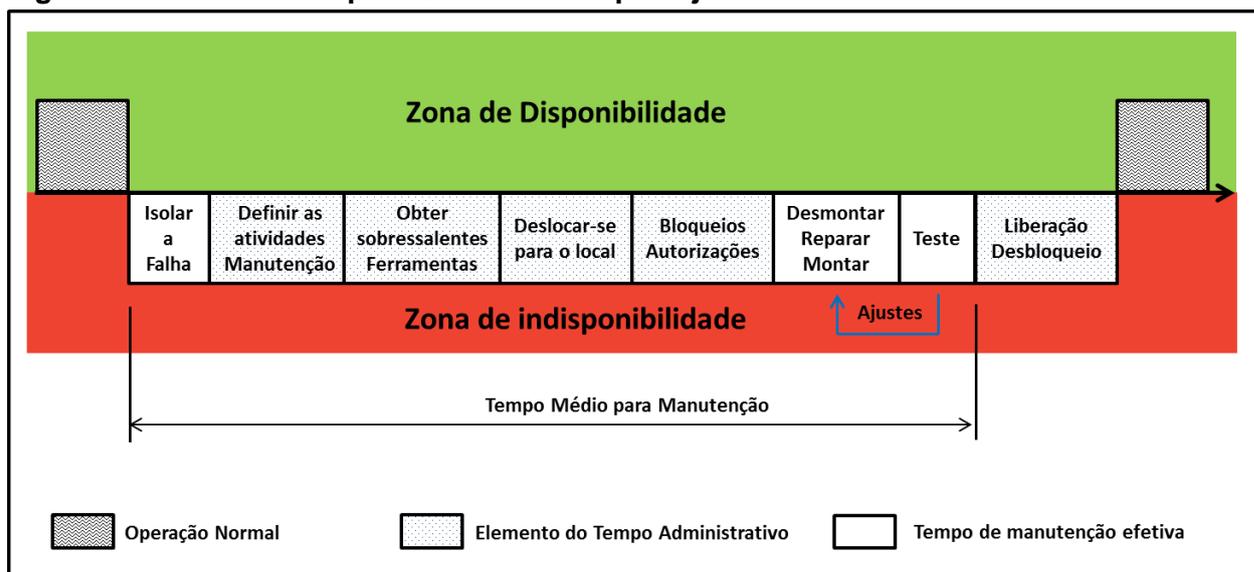
A ideia contida no exemplo citado na Figura 2 baseia-se na necessidade da avaliação das questões referente à manutenção corretiva não planejada. Ela serve de base para todos outros itens de influência na baixa Manutenibilidade, não apenas para a questão do *Layout*.

A avaliação das questões sobre Manutenibilidade também deve fundamentar-se na observação da própria manutenção corretiva. Em outras palavras, deve-se observar o fluxo seguido pela manutenção desde a falha até a sua eliminação, especialmente num cenário de corretiva não planejada. Essa observação possibilita o levantamento das fases envolvidas e seus tempos, permitindo identificar as oportunidades e possibilitando um direcionamento de possíveis ações de melhoria. A Figura 3 demonstra um fluxo de manutenção corretiva não planejada e suas fases de interação.

É importante observar, que fazendo uma classificação dos tempos descritos na Figura 3, têm-se dois grandes grupos de tempos: Tempo administrativo e processo de liberação: Representa toda energia gasta nos levantamentos prévios das informações necessárias no planejamento (possível, visto se tratar de uma corretiva não planejada) e na obtenção de

ferramentas, dispositivos, sobressalentes, bloqueios / desbloqueios operacionais, autorizações (Permissão de trabalho, *cheque-list* de bloqueios, autorizações específicas para serviços críticos à segurança, etc); Tempo de manutenção efetiva: Identificação da falha, manutenção propriamente dita e testes (tempo esse que poderia ser chamado de TMRP puro).

Figura 3 – Linha do Tempo – Corretiva não planejada



Fonte: Adaptado de Lafraia (2001)

É perceptível que boa parte do tempo compreendido entre a falha e sua eliminação está dentro do grupo administrativo. Essa percepção vai na contramão da noção errônea de que manutenção é apenas a intervenção propriamente dita no equipamento. Justificando assim, a necessidade da observação do fluxo de manutenção.

O objetivo de se observar o fluxo da manutenção, descrito na Figura 3, é apenas um: estudar possibilidades de se reduzir o TMRP. A observação permite a identificação detalhada das fases e tempos da manutenção, possibilitando o desenvolvimento de ações pautadas nos conceitos de Manutenibilidade no intuito de se promover uma atenuação no grau de dificuldade da manutenção. Essa atenuação por sua vez, aumentaria a probabilidade de reestabelecimento da função do equipamento, que em fim reduziria o TMRP.

Cada etapa contribui de alguma forma no tempo total de máquina parada. Portanto, é importante que estudos e medições sejam feitos em

cada uma delas antes da construção das ações de redução do TMR. O objetivo é identificar de forma representativa e estatística quanto cada fase contribui para o TMR.

É óbvio que num processo de melhoria contínua, ações desenvolvidas em todas as fases, seriam necessárias. Contudo, conforme a observação detalhada por partes, um maior direcionamento das energias necessárias pode e deve ser feito. Essas ações devem seguir um fluxo de priorização, sendo aquelas que mais contribuem para o tempo total de máquina parada, colocadas em primeiro lugar. Assim a possibilidade de redução no TMR se torna mais tangível.

2.3 A INFLUÊNCIA DA MANUTENIBILIDADE NA DISPONIBILIDADE

Resumindo o *status* de um equipamento conforme Figura 3 ilustra, observa-se a existência de apenas duas condições: disponível ou indisponível. Espera-se que o tempo de indisponibilidade seja o menor possível e a disponibilidade seja a maior possível.

A disponibilidade, conforme Lafraia (2001) é a medida do grau que expressa a capacidade de um item desempenhar sua função no tempo. Ela pode ser expressa por:

$$Disponibilidade = \frac{\text{Tempo total disponível (operável)}}{\text{Tempo total disponível + tempo de manutenção}}$$

Os diversos aspectos (já citados) que estão no entorno da manutenção de um equipamento, principalmente no caso de uma corretiva não planejada, acabam por interferir negativamente na sua disponibilidade. O somatório dos tempos dessas atividades definirá o grau da influência exercida por estas na disponibilidade.

Como a Manutenibilidade diz respeito às questões de acessibilidade, facilidade de diagnóstico de falhas, e tudo mais que auxiliem na manutenção da função do equipamento, o impacto da baixa manutenibilidade na disponibilidade de um equipamento, é direto. Portanto, deve ser objetivo da Manutenibilidade a otimização de todos os intervalos

de tempo de indisponibilidade do equipamento. Sejam eles referentes à manutenção preventiva ou corretiva.

Na Figura 3, consta uma série de atividades necessárias para reestabelecer a disponibilidade de um item por meio da corretiva não planejada. Cada atividade apresentará normalmente um grau de dificuldade e um tempo necessário para sua realização, impactando inevitavelmente na disponibilidade. É nesse contexto que a Manutenibilidade influenciará positiva ou negativamente, aumentando ou não o tempo de cada uma dessas atividades, devido a esse grau de dificuldade.

2.3.1 Construção de Cenários

A expressão corretiva não planejada traz consigo uma falsa sensação de que as ações no entorno do tipo de manutenção que leva esse nome, não podem ou não devem ser planejadas. Esse pensamento acaba destinando as atenções necessárias a ela, ao fervor do momento em que falha ocorre. Isso pode prejudicar em muito a devolução da função perdida por parte do equipamento, comprometendo a sua disponibilidade.

Levando em consideração que os cenários de corretivas não planejadas na sua grande maioria se repetem, algumas das atividades descritas no fluxo de manutenção corretiva não planejada, podem e devem ser pré-definidas. Na prática, a construção do fluxo de manutenção necessário em decorrência de uma falha, já é feita pelas equipes de manutenção, mesmo que na hora da falha, porém, de maneira instintiva. Essa maneira, geralmente se apresenta como não sistematizada e informal, podendo comprometer o tempo de manutenção, aumentando o TMR do equipamento. Isso levanta a necessidade de se encontrar meios que minimizem essa possibilidade.

Embora se trate aqui, de manutenção não planejada, as ideias contidas na palavra planejamento, devem ser observadas e usadas, auxiliando na construção de cenários de manutenção esboçados por meio de pré-planos de manutenção, os quais estão inseridos no objetivo deste trabalho.

A palavra planejar traz uma ideia de se fazer plano; projetar, traçar; fazer tensão ou resolução de; tencionar. Esses conceitos dão uma ideia de preparação presente que visa um futuro. Para que haja uma preparação futura no sentido do planejamento em relação à perda inesperada da função, se faz necessário lançar mão de recursos, que na maior parte dos casos já estão disponíveis nas organizações. Segue alguns exemplos destes: Mão-de-obra especializada; *Know-How* da equipe de manutenção (o que pode ser chamado de capital intelectual ou capital intangível); Registros e históricos de manutenção; Ferramentas e dispositivos.

É importante salientar que se configura um desperdício, não fazer menção à contribuição dada por estes recursos na construção do planejamento de manutenção. Esse comportamento inviabiliza totalmente a possibilidade de construção de um sistema que vise deixar a manutenção preparada para qualquer emergência.

A experiência da equipe de manutenção atrelada aos históricos gerados por estas, é de fundamental importância nesse processo. Esses históricos devem conter informações detalhadas, tais como: modo de falha, seus efeitos e causas, recursos utilizados, peças substituídas, máquinas e dispositivos utilizados, dificuldades e oportunidades de melhorias encontradas, bem como todas as ações relevantes envolvidas na manutenção. Registros fotográficos, por exemplo, ajudam em intervenções futuras, definindo a utilização de uma máquina de carga quanto ou seu posicionamento, ou localização para montagem de estruturas provisórias, como andaimes e etc, que poderão mitigar dificuldades provenientes do *Layout* das instalações, por exemplo.

O *Know-How* da equipe de manutenção na execução das corretivas não-planejadas constitui-se em outro fator indispensável na construção dos pré-planos, visto que é ela quem atua diretamente no momento requerido pela falha, desde a construção de uma ordem de serviço, execução do mesmo e fechamento da ordem. É necessário, portanto, a apropriação e retenção dos conhecimentos gerados pela *expertise* dessa equipe, no intuito de se elaborar procedimentos de montagem, por exemplo, contribuindo assim, para construção de cenário e de pré-planos de manutenção.

Outros conceitos importantes no processo de construção de pré-planos, estão dentro da disciplina da Manutenção Centrada na Confiabilidade – MCC. A ferramenta FMEA (*Failure Modes and Effects Analysis*), conhecida por ter sido utilizada no projeto Apollo nos anos 60, pode dar grandes contribuições nesse contexto.

Segundo Lafraia (2001), FMEA é uma ferramenta estruturada de forma lógica e indutiva que visa identificar antecipadamente causas e efeitos de falhas em sistemas ou produtos. O processo de utilização da ferramenta visa em resumo, encontrar uma ação corretiva para cada modo de falha provável, conforme demonstra Tabela 2.

Tabela 2 – FMEA

<i>EQUIPAMENTO</i>	<i>FUNÇÃO</i>	<i>FALHA FUNCIONAL</i>	<i>MODO DE FALHA</i>	<i>AÇÃO CORRETIVA</i>
1. Bomba centrífuga	1. Transferir água do tanque X para o tanque Y na vazão mínima de 800 l/min	1. Incapaz de transferir nenhuma água	1. Mancais fundidos; 2. Quebra do impelidor; 3. Cisalhamento do acoplamento; 4. Queima do motor; 5. Obstrução total de linhas (sucção ou descarga)	1. Substituir mancais; 2. Substituir impelidor; 3. Substituir acoplamento; 4. Substituir motor; 5. Desobstruir linhas (sucção ou descarga)

Fonte: Adaptado de Lafraia (2001)

O pensamento indutivo estimulado pela ferramenta FMEA contribui para a idealização de cenários necessários para se construir os pré-planos de manutenção objetivados pelo presente trabalho. O objetivo desse pensamento não é prevê apenas a ação efetiva em si. Mas, a partir desta, desenvolver previamente as ações necessárias para que a mesma ocorra.

Como o próprio Lafraia (2001) afirma, não é interessante que sejam listados todos os modos de falhas possíveis na construção de um FMEA. Deve ser levada em consideração a probabilidade de ocorrência das falhas nesse processo. Segue alguns exemplos listados pelo referido autor: Falhas já ocorridas antes em itens similares; Falhas já observadas na falta de manutenção preventiva; Falhas não ocorridas e que podem ocorrer de fato; Falhas improváveis com consequências catastróficas.

Ao considerar a real probabilidade de ocorrência da falha, a construção dos pré-planos se torna uma tarefa mais assertiva. Isso pode

auxiliar as equipes de manutenção, no que diz respeito à previsão das ações necessárias antes mesmo que as falhas ocorram. O que por sua vez, pode contribuir para uma boa Manutenibilidade dos equipamentos, possibilitando a redução do seu mais conhecido indicador, o MTTR.

Percebe-se que a proposta de construção de pré-planos de manutenção para corretivas não planejadas, não é uma tarefa de grandes complexidades. Visto que apenas uma definição ordenada para utilização de recursos já existentes e disponíveis à manutenção, pode promover essa construção.

Vale ressaltar que, a construção de modelos do tipo que aqui, no presente trabalho é proposto, não contribui apenas para um melhor desempenho durante manutenções corretivas não planejadas. A contribuição proporcionada por este modelo pode perfeitamente ser vista, também, durante a execução de outros tipos de manutenção.

Essa proposta pode se apresentar como uma alternativa viável para a redução do tempo improdutivo em equipamentos e sistemas produtivos. Principalmente em cenários de acirrada competição, onde os sistemas produtivos são cada vez mais demandados quanto à sua produtividade quase que ininterrupta.

3 ESTUDO DE CASO

O estudo de caso foi realizado em uma empresa que atua no setor petroquímico, situada na região metropolitana da cidade de Salvador, na Bahia. A equipe de manutenção da empresa conta com um robusto corpo técnico constituído por profissionais das mais diversas especialidades como: mecânica, elétrica, instrumentação e outras. Estes atuam nas áreas de confiabilidade, planejamento e programação, projetos e na manutenção propriamente dita, ou seja, na execução dos serviços de manutenção.

A rotina da manutenção é composta de todos os tipos conhecidos de manutenção: corretivas (planejadas e não planejadas), preventivas, preditivas, detecção, engenharia de manutenção. O processo produtivo é bastante longo. O tempo decorrido para que 01 tonelada de matéria prima se transforme em 01 tonelada de produto, chega a 168 h. Além de extenso,

o processo possui características degradantes aos equipamentos, devido à abrasividade e corrosão química de seus insumos, influenciando diretamente no alto volume de manutenções corretivas.

Para atender a essa realidade, o processo conta com um número bastante elevado de equipamentos. Como exemplo, destacam-se as mais de 300 bombas, as centenas de tanques e mais uma infinidade de diversos outros equipamentos inseridos no processo.

Como a organização possui um parque extenso de equipamentos e o processo produtivo atua de forma ininterrupta 24 h / dia. Este cenário acarreta que o dia-a-dia da manutenção seja bastante intenso, justificado por um *backlog* de 32,54h e manutenções corretivas que ultrapassam 50% das intervenções, sendo 16,1% destas consideradas horas reativas, em outras palavras, corretivas não planejadas. Essa realidade justifica a necessidade da evolução na maneira de atuação das equipes de manutenção, a fim de conferir ao processo produtivo confiabilidade e disponibilidade sempre crescentes.

3.1 PRÉ-PLANOS DE MANUTENÇÃO

Para a construção prévia de cenários onde a manutenção corretiva seja a única alternativa, uma série de determinações devem ser definidas. Algumas indagações são necessárias para nortear o processo de construção dos pré-planos de manutenção conforme ilustra a Figura 4.

Figura 4 – Construção prévia de cenários



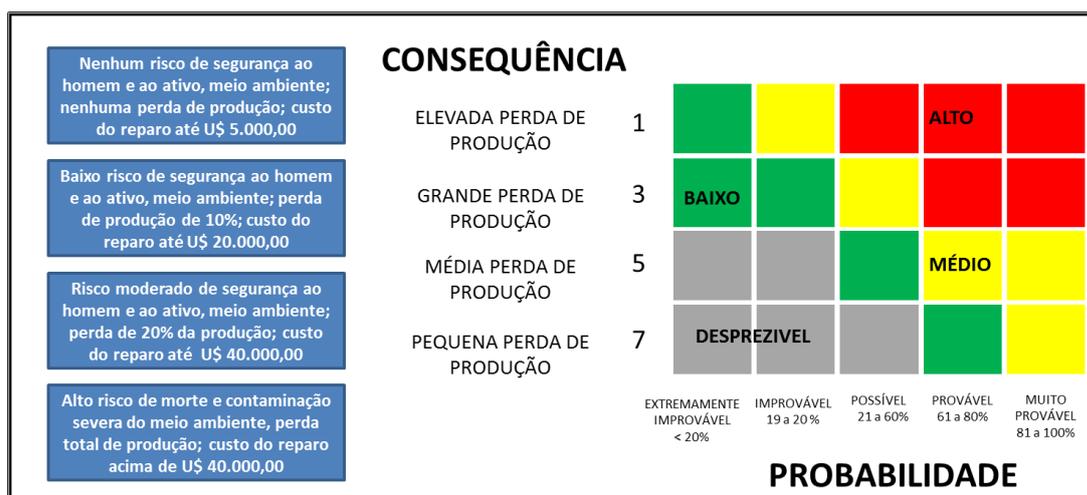
Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O processo de construção dos pré-planos de manutenção (Anexo 1) proposto no presente trabalho, passa por uma sequência de quatro etapas, como segue: mapeamento, construção de cenários, definição de ações, criação de padrões.

Processo 1 - Mapeamento: Essa etapa é constituída pela delimitação do universo dos equipamentos para os quais a organização julga necessário adotar a utilização da metodologia dos pré-planos durante as manutenções corretivas não planejadas.

Obviamente, dentro dos processos onde diferentes equipamentos são utilizados, o nível de atenção dada a cada um, não pode ser o mesmo. A Figura 5 traz uma matriz exemplificando uma forma de selecionar aqueles equipamentos que devem ser avaliados mais detalhadamente, no intuito de se estabelecer um ou mais pré-planos de manutenção.

Figura 5 – Criticidade x Risco de parada



Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A matriz propõe o cruzamento da probabilidade de um evento qualquer ocorrer (que tenha potencial de provocar a perda da função do equipamento) e a consequência desse evento. Como resultado desse cruzamento, tem-se uma classificação qualitativa como se segue: Desprezível, Baixo, Médio ou Alto.

Como a ideia dessa etapa dos processos é fazer o cruzamento - Criticidade x Risco de parada (probabilidade), os critérios que determinam os limites resultantes nos referidos níveis, podem perfeitamente ser alterados a fim de que estes se enquadrem na realidade da organização

que utiliza essa metodologia. O resultado dessa etapa é uma lista dos equipamentos a serem estudados, contendo informações básicas como TAG e função.

Processo 2 - Construção de cenários: Feita a lista e determinado o universo dos equipamentos a serem estudados. O processo seguinte deve voltar-se para os modos de falha mais frequentes, e para a construção de possíveis cenários onde elas estejam inseridas. A construção dos cenários, nada mais é que a análise presente, de prováveis eventos futuros, que envolvem os modos de falha possíveis para o equipamento. A análise realizada neste processo deve conter além da descrição do modo de falha, os prováveis eventos que podem desencadeá-lo, envolvendo componentes específicos do equipamento. Este processo segue a mesma ideia do anterior, contudo o universo de estudo aqui, deixa de ser os equipamentos para ser os seus componentes.

Processo 3 – Definição de ações: Definida a lista dos possíveis modos de falha e os componentes que quando em falha, podem provocá-los. Devem ser levantadas as ações necessárias para a devolução da função perdida ao equipamento. As ações estão resumidas em: estratégia da ação necessária, atividades (manutenção propriamente dita), e levantamento de recursos (humanos e materiais), todos estes expressos detalhadamente, em função da ação definida previamente, para reestabelecimento da condição normal de disponibilidade do equipamento. Dentro desta fase encontra-se também, o item Autorizações, partindo do pressuposto que fatores burocráticos atrelados à execução da corretiva, também devem ser levantados previamente. Esta fase do processo pode ser considerada como a mais importante por ser nela definidos, todos os detalhes necessários no ato da corretiva.

Processo 4 – Criação de padrões: Nesta fase final do processo, um formulário detalhado e específico é criado para cada estratégia assumida, de acordo com cada modo de falha possível e escolhido para a aplicação do método de manutenção corretiva não planejada em questão.

O formulário funciona como *checklist* assegurando que todas as necessidades relevantes, diretamente ligadas à execução da corretiva não planejada, foram ali contempladas previamente.

3.2 REATOR QUÍMICO

Para ilustração dos pré-planos, foi tomado como exemplo no presente trabalho, um sistema composto por 06 reatores químicos da conforme anexo 1. Os reatores trabalham em regime contínuo processando aproximadamente 3m³/h de uma mistura química. Dentre os diversos modos de falha do equipamento, foi isolado um que provoca a perda total da função, que neste caso, foi a quebra de eixos. Um levantamento feito num intervalo compreendido entre 26/12/2017 a 26/12/2018 o qual demonstrou que ocorreram 04 quebras de eixos conforme Tabela 3.

Tabela 3 – MTBF e MTTR

<i>EVENTO</i>	<i>DATA</i>	<i>INTERVALO ENTRE FALHAS (EM HORAS)</i>	<i>DURAÇÃO DO REPARO (EM HORAS)</i>
1	19/03/2018	1992	75
2	03/07/2018	2544	194
3	13/08/2018	984	51
4	17/09/2018	840	220
<i>Fim</i>	26/12/2018	2520	-
<i>Média</i>		1974	135

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

O equipamento em questão é fundamental ao processo da empresa sendo este um dos pontos de medição de desempenho para composição dos indicadores de eficiência. Isso justifica a necessidade de uma atuação rápida em caso de perda da função. A tabela 4 demonstra que 75% dos eventos estudados geraram horas extras, o que reforça a importância do equipamento para o processo e que todos os esforços são feitos para que o mesmo volte de forma breve a produzir.

Tabela 4 - Custos

<i>EVENTO</i>	<i>CUSTO (R\$)</i>	<i>HORAS EXTRAS (HH)</i>
1	64.204,00	13,5
2	88.475,00	7,5
3	85.643,00	7,3
4	68.079,00	0

Fonte: Elaborado pelo autor (2018)

A manutenção dos reatores demanda a atuação de cerca de 10 recursos diferentes, envolvendo uma série de bloqueios, autorizações, liberações e a utilização de ferramentas e dispositivos não usuais no dia-a-dia da manutenção. Isso leva à necessidade de uma maior coordenação

dos recursos envolvidos para melhor atuação destes. Outra questão relevante é o fator segurança, visto que para substituição do par de eixos cujo peso é 3400Kg, se faz necessário a desmontagem quase que total do equipamento e portando, envolve uma série de movimentações de cargas, com a utilização de dois equipamentos diferentes: caminhão munck e talha elétrica. Ainda no quesito segurança, o serviço envolve um risco a mais que é a abertura de linha de ácido sulfúrico, o que exige o uso de EPIs específicos.

Todos os detalhes aqui descritos de forma resumida, demonstram a necessidade de se ter um mecanismo que agilize a devolução da função do equipamento quando esta lhe faltar. Durante este trabalho não foi possível mensurar os efeitos da utilização da metodologia apresentada, visto que a mesma ainda não foi implementada. Contudo, o valor das ideias aqui contidas já é conhecido, os quais contribuem para uma melhor organização do trabalho da manutenção e devem ser observados.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O contexto das manutenções corretivas não planejadas exemplificado no presente trabalho reforça a ideia da necessidade de mecanismos que auxiliem as equipes de manutenção no momento em que esta for solicitada. É necessário conhecer e mapear previamente todos os fatores que influenciam negativamente ou positivamente na atuação das equipes de manutenção. Neste caso, o contexto da manutenção se assemelha a uma unidade de pronto atendimento médico, onde não se sabe quando, como e qual será a próxima emergência. Contudo, o cenário necessário, no sentido de aparatos, habilidades técnicas e tudo mais, são concebidos para a emergência, antes mesmo que esta ocorra.

Portanto, a contribuição da proposta de planejamento demonstrada no presente trabalho, se dá pela possibilidade de aumento da disponibilidade dos equipamentos (confiabilidade), uma melhor organização dos trabalhos das equipes de manutenção com redução do MTTR, bem como, conseqüentemente, o aumento do faturamento da

organização por meio do aumento de produção e redução dos custos de manutenção e dos custos totais de produção.

The importance of maintenance in the construction of corrective maintenance plans

Alexsandro Batista de Oliveira³

Marinilda Lima Souza⁴

Abstract

Even with the increasing evolution in the field of maintenance, corrective maintenance has been still present in the most diverse production facilities. This type of maintenance is known for the disorders generated due to its generally sudden occurrence, having as main consequence the interruption of production, by the loss of the function of an item or system. Maintainability has proven to be a fundamental ally at the time this type of maintenance is required, helping maintenance teams to return the lost function. The ideas contained in the Maintenance Concepts contribute to the preparation and planning of maintenance. Planning correctives that have not yet occurred seems paradoxical. However, the increasing market competitiveness calls for this, and maintenance histories show that it is possible. It is necessary to build a context where maintenance teams are increasingly well advised. Wherever these are, they have all the necessary, minimized resources defined and arranged, especially in the act of the unplanned corrective, in order that the Mean Time to Repair (MTTR), which demonstrates the average time required to return the lost function of an equipment, be the least possible. The present work is based on the Maintenance concepts to emphasize the need to build a context favorable to unplanned corrective maintenance, presenting a proposal of an unplanned corrective maintenance model, built from unplanned corrective maintenance scenarios. Idealizing the failures and their consequences before they even occur, based on the possible failure modes of each equipment, and the maintenance history records.

Keywords: Maintenance, Unplanned Corrective Maintenance, Maintenance Scenarios

³ Graduate in MBA Management of Maintenance. University Center SENAI CIMATEC. E-mail: aboliveira2006@hotmail.com.

⁴ Master in Industrial Management and Technology. He holds an MBA in Maintenance Management. University Center SENAI CIMATEC. E-mail: marinilda.lima@fieb.org.br.

REFERÊNCIAS

KARDEC, Alan; NASCIF, Julio. Manutenção: função estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro:Qualitymark, 2013.

BRANCO FILHO, Gil. A Organização, o Planejamento e o controle da manutenção. 1. ed. Rio de Janeiro: Ciência moderna, 2008.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. Manutenção: função estratégica. 4. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2013.

XENOS, Harilaus Georgius D' Philippos. Gerenciando a Manutenção Produtiva. 2 ed. Nova Lima: Falconi, 2014.

LAFRAIA, João Ricardo Barusso: Manual de Confiabilidade, Manutenibilidade e Disponibilidade. Rio de Janeiro: Qualimatymark: Petrobras, 2001.

ANEXO 1: PRÉ- PLANOS DE MANUTENÇÃO

PROCESSO 1: MAPEAMENTO

LISTA DE EQUIPAMENTOS

N°	TAG	NOME	FUNÇÃO	ÁREA / DIVISÃO
1	BC – 007	Reator químico	Promover reação de transformação química	Área 1

PROCESSO 2: CONSTRUÇÃO DE CENÁRIOS

LISTA DE MODO DE FALHAS

TAG: BC - 007		NOME: Reator químico
MODO DE FALHA		
N°	DESCRIÇÃO	COMPONENTE ENVOLVIDO / FALHA
1	Eixo(s) não gira(m)	1- Eixo(s) do motor rompido(s). 2- Eixo(s) do reator rompido(s). 3- Eixo(s) de um dos redutores rompido(s). 4- Acoplagem motor x redutor rompida. 5- Acoplagem redutor x redutor rompida. 6- Acoplagem redutor x reator rompida. 7- Falha do motor (queimado, eixo rompido) 8- Rolamento de um dos redutores danificado.

PROCESSO 3: DEFINIÇÃO DE AÇÕES

LISTA DE AÇÕES

TAG: BC-007		NOME DO EQUIPAMENTO: Reator químico		
MODO DE FALHA		N°: 01		
		DESCRIÇÃO: 1-Eixo(s) não gira(m)		
		COMPONENTE ENVOLVIDO: 2- Eixo(s) do reator rompido(s).		
AÇÕES NECESSÁRIAS				
N°	ESTRATÉGIA	ATIVIDADES	LEVANTAMENTO DE RECURSOS	
			HUMANOS (ESPECIALIDADES)	MATERIAIS
1	Substituição dos eixos danificados (em campo).	1-Bloqueios / Desbloqueios; 2-Montar/ Desmontar sistema de içamento de cargas. 2-Desacoplar redutor / 3-Substituição do redutor. 4-Transporte dos redutores.	<ul style="list-style-type: none"> • Operador de processo; • Eletricista; • Mecânico; • Montador de andaime; • Operador de munck; • Caldeireiro*; • Soldador*. <p>*Avaliar a necessidade do recurso.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Itens sobressalentes • Ferramentas e dispositivos • Consumíveis (materiais auxiliares).
AUTORIZAÇÕES				
<ul style="list-style-type: none"> • Ordem de serviço detalhada (OS); • Estudos de içamento de cargas; • Liberação para serviço a quente (máquina de corte, lixadeiras, oxi-corte); • Permissão de trabalho (PT); • <i>Chek-list</i> de liberação de andaime; • <i>Chek-list</i> de liberação de talhas elétricas. 				

PROCESSO 4: CRIAÇÃO DE PADRÕES

CÓDIGO DO PRÉ-PLANO: 01.BC-007.01.02.01.05	NOME DO EQUIPAMENTO: Reator químico	
MODO DE FALHA	N°: 01	
	DESCRIÇÃO: 1-Eixos não giram	
	COMPONENTE ENVOLVIDO: 2- Eixo(s) do reator rompido(s).	
AÇÃO NECESSÁRIA	Estratégia 01 – Substituição dos eixos danificados (em campo).	
RECURSOS NECESSÁRIOS		
ESPECIALIDADES X HH		
[16] Mecânica [01] Elétrica [03] Andaime [02] Tornearia [01] Caldeiraria [01] Solda [02] Civil [08] Limpeza industrial [02] Operador de processo [01] Operador de munck		
Obs: (Preencher entre os colchetes o valor do HH necessário para cada especialidade)		
SOBRESSALENTES		
ITEN	CÓDIGO	QUANTIDADE
Parafuso em aço carbono 5/8" x 3. 1/2"	49.001.211	04
Parafuso em aço carbono 5/8" x 2.1/2"	49.001.210	08
Parafuso em aço carbono 5/8" x 1.3/4"	49.001.210	12
Parafuso em aço carbono 1" x 4"	49.001.207	04
Porca em aço carbono 1"	49.001.214	24
Porca em aço carbono 5/8"	49.001.321	24
Arruela lisa em aço carbono 5/8"	49.001.323	48
Arruela lisa em aço carbono 1"	49.001.333	08
Barra roscada em aço carbono 1"	49.001.210	02
Junta em borracha natural p/ flange s/ ressalto 3"	49.001.220	03
Junta em borracha natural p/ flange s/ ressalto 1"	25.791.003	04
Junta em teflon expandido p/ flange s/ ressalto 1.1/2"	25.791.001	01
Junta em teflon expandido p/ flange s/ ressalto 2"	10.003.107	06
FERRAMENTAS	DISPOSITIVOS	
02 chaves fixas 1/2" x 9/16" 02 chaves fixas 3/4" x 7/8" 02 chaves fixa 1.1/16" x 1.1/4" 01 espátula mecânica 12" 02 chaves sextavadas de 1/2" x 9/16" 02 chaves sextavadas de 3/4" x 7/8" 02 chaves sextavadas de 1.1/16" x 1.1/4" 02 Chaves combinadas de 1. 5/8" 01 jogo de chaves allen em polegada 01 jogo de chaves allen em milímetro 01 martelo bola de 500g 01 marreta de 10 Kg 02 Jogos de chaves Soquetes (de 1/2" a 1. 5/8")	01 Talha elétrica (fixa em campo) 02 Cabos de aço (inox) 3/4" x 2m 01 Cinta plana de 2m x 1 ton 01 Esmerilhadeira 01 Máquina de solda 01 Conjunto oxi-acetileno 02 Parafusadeiras elétricas 01 Bomba hidráulica manual de 5 ton	

MATERIAIS CONSUMÍVEIS OU AUXILIARES

ITEM	CÓDIGO	QUANTIDADE
Desengripante para parafusos	35.167.200	01
Disco de corte	40.032.250	01
Monofilamento de teflon 5/16"	55. 901.000	10m
Graxa	-	-
Flanelas	-	-

AUTORIZAÇÕES

- Ordem de serviço detalhada (OS)
- Estudo de içamento de cargas:
 - 1- *Chek-list* para utilização de maquinas e dispositivos de içamento – Munck (Identificação do formulário do *Chek-list* e endereço para localização);
 - 2- *Chek-list* para utilização de maquinas e dispositivos de içamento – Talhas manuais (Identificação do formulário do *Chek-list* e endereço para localização);
 - 3-*Chek-list* para utilização de talhas elétricas (Identificação do formulário do *Chek-list* e endereço para localização).
- Liberação para serviço a quente:
 - Chek-list* para utilização de disco de corte e / ou oxi-corte (Identificação do formulário do *Chek-list* e endereço para localização);
- Liberação de andaime e pau-de-carga:
 - 1-Etiqueta para liberação (item normal de estoque código 90.162.001)
- Permissão de trabalho (PT).

REGISTRO FOTOGRÁFICO

Obs.: Este campo deve ser preenchido com fotografias que ilustrem toda a sequência passo-a-passo de desmontagem e montagem do equipamento, com seus respectivos comentários.

PROCEDIMENTOS E PADRÕES

Há um procedimento de desmontagem e montagem disponível no sistema eletrônico para este equipamento.

OBSERVAÇÕES

Obs.: Este campo deve ser preenchido com todas demais informações pertinentes ao serviço a ser realizado no equipamento em questão, que não estão contempladas em nenhum dos campos anteriores.