



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA
GERÊNCIA DE MANUTENÇÃO

Indicadores da Manutenção

2023

Organização da Apresentação

- Introdução
- Indicadores
- Referências

Introdução

Introdução

- Os índices de manutenção devem retratar aspectos importantes no processo da planta.
- Para algumas empresas um determinado indicador se aplica satisfatoriamente, para outra não. Isto é uma questão de análise.
- O PCM deve avaliar a melhor forma de monitoramento do seu processo, ou seja, deve-se acompanhar aquilo que agrega valor, nada de desprender recursos para levantar e consolidar dados sem utilidade alguma, a não ser enfeitar quadros de “gestão a vista”.

Introdução

- Existem seis indicadores chamados de “índices de Classe Mundial”:
 - MTBF - Mean Time Between Failures, no Brasil conhecido como TMEF - Tempo Médio Entre Falhas.
 - MTTR - Mean Time To Repair, ou TMR - Tempo Médio de Reparo.
 - TMPF - Tempo Médio Para Falha.
 - Disponibilidade Física da Maquinaria.
 - Custo de Manutenção por Faturamento.
 - Custo de Manutenção por Valor de Reposição.

Introdução

- No Brasil os indicadores mais utilizados nas plantas industriais são os seguintes:

Indicadores de Desempenho Utilizados (% de Respostas)			
Tipos	1995	1997	1999
Custos	26,21	26,49	26,32
Frequência de Falhas	17,54	12,20	14,24
Satisfação de Cliente	13,91	11,01	11,76
Disponibilidade Operacional	25,20	24,70	22,60
Retrabalho	9,07	5,65	8,36
Backlog	8,07	6,55	8,98
Não Utilizam	–	2,09	2,79
Outros Indicadores	–	11,31	4,95

Introdução

- Além dos índices Classe Mundial, também falaremos sobre outros indicadores:
 - Backlog.
 - Retrabalho.
 - índice de Corretiva.
 - índice de Preventiva.
 - Alocação de HH em OM.
 - Treinamento na Manutenção.
 - Taxa de Frequência de Acidentes.
 - Taxa de Gravidade de Acidentes.

Indicadores

MTBF

$$\text{MTBF} = \frac{\text{HD}}{\text{NC}}$$

- Sendo:
 - HD = soma das horas disponíveis do equipamento para a operação;
 - NC = número de intervenções corretivas neste equipamento no período.

MTBF

- A serventia deste índice é a de observar o comportamento da maquinaria, diante das ações mantenedoras.
- Se o valor do MTBF com o passar do tempo for aumentando, será um sinal positivo para manutenção, pois indica que o número de intervenções corretivas vem diminuindo, e conseqüentemente o total de horas disponíveis para a operação, aumentando.

MTTR

$$MTTR = \frac{HIM}{NC}$$

- Sendo:
 - HIM = soma das horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção;
 - NC = número de intervenções corretivas no período.

MTTR

-  MTTR  Andamento da Manutenção

$$MTTR = \frac{HIM}{NC}$$

TMPF (Tempo Médio Para Falha)

$$TMPF = \frac{HD}{N^{\circ} \text{ de falhas}}$$

- Sendo:
 - HD = total de horas disponíveis do equipamento para a operação;
 - N° de falhas = Número de falhas detectadas em componentes não reparáveis.

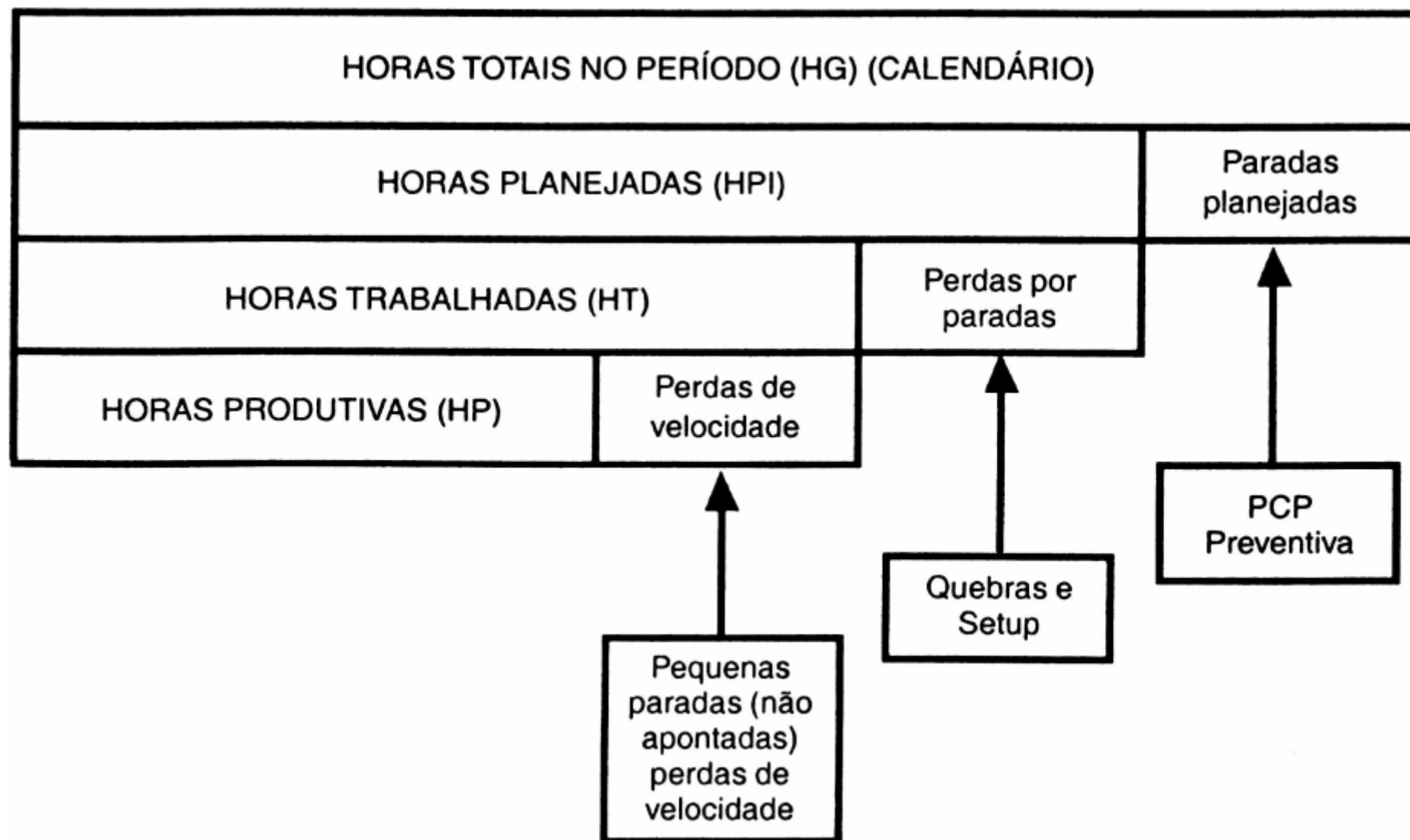
TMPF (Tempo Médio Para Falha)

- Existem determinados componentes que não sofrem reparos, ou seja, após falharem são descartados, e substituídos por novos, tendo então um MTTR igual a zero.
- O tempo médio para falha tem como enfoque este tipo de componente.
- Da mesma forma, o TMPF e o MTBF também são distintos, já que o primeiro leva em consideração falhas em componentes não reparáveis e segundo em reparáveis.

Disponibilidade física (DF)

- Segundo a NBR 5462, a Disponibilidade é a capacidade de um item estar em condições de executar uma certa função em um dado instante ou durante um intervalo de tempo determinado.
- De maneira geral a disponibilidade física (DF) representa o percentual de dedicação para operação de um equipamento, ou de um sistema produtivo, em relação às horas totais do período.

Disponibilidade física (DF)



Disponibilidade física (DF)

- Viana [1] afirma que a fórmula do cálculo da disponibilidade varia de um setor produtivo para outro, e até mesmo de uma empresa concorrente para outra.

Disponibilidade física (DF)

- No contexto apresentado seria dada pela equação a seguir, sendo:
 - HT = horas trabalhadas;
 - HG = horas totais no período.

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\%$$

- Nesse caso, as perdas por subvelocidade não afetam a disponibilidade física, recaindo na produtividade.

Disponibilidade física (DF)

- Podendo também ser calculada pela equação a seguir, sendo:
 - HO = tempo total de operação;
 - HM = tempo de paralisações, preventivas e corretivas.

$$DF = \frac{HO}{HO + HM} \times 100\%$$

Disponibilidade física (DF)

- Este índice se reveste de fundamental importância para manutenção, pois o nosso principal produto é DF, ou seja, disponibilizar o maior número de horas possível do equipamento para a operação.
- O mesmo também deve ser utilizado para verificar o comportamento operacional da maquinaria visando identificar “equipamentos-problema”, que são os que retiram mais DF da planta.
- Neste caso, o pessoal da manutenção pode avaliar a possibilidade de aplicação de um FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), ou até um processo de avaliação de desmobilização do equipamento.

Custo de manutenção por faturamento

$$CMF = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Faturamento bruto}} \times 100\%$$

Custo de manutenção por faturamento

- A composição dos custos de manutenção envolve:
 - Pessoal — Despesas com salários e prêmios (diretos), encargos sociais e benefícios concedidos pela empresa (indiretos), e gastos com aperfeiçoamento do efetivo;
 - Materiais — Custo de reposição dos itens (diretos), energia elétrica, consumo d'água e capital imobilizado (indiretos), custos ligados à administração do almoxarifado e setor de compras.

Custo de manutenção por faturamento

- A composição dos custos de manutenção envolve:
 - Contratação de Serviços Externos — Contratos com empresas externas para serviços permanentes ou circunstanciais.
 - Perda de Faturamento — São os custos da perda de produção, e custos com desperdício de matéria-prima.

Custo de manutenção por faturamento

- A composição dos custos de manutenção envolve:
 - Depreciação — corresponde à perda do valor sofrida pelos ativos fixos renováveis com o decorrer do tempo. A depreciação pode ser classificada como física, quando ocorre o desgaste pelo uso ou pela ação do tempo, ou econômica, que é a perda do valor econômico do bem em função do obsolescimento (seja ele do equipamento, do processo ou do produto) e das mudanças no gosto do consumidor.

Custo de manutenção por faturamento

- Pesquisas da ABRAMAN:

Ano	Composição dos Custos de Manutenção (%)			
	Pessoal	Material	Serviços Contratados	Outros
1999	36,07	31,44	23,60	8,89
1997	38,13	31,10	20,28	10,49
1995	35,46	33,92	21,57	9,05
Média	36,55	32,15	21,85	9,45

Custo de manutenção por faturamento

- Pesquisas da ABRAMAN:

Ano	Custo Total da Manutenção / Faturamento Bruto
1999	3,56%
1997	4,39%
1995	4,26%

Tabela 1: Custo de manutenção em relação ao faturamento bruto. (Abraman 2011).

Setores	Percentual do Faturamento Bruto
Alimento e Bebida	1,40
Automotivo e Metalúrgico	3,46
Borracha e Plástico	4,00
Cimento e Construção Civil	3,00
Eletroeletrônico e Telecomunicações	4,00
Energia Elétrica	2,36
Farmacêutico	3,33
Fertilizante, Agroindústria e Químico	4,00
Hospitalar	2,50
Móveis	3,67
Máquinas e Equipamentos	3,33
Mineração	8,67
Papel e Celulose	2,50
Predial	1,00
Petróleo	3,73
Petroquímico	1,67
Saneamento e Serviços	5,00
Siderúrgico	6,67
Têxtil	3,00
Transporte	>10,00
MÉDIA GERAL	4,47%

Custo de manutenção por faturamento

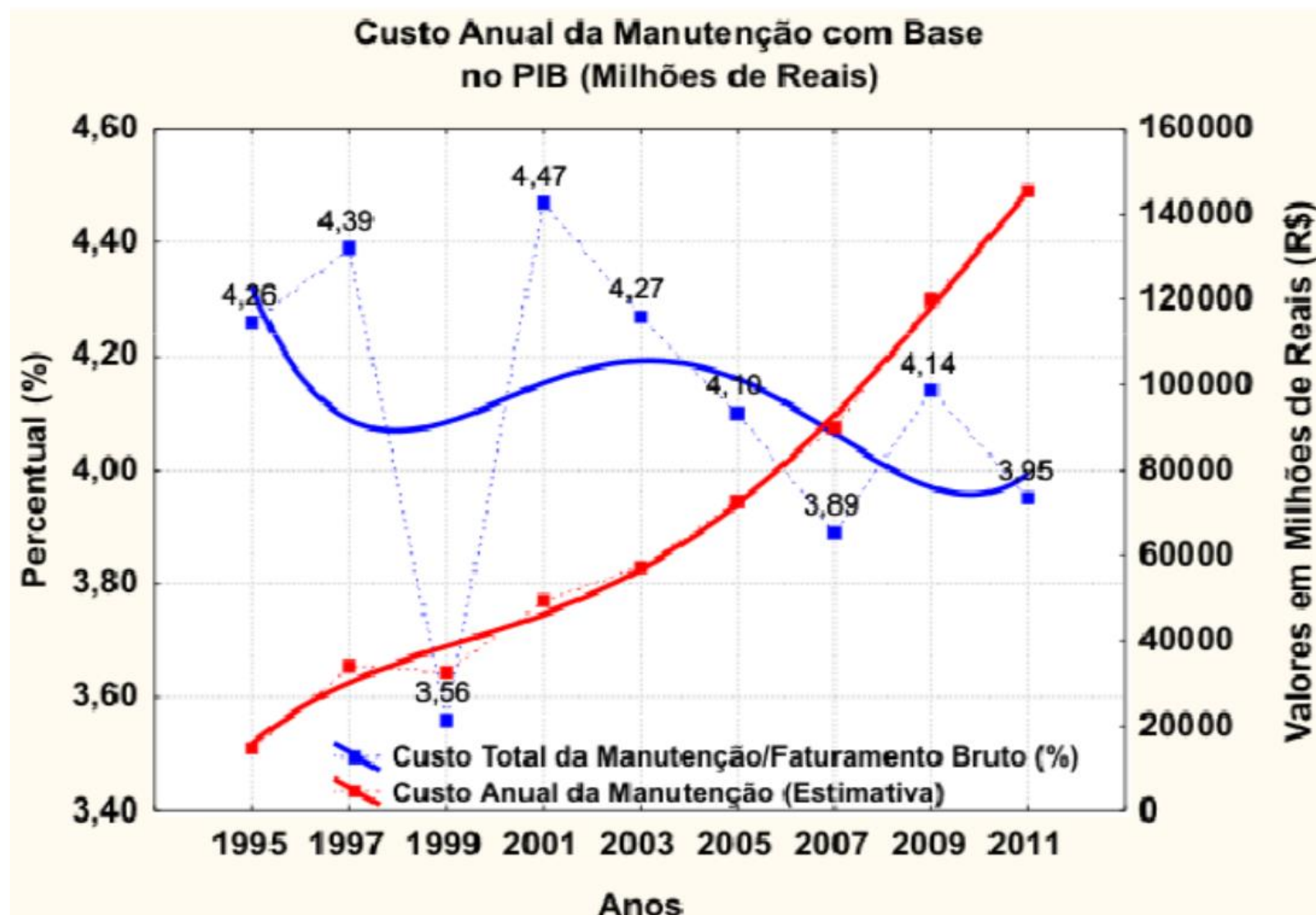


Figura 1: Custo Anual da Manutenção com base no Pib. (Abraman 2011).

Custo de manutenção por valor de reposição

- Este índice consiste na relação entre o custo total de manutenção de um determinado equipamento com o seu valor de compra.

$$\text{CPMV} = \frac{\text{Custo total de manutenção}}{\text{Valor de compra do equip.}} \times 100\%$$

Custo de manutenção por valor de reposição

- Deve ser calculado apenas para equipamentos de criticidade alta, ou seja, equipamentos X do sistema produtivo.
- É dispendioso e pouco preciso o controle de todos os equipamentos.
- Segundo Viana[1], $CMPV < 6\%$ seria um valor aceitável no período de um ano, mas pode ser maior caso o retorno financeiro e estratégico do equipamento justifiquem um custo de manutenção considerado alto.

Backlog

- Segundo Branco Filho [3], Backlog é o “tempo que uma equipe de manutenção deve trabalhar para concluir todos os serviços pendentes, com toda a sua força de trabalho, e se não forem adicionadas novas pendências durante a execução dos serviços até então registrados e pendentes em posse da equipe de Planejamento e Controle de Manutenção”.

Backlog

- Ou seja, é a soma de todas as horas previstas de HH em carteira, divididas pela capacidade instalada da equipe de executantes.

$$\text{Backlog} = \frac{\sum \text{HH em carteira}}{\sum \text{HH em instalado}}$$

Backlog

- De acordo com NBR 5462 o tempo de manutenção em homens-hora é a “soma das durações dos tempos de manutenção que cada indivíduo da equipe utilizou, expressa em homens-hora, para um certo tipo de ação de manutenção ou durante um dado intervalo de tempo”.

Backlog

- O HH instalado deve levar em consideração uma certa perda, pois nenhum profissional estará todo tempo dedicado aos serviços de manutenção.
- Uma parte da carga horária é dedicada a outras tarefas, como:
 - reuniões,
 - treinamentos,
 - arrumação da oficina, etc.

Backlog

- Normalmente, considera-se um desconto de 20%.
- Assim, caso tenhamos uma capacidade instalada de 100 HH em um dia, devemos levar em consideração para o cálculo do indicador apenas 80 HH.

Backlog

- O Backlog pode ser estratificado por especialidade, visando valores do índice em nível de mecânicos, eletricitas, caldeireiros, etc.
- Isto facilita a análise, e conseqüentemente, a decisão em relação às carências na equipe, pois denunciará os gargalos negativos; falta de HH em uma determinada especialidade, sobra em outra.
- Desta forma, teremos um excelente balizador para a definição da composição das equipes de manutenção.

Backlog

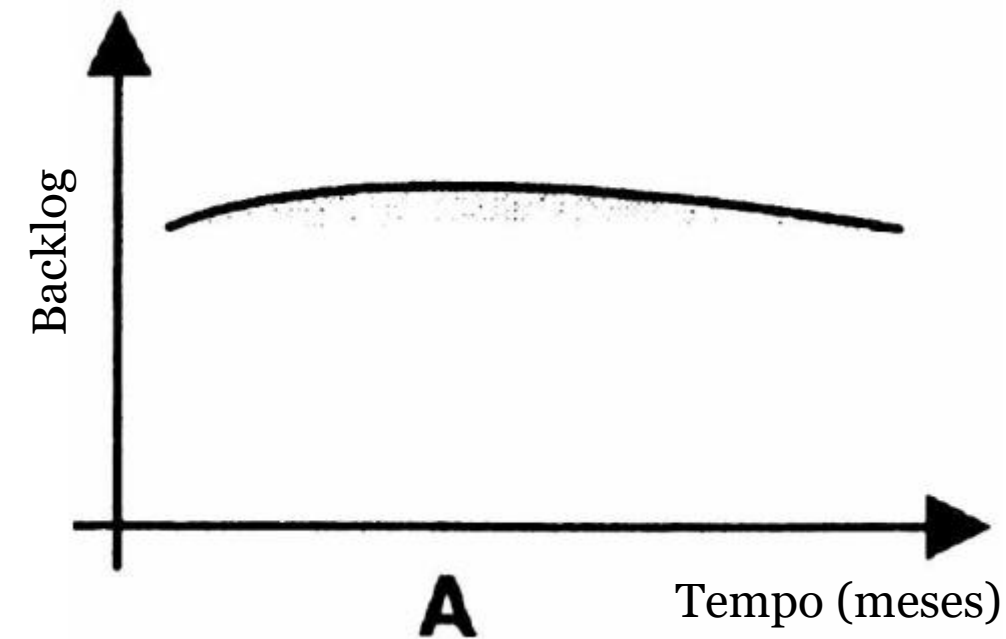
- Outra estratificação pertinente é a por prioridade, ou seja, backlog de serviços de prioridade 100, 200, 300 até 900.
- Isso fornece ao cliente da manutenção a ideia de quando será atendido.
- EX: vamos dizer que o backlog da equipe X de ordens de prioridade 100 seja igual a dois meses; caso haja a inclusão de um outro serviço nível 100 nesta carteira no dia 2 de março, saberemos que a sua previsão de atendimento será só depois de 2 de maio.

Backlog

- Há casos em que não é possível fazer uma previsão de trabalho futuro.
- Por exemplo, isso acontece em uma oficina de usinagem onde a maioria dos serviços é requisitada no decorrer das tarefas de outras equipes mantenedoras. Pense no caso de uma preventiva em uma bomba, em que se verifica a necessidade de usinar um flange só após a desmontagem.
- Nesses casos, recorreremos ao Backlog Histórico, que consiste em considerar os serviços passados requeridos.
- Com isso, temos uma previsibilidade baseada na história de manutenção das demandas inerentes àquelas especialidades.

Backlog

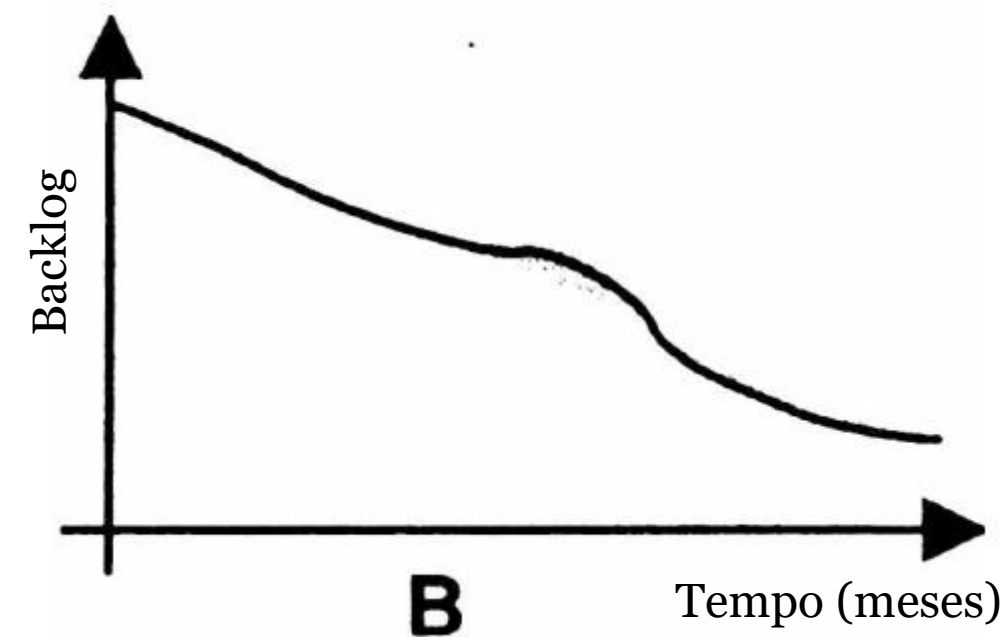
- Backlog Histórico pode apresentar diferentes comportamentos:



- Comportamento estável, restando saber se o valor de backlog está em um patamar aceitável ou não.
- Se for não, avaliar a possibilidade de:
 - Aumentar da produtividade da mão-de-obra;
 - Horas extras;
 - Contratação de equipe temporária.

Backlog

- Backlog Histórico pode apresentar diferentes comportamentos:



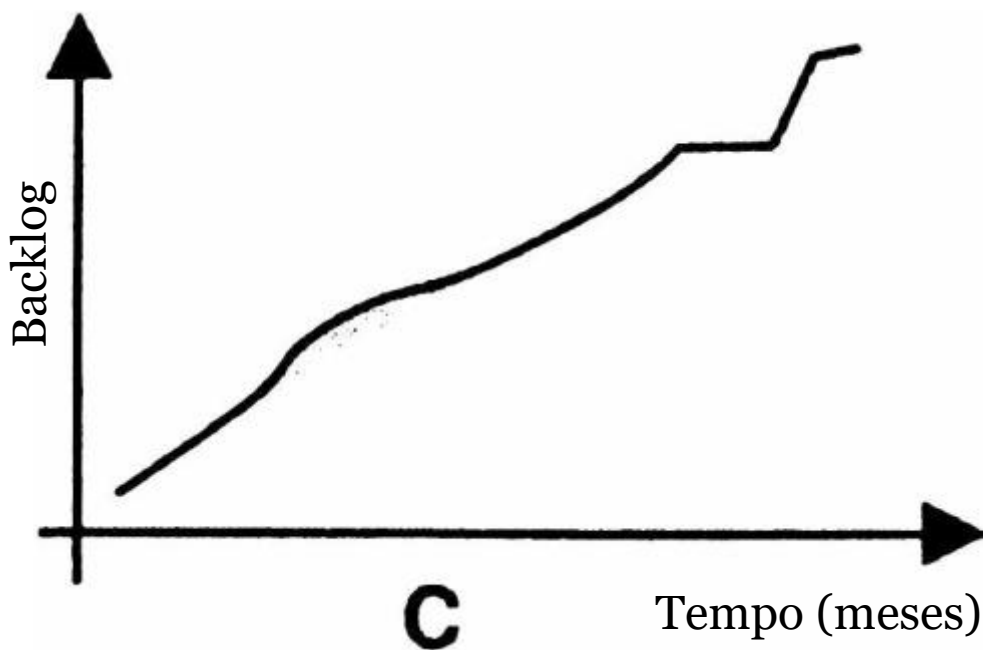
- Nesse caso, em certo momento haverá pessoal ocioso.
- Isso pode acontecer em função de:
 - Queda das solicitações de serviços;
 - Aumento da produtividade da manutenção, com aquisição de novas ferramentas, treinamentos, etc.

Backlog

- Backlog Histórico pode apresentar diferentes comportamentos:

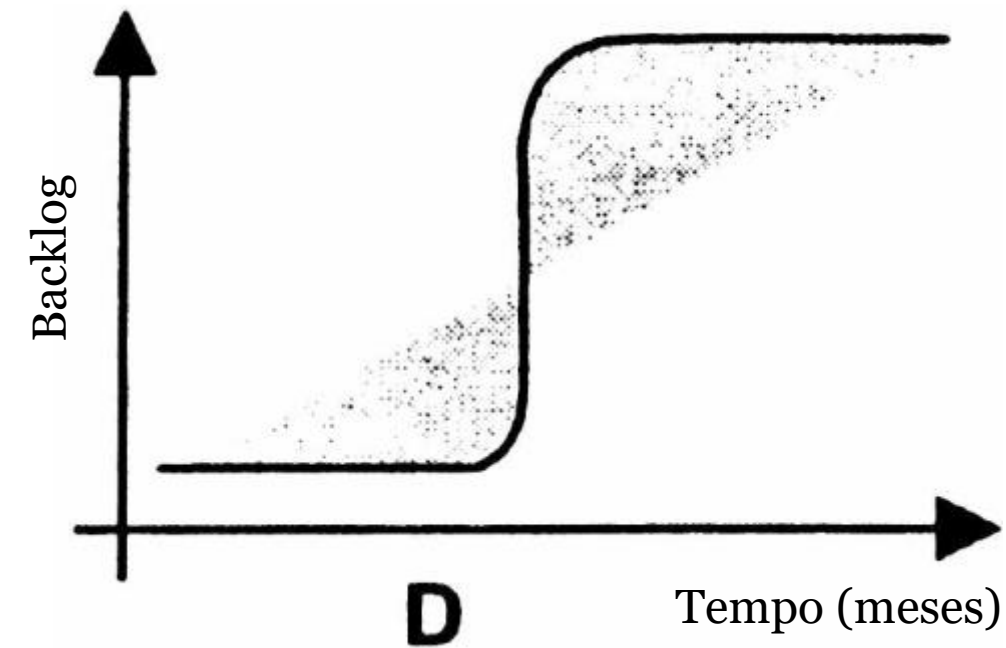
- Isso pode acontecer em função de:

- Baixa qualidade na manutenção;
- Descontrole do PCM no calendário de preventivas;
- Deficiência na supervisão da execução de serviços;
- Ferramental insuficiente.



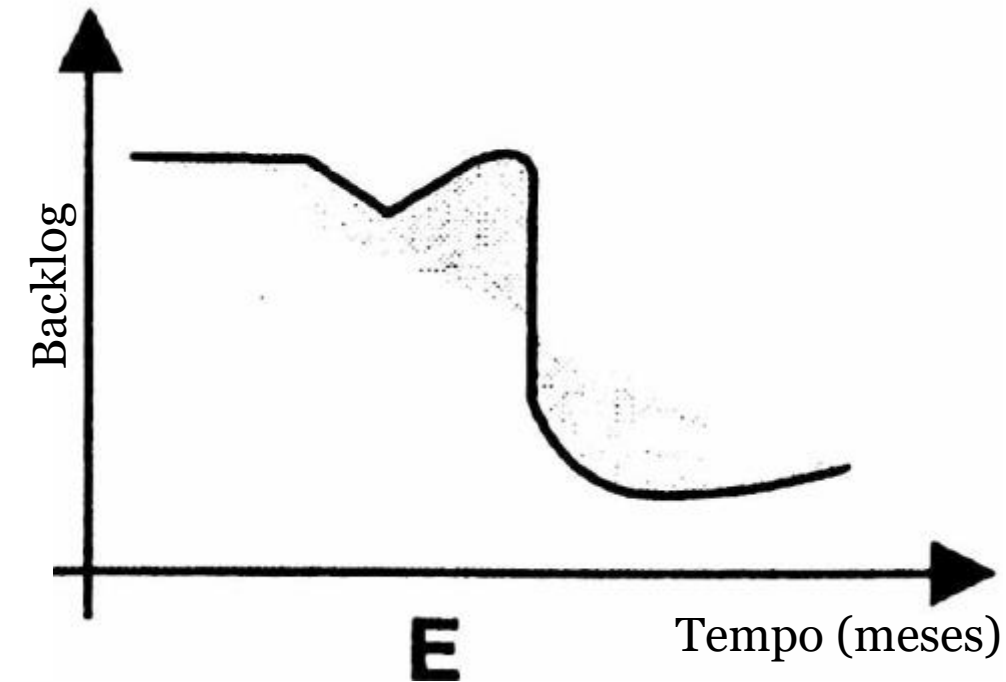
Backlog

- Backlog Histórico pode apresentar diferentes comportamentos:
 - Isso acontece quando da ocorrência de uma corretiva com tempo de execução bem alto, como, por exemplo, a quebra de um rolamento de giro de uma dragline.



Backlog

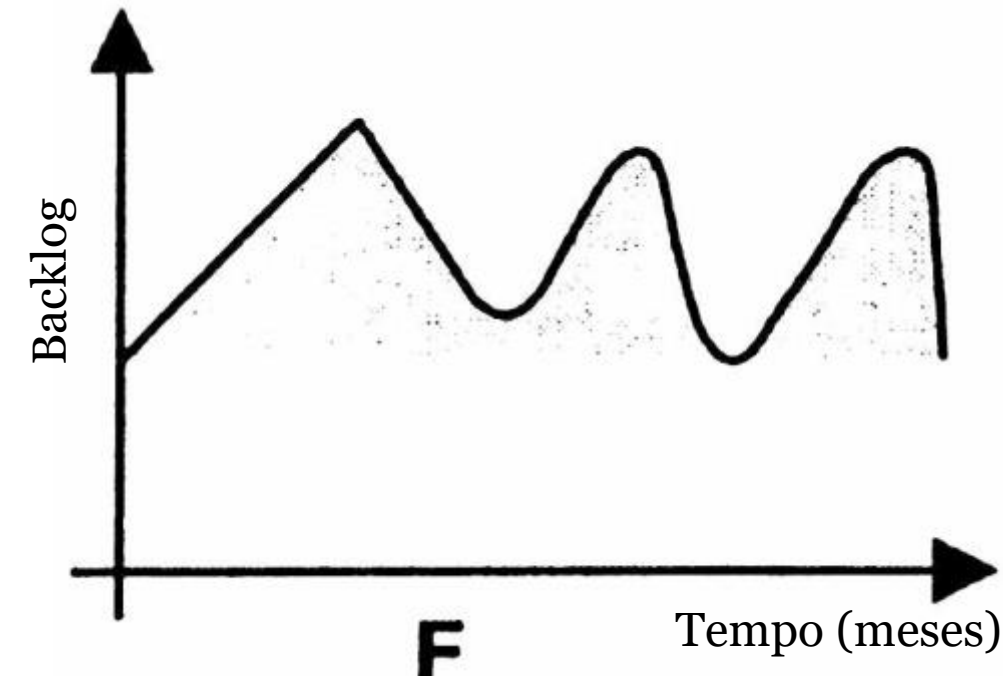
- Backlog Histórico pode apresentar diferentes comportamentos:



- Neste caso pode ter ocorrido a contratação de uma equipe externa;
- Ou redução do passivo de manutenção através da relocação de recursos de uma área para outra (manutenção para operação, por exemplo).

Backlog

- Backlog Histórico pode apresentar diferentes comportamentos:
 - Descontrole do processo, devido problemas de PCM.



Índice de retrabalho

- Representa o percentual de horas trabalhadas em Ordens de Manutenção encerradas, reabertas por qualquer motivo, em relação ao total geral trabalhado no período.

$$\text{Índice de Retrabalho} = \frac{\sum \text{HH em OM reabertas}}{\sum \text{HH total no período}} \times 100\%$$

Índice de retrabalho

- Indica a qualidade dos serviços de manutenção.
- O ideal é que o seu valor seja zero, ou seja, após a intervenção mantenedora não haja ocorrência de falha com a mesma origem da primeira OM.

Índice de retrabalho

mês	hh retrabalho	total hh apropriado	% retrabalho
J	80	1540	5,2
F	120	1400	8,6
M	12	1380	0,9
A	60	1320	4,5
M	240	1480	16,2
J	0	1500	0,0
J	16	1540	1,0
A	32	1250	2,6
S	48	1350	3,6
O	12	1100	1,1
N	24	1280	1,9
D	84	1460	5,8



Índice de corretiva (IC)

- Indica o % de ações corretivas, sendo:
 - HMC = horas de manutenção em corretiva;
 - HMP = horas de manutenção em preventiva.

$$\text{Índice de Corretiva} = \frac{\Sigma \text{HMC}}{\Sigma \text{HMC} + \Sigma \text{HMP}} \times 100\%$$

Índice de corretiva (IC)

- Um patamar aceitável de corretivas deve estar abaixo de 25% do total de horas de manutenção na planta.
- Improvável que seja zero.
- Normalmente, índice de corretiva acima de 50% indica o caos na manutenção, pois o PCM e as áreas executantes só gerenciam reclamações, visto que sua programação será frequentemente comprometida. Efeito “bola de neve”!



Índice de preventiva (IP)

- Indica o % de ações preventivas, sendo:
 - HMC = horas de manutenção em corretiva;
 - HMP = horas de manutenção em preventiva.

$$\text{Índice de Preventiva} = \frac{\Sigma \text{HMP}}{\Sigma \text{HMC} + \Sigma \text{HMP}} \times 100\%$$

Índice de preventiva (IP)

- Comportamento oposto ao de IC.
- Um patamar aceitável seria acima de 75% do total.
- Se o aumento do IC leva a uma série de impactos negativos em quase todos os índices de manutenção, o aumento do IP provoca o contrário.

Aplicação de HH por tipo de manutenção

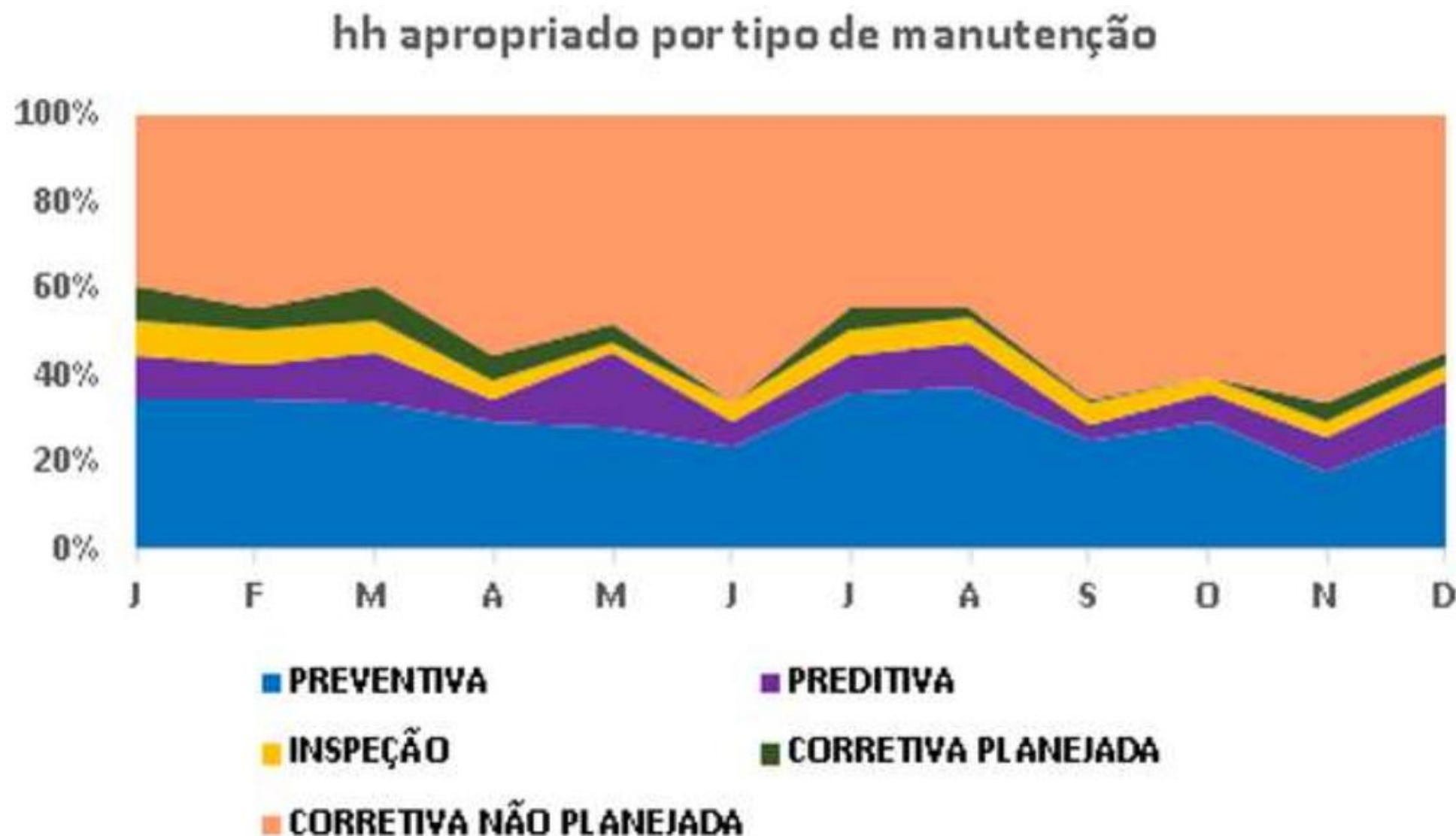
- Esses indicadores estratificam a aplicação da mão de obra disponível nas diversas técnicas de manutenção permitindo a constatação e posterior plano de ação para melhoria.

Aplicação de HH por tipo de manutenção

Indicador	Fórmula
% preventiva	$\%PM = \frac{\text{hh apropriado preventiva}}{\text{hh disponível para apropriação}}$
% preditiva	$\%PdM = \frac{\text{hh apropriado preditiva (monitoramento)}}{\text{hh disponível para apropriação}}$
% inspeção de manutenção	$\%IM = \frac{\text{hh apropriado inspeção de manutenção}}{\text{hh disponível para apropriação}}$
% corretiva não planejada	$\%MC = \frac{\text{hh apropriado corretiva não planejada}}{\text{hh disponível para apropriação}}$
% corretiva planejada	$\%MCP = \frac{\text{hh apropriado corretiva planejada}}{\text{hh disponível para apropriação}}$

$$\text{Hh disponível para apropriação} = PM + PdM + IM + MC + MCP$$

Aplicação de HH por tipo de manutenção



Alocação de HH em OM

- O indicador de Homens Hora alocado em Ordem de Manutenção informa o percentual de horas da manutenção oficializada na burocracia do PCM.

$$\% \text{ HH alocado em OM} = \frac{\Sigma \text{ HH indicado em OM}}{\Sigma \text{ HH instalado em um mês}} \times 100\%$$

Alocação de HH em OM

- É útil por dois motivos:
 - Indica o nível de utilização do sistema de manutenção adotado pela empresa;
 - Indica o percentual de dedicação a serviços indiretos da manutenção, como também do nível de ociosidade ou sobrecarregamento das equipes (**diferentes turnos**).

Absenteísmo

- À medida que o absenteísmo aumenta, pode-se estar diante de um problema relacionado a clima organizacional ou motivação do pessoal

$$\text{Absenteísmo (\%)} = \frac{\Sigma \text{ Horas perdidas no período por absenteísmo (faltas, atrasos, licenças...)}}{\text{Total de horas previstas de trabalho (pela equipe) no período considerado}}$$

Treinamento na Manutenção

- O índice de Treinamento na Manutenção corresponde ao percentual de HH dedicado a aperfeiçoamento, com relação ao HH instalado em um determinado período.

$$\text{Treinamento na Manutenção} = \frac{\Sigma \text{HH dedicado a treinamentos}}{\Sigma \text{HH instalado no período}} \times 100\%$$

- Este indicador, aliado aos índices de preventiva, retrabalho, corretiva, entre outros, nos mostrará o quanto repercutem os treinamentos na melhoria dos índices de manutenção.

Taxa de frequência de acidentes

- A taxa de frequência de acidentes representa o número de acidentes por milhão de HH trabalhado.

$$\text{Taxa de Frequência} = \frac{\text{Número de Acidentes}}{\text{Homens Horas Trabalhado}} \times 10^6$$

Taxa de frequência de acidentes

- Este indicador é extremamente importante para a manutenção, pois mensura a eficiência das ações em busca de um ambiente seguro para o trabalho.
- Claro que por si só não nos possibilita traçar um plano de segurança eficiente, mas funciona como um limite.

Taxa de frequência de acidentes

- LEI No 6.367, DE 19 DE OUTUBRO DE 1976:
 - Art. 2º Acidente do trabalho é aquele que ocorrer pelo exercício do trabalho a serviço da empresa, provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, ou perda, ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho.

- Pesquisa ABRAMAN:

Setores	Taxa de Frequência
Açúcar / Alimento / Bebida / Fumo	–
Cimento / Cerâmica	18,91
Eletricidade / Energia	6,49
Enga / Constr. / Pr. Serv. / Saneamento	11,59
Eletroeletrônica	–
Farmacêutico	40,39
Hospitalar	–
Máquinas / Equipamentos	24,25
Mineração / Metalurgia	21,66
Material de Transporte	35,47
Papel / Celulose	19,01
Petróleo	8,60
Petroquímico	13,55
Plásticos / Borracha	38,45
Predial / Hotelaria	24,44
Químico	37,30
Siderúrgico	14,70
Têxtil	14,13
Transporte	31,45
Média	22,52

Taxa de gravidade de acidentes

- Consiste no total de homens horas perdido decorrente de acidente de trabalho, por milhão de HH trabalhado.

$$\text{Taxa de Gravidade} = \frac{\text{Total de HH perdido}}{\text{Homens Horas Trabalhado}} \times 10^6$$

- Pesquisa ABRAMAN:

Setores	Taxa de Gravidade
Açúcar / Alimento / Bebida / Fumo	–
Cimento / Cerâmica	176,00
Eletricidade / Energia	225,82
Enga / Constr. / Pr. Serv. / Saneamento	443,60
Eletroeletrônica	–
Farmacêutico	235,67
Hospitalar	–
Máquinas / Equipamentos	544,78
Mineração / Metalurgia	363,07
Material de Transporte	355,00
Papel / Celulose	195,08
Petróleo	156,25
Petroquímico	168,30
Plásticos / Borracha	115,79
Predial / Hotelaria	200,00
Químico	457,01
Siderúrgico	629,17
Têxtil	67,50
Transporte	311,58
Média	290,29

Referências

- [1] Viana, HRG. Planejamento e controle de Manutenção. 2002.
- [2] Kardec, A. e Nascif, J. Manutenção: Função estratégica. 3 ed. 2009.
- [3] Gil Branco Filho. Dicionário de Termos de Manutenção, Confiabilidade e Qualidade - 1996.
- [4] Julio Nascif. Indicadores da Manutenção. E-book.
- https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6367.htm#:~:text=ao%20empregado%20dom%C3%A9stico.-,Art.,da%20capacidade%20para%20o%20trabalho.

Dúvidas?