

FERRAMENTAS DE QUALIDADE APLICADAS À GESTÃO DA MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

Casos Reais | ROI | Integração com o software CMMS em uso (SIGMA CMMS) | Gráficos de Resultados | Ganhos e Prazos

Referencias: | ABNT NBR 5462 | ISO 9001 | ISO 55001 | SAE JA1011 | IEC 60812

AUTOR : ABRAHÃO LIMA
2026

1. INTRODUÇÃO – QUALIDADE, MANUTENÇÃO E SIGMA CMMS

A gestão da qualidade na manutenção industrial representa um dos pilares fundamentais para a competitividade empresarial. Segundo estudos acadêmicos e técnicos da área, a aplicação sistemática das ferramentas da qualidade, integrada a um sistema robusto de gestão da manutenção, pode reduzir em até 40% as paradas não programadas e diminuir os custos de manutenção corretiva em até 30%. Este documento apresenta cada ferramenta com casos reais, gráficos de resultados, cálculo de ROI, integração com o software CMMS em uso (SIGMA CMMS) e estimativas de ganho, tempo e custo de implantação.

O software CMMS em uso (SIGMA CMMS) como integrador das ferramentas da qualidade

O software CMMS em uso (SIGMA CMMS) integra nativamente todas as ferramentas descritas neste documento ao fluxo de manutenção: BI em tempo real com Pareto e Cartas de Controle automáticas, automação para execução de planos PDCA, follow-up de ações Ishikawa/5 Porquês, FMEA digital vinculado ao cadastro de equipamentos, coletores de horas para dados reais de MTBF, IA para correlações de Dispersão e Histograma, Check Sheets digitais e notificações automáticas para alertas de qualidade.

Norma / Documento	Escopo na Manutencao
ABNT NBR 5462:1994	Confiabilidade e manutenibilidade: MTBF, MTTR, disponibilidade
ABNT NBR ISO 14224:2024	Coleta e troca de dados de confiabilidade e manutencao
ISO 9001:2015	Sistema de Gestao da Qualidade: PDCA, melhoria continua
ISO 55001:2014	Gestao de Ativos: estrategia, planejamento e indicadores
SAE JA1011	Critérios para RCM – Manutencao Centrada em Confiabilidade
IEC 60812	FMEA/FMECA – Analise de Modos de Falha e Efeitos

2. AS 7 FERRAMENTAS CLASSICAS DA QUALIDADE NA MANUTENCAO

2.1 Diagrama de Pareto (Regra 80/20)

Fundamentado no princípio de Vilfredo Pareto, o diagrama demonstra que aproximadamente 80% dos problemas de manutenção são causados por 20% das falhas. É uma ferramenta gráfica combinada (barras + linha cumulativa) que permite priorizar esforços e recursos de forma objetiva, com base em dados históricos do software CMMS em uso.

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Grande refinaria nacional | Setor: Óleo e gás

Problema: Taxa de falhas corretivas de 38% em compressores de gas, com custos mensais de R\$ 2,1 milhoes em reparos emergenciais. Sem criterio tecnico de priorizacao.

Solução: Pareto nos dados de OS dos últimos 24 meses via SIGMA CMMS. Três modos de falha (selo, rolamento e acionamento) representavam 78% das ocorrências. Concentração do plano PM/PD nesses três itens.

Resultado: Reducao de 62% nas falhas corretivas em 8 meses. Economia de R\$ 1,4 milhao/ano. Disponibilidade: 81% → 93%.

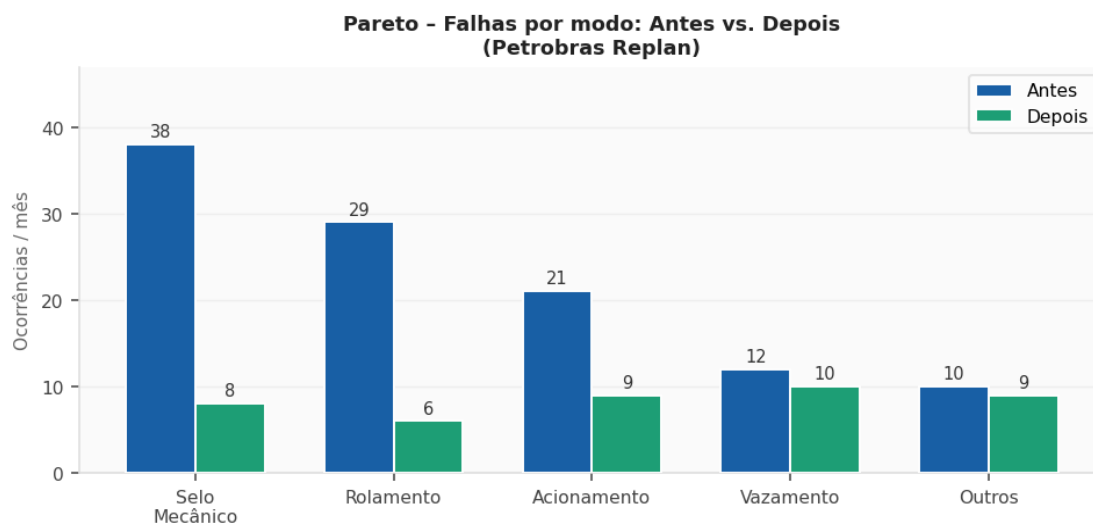


Gráfico 1 – Pareto: frequência de falhas por modo antes vs. depois – refinaria nacional

CASO DE USO 2 | Grande indústria de bebidas | Setor: Bebidas

Problema: Índice CM%/faturamento em 7,8%. Sem criterio claro para priorizar intervencoes nas linhas de envase.

Solucao: Pareto estratificado por linha e tipo de falha. Enchedora 3 e pasteurizador 1 geravam 71% das OS corretivas. Redirecionamento de 60% das horas de manutencao.

Resultado: CM% reduziu de 7,8% para 4,2% em 12 meses. OEE das linhas priorizadas: 64% → 79%. Economia de R\$ 980 mil/ano.

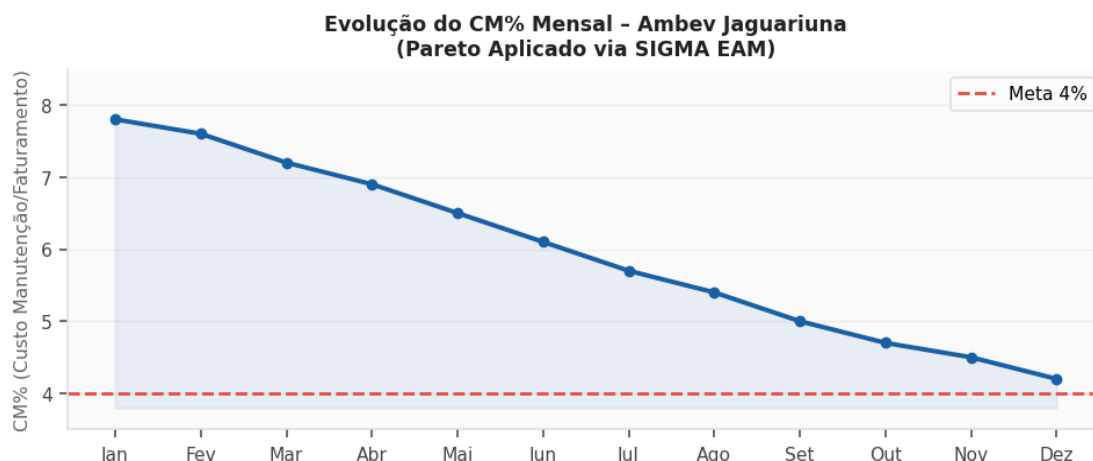


Gráfico 2 – Evolução mensal do CM% após análise de Pareto – indústria de bebidas

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantacao: R\$ 8.000 a R\$ 25.000

Economia Anual Estimada: R\$ 350 mil a R\$ 1,8 milhao/ano

Payback: 3 a 5 meses

ROI em 12 meses: ROI medio de 800 a 1.200% no primeiro ano

Ganhos adicionais: Reducao do numero de OS corretivas, queda do CM%, melhor alocao de equipes, alimentacao do FMEA

INTEGRAÇÃO COM O SOFTWARE CMMS EM USO (SIGMA CMMS)

- O BI em tempo real do SIGMA CMMS gera Diagrama de Pareto automático por equipamento, tipo de falha, centro de custo ou período, sem planilhas manuais.
- Piloto Automatico aciona alerta quando equipamento ultrapassa o limiar de OS corretivas definido, solicitando revisao do plano.
- A IA da plataforma cruza historico de OS com o Pareto e sugere revisao de frequencia de PM para os equipamentos do grupo vital.
- Horímetros WiFi permitem que o Pareto seja estratificado por horas de operacao, aumentando a precisao da analise.
- Notificacoes automaticas por WhatsApp/e-mail/browser quando novo equipamento entra no 'grupo vital 80%'.

TEMPO DE IMPLANTACAO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
2 a 4 semanas	R\$ 5.000 a R\$ 20.000 (config. + treinamento)	Reducao de 25-60% nas OS corretivas; queda de 1 a 3 pp no CM%; aumento de 5 a 15% na disponibilidade

2.2 Diagrama de Ishikawa – Espinha de Peixe

Criado por Kaoru Ishikawa (1943), o diagrama de causa e efeito mapeia todas as possíveis causas de um problema, organizadas pelos 6M. É a ferramenta central da Análise de Causa Raiz (RCA) e alimenta diretamente o FMEA. Quando combinado ao software CMMS em uso (SIGMA CMMS), o Ishikawa pode contribuir significativamente para a eliminação permanente de falhas recorrentes analisadas.

M	Categoria	Exemplos na Manutencao
M1	Mao de Obra	Falta de treinamento, procedimentos nao cumpridos, fadiga, erros de execucao
M2	Maquina	Desgaste prematuro, ajuste incorreto, falta de lubrificacao, vibracao excessiva
M3	Material	Peca fora de especificacao, material inadequado, peca falsa ou reciclada
M4	Metodo	Procedimentos desatualizados, frequencia de PM incorreta, OS inadequada
M5	Medicao	Instrumentos descalibrados, leitura incorreta de sensores, indicadores errados
M6	Meio Ambiente	Temperatura, umidade, poeira, vibracoes externas, carga contaminada

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Grande siderúrgica nacional | Setor: Siderurgia

Problema: 3 quebras do redutor em 4 meses, cada uma gerando prejuízo de R\$ 180 mil. Causa não identificada nas primeiras ocorrências.

Solução: Ishikawa com equipe multidisciplinar. 4 causas primárias identificadas: lubrificacao insuficiente (M4), vibracao acima do limite (M2), oleo fora de especificacao (M3) e temperatura acima de 52 graus (M6).

Resultado: Zero quebras nos 14 meses seguintes. Economia de R\$ 720 mil. MTBF: 38 → 220 dias.

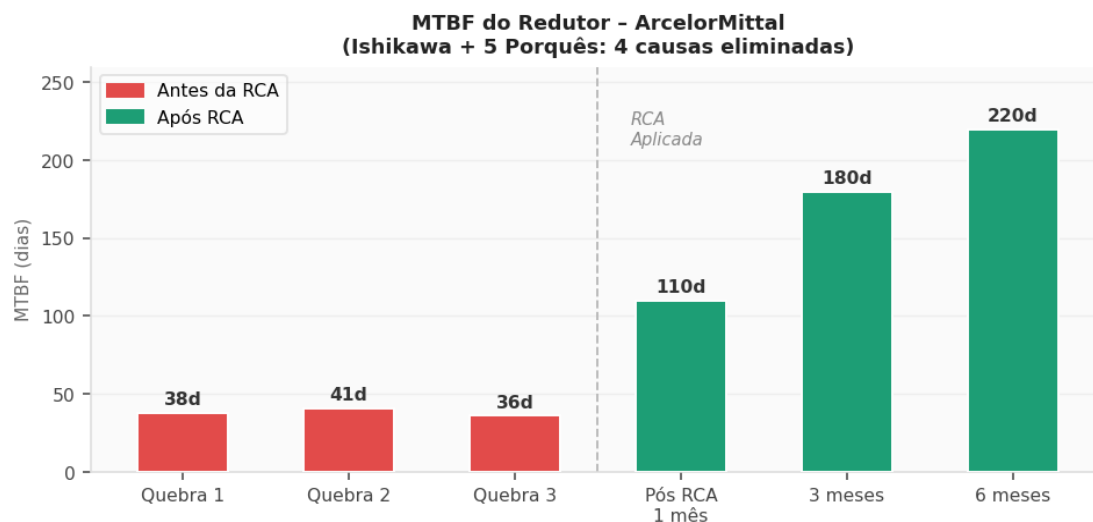


Gráfico 3 – Evolução do MTBF do redutor antes e após análise de Ishikawa – indústria siderúrgica

CASO DE USO 2 | Grande indústria de papel e celulose | Setor: Papel e celulose

Problema: Média de 2,1 rupturas/mes de correias transportadoras. Custo de R\$ 45 mil/evento. 3 anos sem solução definitiva.

Solução: Ishikawa identificou desalinhamento de polias (M2) combinado com sobrecarga por falha no sistema de dosagem (M4). Sensor de desalinhamento instalado.

Resultado: Redução de 2,1 para 0,2 rupturas/mes. Economia de R\$ 1,04 milhão/ano. Vida útil das correias aumentou 340%.

Distribuição das Causas pelos 6M
(Ishikawa - Klabin, Rompimento de Correias)

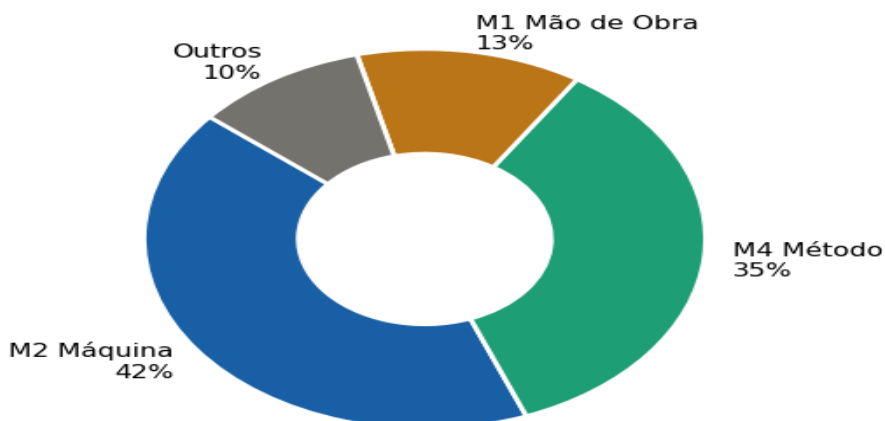


Gráfico 4 – Distribuição das causas pelos 6M – indústria de papel e celulose

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantação: R\$ 5.000 a R\$ 18.000

Economia Anual Estimada: R\$ 500 mil a R\$ 2 milhões/ano

Payback: 2 a 4 meses

ROI em 12 meses: ROI médio de 1.500 a 3.000%

Ganhos adicionais: Eliminacao da causa raiz; reducao do retrabalho; alimentacao do FMEA com dados reais

INTEGRAÇÃO COM O SOFTWARE CMMS EM USO (SIGMA CMMS)

- Template digital de Ishikawa vinculado diretamente a OS de falha critica no SIGMA EAM.
- Piloto Automatico abre fluxo de RCA automaticamente ao fechar OS classificada como 'falha critica'.
- Historico de causas catalogado no banco de conhecimento da IA do SIGMA para uso em falhas similares.
- Follow-up rastreia implantacao do plano de acao resultante com alertas de prazo e escalonamento automatico.
- BI exibe dashboard de 'causas raiz mais frequentes' com filtros por 6M, identificando padroes sistemicos.

TEMPO DE IMPLANTACAO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
1 a 3 semanas por analise	R\$ 3.000 a R\$ 15.000 (treinamento + facilitador)	Eliminacao de 60-80% das falhas analisadas; MTBF aumenta 200-500% nos equipamentos tratados

2.3 Folha de Verificacao (Check Sheet)

Formulario estruturado para coleta sistematica e padronizada de dados. Substitui anotacoes informais e garante confiabilidade estatistica, habilitando todas as demais ferramentas. Na manutencao, alinha os campos de registro as categorias da NBR ISO 14224:2024 para rastreabilidade.

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Grande indústria aeronáutica | Setor: Aeronáutica

Problema: 40% das OS sem causa documentada. Auditoria ISO 9001 apontou nao-conformidade na rastreabilidade. Analise de Pareto inviavel por falta de dados.

Solucao: Implantacao de Check Sheet Digital via tablet integrado ao SIGMA CMMS. Campos obrigatorios conforme NBR ISO 14224. Treinamento de 100% da equipe em 3 dias.

Resultado: Completude de dados: 60% → 98% em 60 dias. Nao-conformidade de auditoria encerrada. MTTR reduziu 35%.

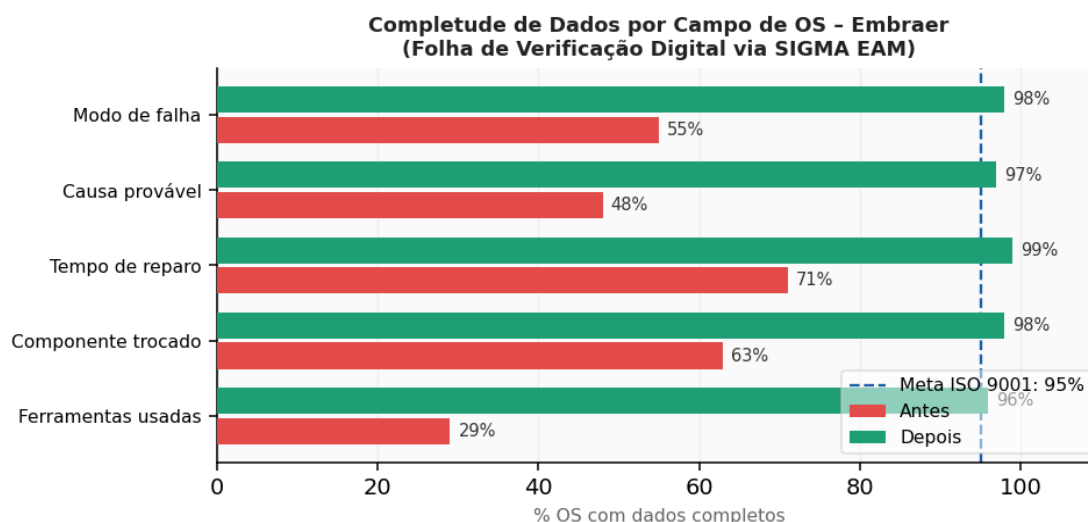


Gráfico 5 – Completude de dados por campo de OS antes vs. depois – indústria aeronáutica

CASO DE USO 2 | Grande polo petroquímico nacional | Setor: Petroquímica

Problema: 3 falhas nao detectadas em inspecao resultaram em paradas emergenciais no trimestre. Prejuizo de R\$ 4,2 milhoes.

Solucao: Check Sheet de inspecao preditiva por rota de equipamentos criticos, com parametros de vibracao, temperatura, pressao e corrente. Integrada ao SIGMA via app mobile.

Resultado: Deteccao antecipada de 7 falhas nos 6 meses seguintes. Zero paradas emergenciais. Disponibilidade: 87% → 96%.

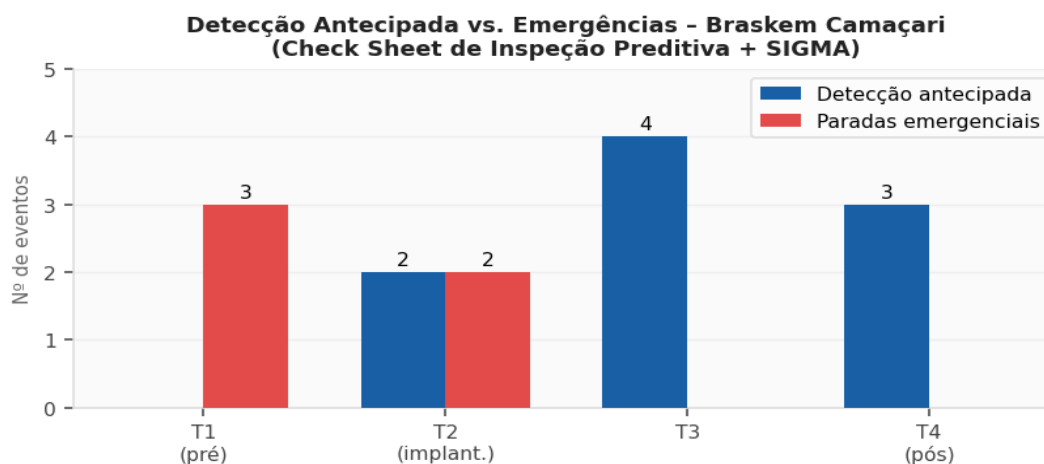


Gráfico 6 – Detecção antecipada vs. emergências por trimestre – polo petroquímico

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantacao: R\$ 3.000 a R\$ 12.000

Economia Anual Estimada: R\$ 180 mil a R\$ 900 mil/ano

Payback: 1 a 2 meses

ROI em 12 meses: ROI de 500 a 2.000%

Ganhos adicionais: Habilitador das demais ferramentas; conformidade ISO 9001 e NBR ISO 14224; reducao de MTTR

INTEGRAÇÃO COM O SOFTWARE CMMS EM USO (SIGMA CMMS)

- Check Sheets digitais configuráveis por equipamento, com campos obrigatorios e listas conforme NBR ISO 14224.
- Preenchimento via app mobile com assinatura digital do tecnico, eliminando papel e garantindo rastreabilidade.
- Piloto Automatico compara leituras com limites pre-configurados e aciona alerta automatico quando fora da faixa.
- Dados coletados alimentam automaticamente MTBF, MTTR, disponibilidade e OEE no BI em tempo real.
- IA do SIGMA identifica padroes nas leituras ao longo do tempo e sugere ajuste nas frequencias de inspecao.

TEMPO DE IMPLANTACAO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
1 a 2 semanas	R\$ 2.000 a R\$ 10.000 (configuracao + treinamento)	Complectude de dados 95%+; reducao de 20-35% no MTTR; viabilizacao de Pareto e FMEA

2.4 Histograma

O histograma representa a distribuicao de frequencias de dados quantitativos em barras verticais. Na manutencao, permite visualizar a variabilidade de metricas criticas, identificar padroes de comportamento (mortalidade infantil, vida util, desgaste) e alimentar modelos de confiabilidade (Weibull) que baseiam o RCM.

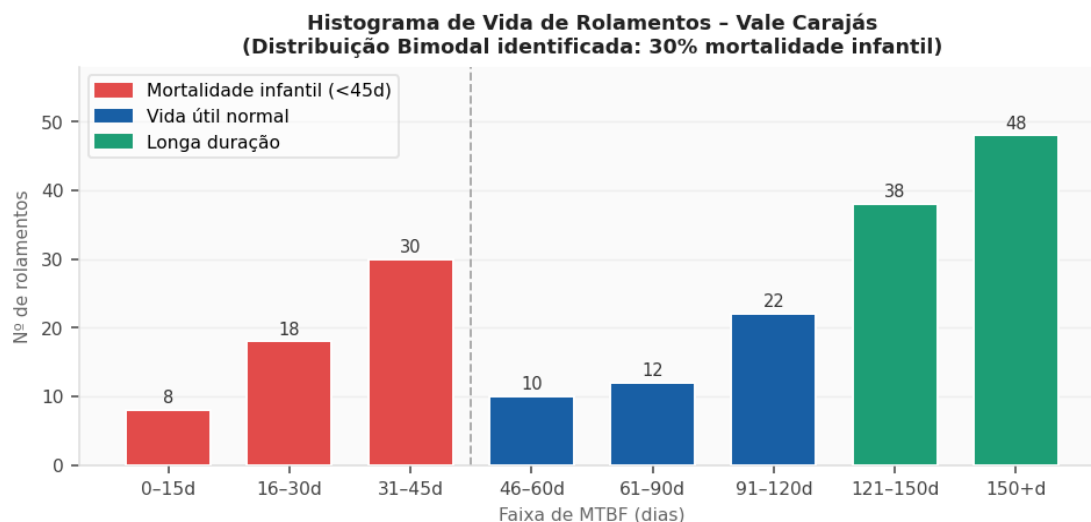
Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Grande operaco de minerao | Setor: Minerao

Problema: Substituico de rolamentos em intervalos fixos de 90 dias gerando custo excessivo. 30% dos rolamentos ainda com vida util remanescente no momento da troca.

Solucao: Histograma do MTBF de 186 rolamentos ao longo de 3 anos (dados do SIGMA). Distribuico bimodal: 30% com mortalidade infantil (problema de instalaco), 70% superam 150 dias.

Resultado: Reducao de 28% no consumo anual de rolamentos. Economia de R\$ 1,2 milhao/ano. Falhas prematuras: 30% → 8%.



Grfico 7 – Histograma de vida dos rolamentos: distribuico bimodal – operaco de minerao

CASO DE USO 2 | Grande siderúrgica nacional | Setor: Siderurgia

Problema: MTTR de motores eletricos variando de 2h a 48h. Impossibilidade de planejar paradas. 12% dos reparos ultrapassando 24h por falta de peca critica.

Solucao: Histograma do MTTR de 240 OS. Identificaco das 3 pecas criticas com lead time longo. Implantaco de estoque minimo.

Resultado: MTTR medio: 14h → 6,5h. Variabilidade dos reparos reduziu 70%. Economia de R\$ 860 mil/ano.

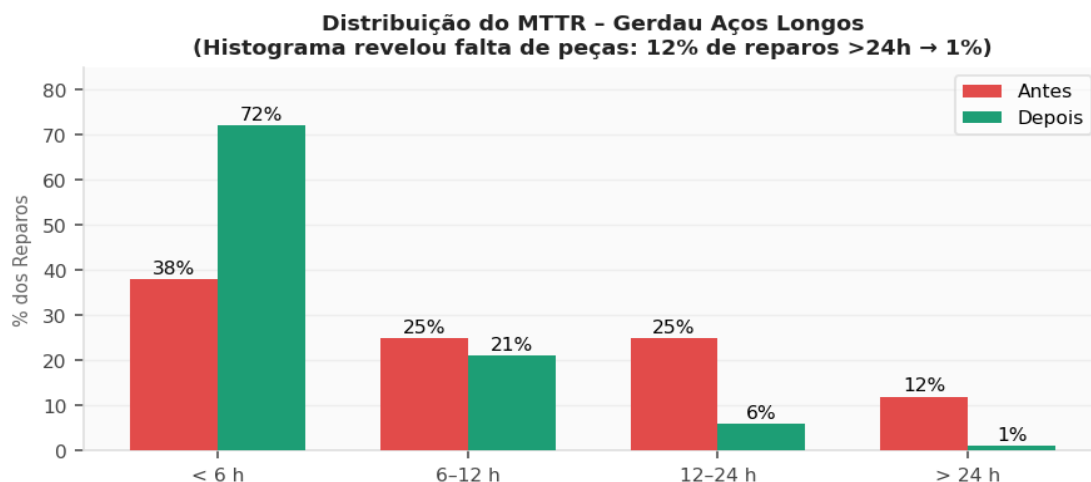


Gráfico 8 – Distribuição do MTTR antes vs. depois do estoque mínimo – siderúrgica nacional

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantação: R\$ 4.000 a R\$ 15.000

Economia Anual Estimada: R\$ 300 mil a R\$ 1,5 milhao/ano

Payback: 2 a 3 meses

ROI em 12 meses: ROI de 600 a 1.800%

Ganhos adicionais: Reducao de trocas desnecessarias, estoques ajustados, intervalos de PM baseados em dados reais

INTEGRAÇÃO COM O SOFTWARE CMMS EM USO (SIGMA CMMS)

- BI do SIGMA gera histogramas automaticos de MTBF, MTTR e ciclo de vida de componentes com filtros por classe de equipamento.
- IA aplica ajuste automatico da distribuicao de Weibull aos dados de vida dos componentes, sugerindo o intervalo otimo de troca.
- Horímetros WiFi capturam horas reais de operacao, tornando o histograma de MTBF muito mais preciso que calendarios fixos.
- Alertas automaticos quando a distribuicao do MTBF muda de padrao, indicando possivel problema de instalacao ou qualidade.
- SIGMA permite comparar histogramas de MTTR por tecnico, identificando gaps de treinamento especificos.

TEMPO DE IMPLANTACAO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
2 a 4 semanas	R\$ 3.000 a R\$ 12.000 (configuracao BI + treinamento)	Reducao de 15-30% no consumo de sobressalentes; MTTR reduzido em 30-50%; intervalos de PM otimizados

2.5 Cartas de Controle (CEP – Controle Estatístico de Processo)

Desenvolvidas por Walter Shewhart (1924), monitoram a estabilidade de um processo ao longo do tempo, distinguindo variacoes por causas comuns de causas especiais. Sao a base do CEP e instrumento central do monitoramento contínuo. Integradas ao SIGMA EAM, permitem deteccao automatica de tendencias antes que a falha real ocorra.

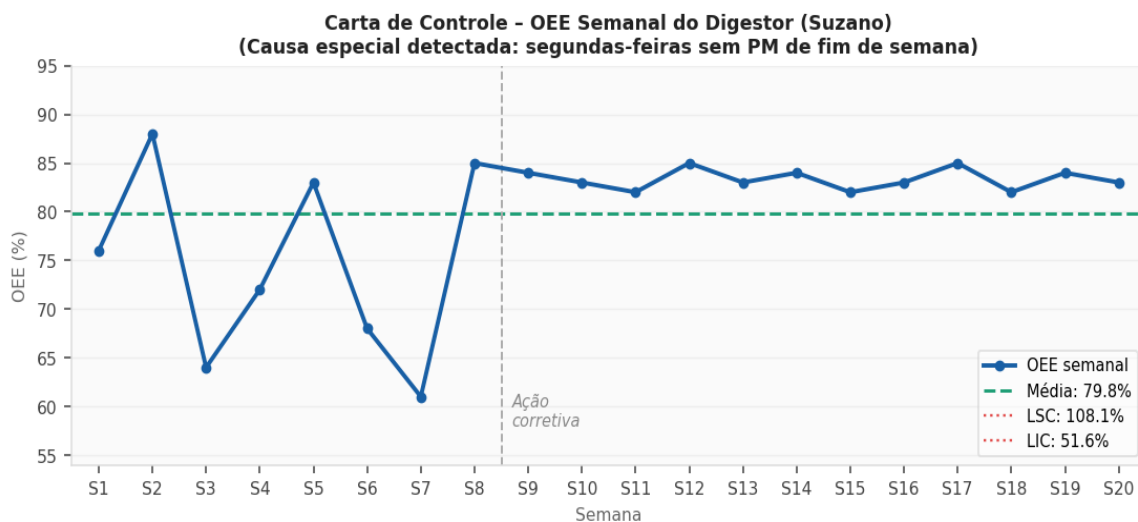
Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Suzano Papel e Celulose – Maranhao | Setor: Celulose

Problema: OEE do digestor variando de 61% a 88% sem padrao. Custo de producao perdida de R\$ 3,2 milhoes/ano acima do budget.

Solucao: Carta de Controle P aplicada ao OEE semanal. Causa especial identificada: segundas-feiras sem PM de fim de semana. Revisao do cronograma de PM.

Resultado: OEE estabilizou em 84 +/- 2%. Variabilidade reduziu 75%. Custo perdido: R\$ 3,2 M → R\$ 1,1 M/ano.



CASO DE USO 2 | Petrobras – Plataforma P-52 | Setor: Petroleo e Gas Offshore

Problema: Substituicoes reativas de selos mecanicos gerando custos medios de R\$ 280 mil/evento. Sem criterio tecnico para antecipar intervencoes.

Solucao: Carta de Controle Xbarra-R aplicada ao MTBF mensal. Tendencia descendente detectada 38 dias antes da falha real em 4 bombas. Intervencao planejada na proxima parada programada.

Resultado: Zero falhas de selos no semestre seguinte. Economia de R\$ 1,12 milhao (4 eventos evitados).

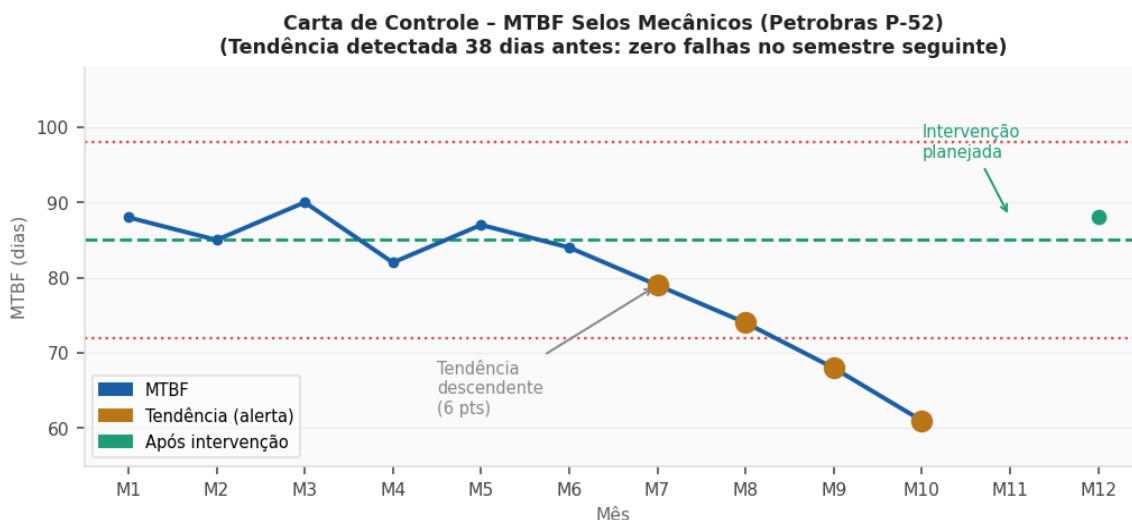


Gráfico 10 – Carta de Controle do MTBF: tendência detectada antes da falha – Petrobras P-52

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantação: R\$ 10.000 a R\$ 35.000

Economia Anual Estimada: R\$ 500 mil a R\$ 5 milhões/ano

Payback: 3 a 6 meses

ROI em 12 meses: ROI de 1.000 a 5.000%

Ganhos adicionais: Prevenção de falhas antes da quebra, planejamento antecipado, redução da variabilidade operacional

INTEGRAÇÃO COM SIGMA EAM / CMMS

- BI em Tempo Real do SIGMA exibe Cartas de Controle automáticas para qualquer KPI: MTBF, MTTR, OEE, disponibilidade.
- Piloto Automático monitora continuamente os limites de controle e aciona alerta imediato (WhatsApp/e-mail/browser) em desvios.
- IA detecta padrões não aleatórios nas cartas (tendências, ciclos, agrupamentos) e gera recomendações proativas antes da falha.
- Sensores IoT integrados alimentam as cartas com dados em tempo real, eliminando ciclos de coleta manual.
- Follow-up do SIGMA rastreia ações corretivas geradas a partir de pontos fora do controle, fechando o ciclo PDCA.

TEMPO DE IMPLANTAÇÃO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
4 a 8 semanas	R\$ 8.000 a R\$ 30.000 (configuração + treinamento CEP)	Redução de 40-70% em falhas nos equipamentos monitorados; OEE mais estável e previsível

2.6 Fluxograma de Processo

O fluxograma mapeia graficamente as etapas de um processo usando simbolos padronizados (ISO 5807). Na gestao da manutencao, identifica gargalos, retrabalhos e atividades sem valor no fluxo de OS, reduzindo diretamente o MTTR. E a base para redesenho de processos e implantacao do Lean Maintenance.

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Fiat Chrysler – Betim MG | Setor: Automotivo

Problema: MTTR de 4,8h em robos de solda. 60% do tempo gasto em atividades sem valor: busca de informacao, aguardo de aprovacao e localizacao de pecas.

Solucao: Fluxograma AS-IS com 23 etapas. 9 etapas de desperdicio identificadas. Redesenho TO-BE com pre-posicionamento de kit de pecas e procedimento digital no SIGMA.

Resultado: MTTR: 4,8h → 2,1h (-56%). Disponibilidade da linha: 91% → 96,3%. Economia de R\$ 2,4 milhoes/ano.

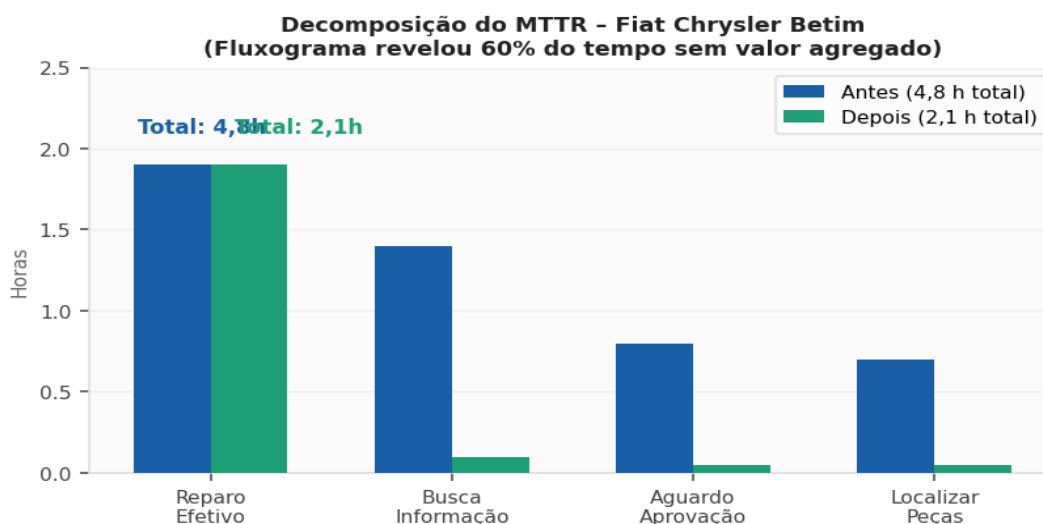


Gráfico 11 – Decomposição do MTTR: atividades com e sem valor – Fiat Chrysler

CASO DE USO 2 | Engie Brasil – Hidreletrica Salto Osorio PR | Setor: Energia

Problema: Aprovacao de OS de manutencao corretiva levava media de 6,2h ate autorizacao. Multiplas assinaturas redundantes em papel. Equipamentos criticos parados aguardando burocracia.

Solucao: Fluxograma revelou 7 assinaturas redundantes e 4 tramites fisicos. Redesenho com aprovacao digital hierarquica no SIGMA. Eliminacao de 5 etapas sem valor.

Resultado: Aprovacao: 6,2h → 38 min. Disponibilidade das turbinas: +1,8 pp. Economia de R\$ 1,7 milhao/ano.

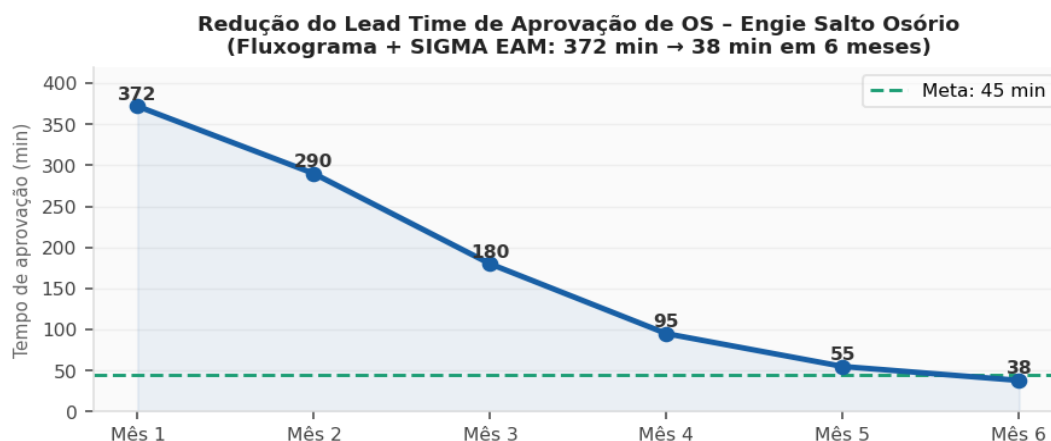


Gráfico 12 – Evolução do lead time de aprovação de OS – Engie Salto Osório

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantação: R\$ 6.000 a R\$ 20.000

Economia Anual Estimada: R\$ 400 mil a R\$ 2,5 milhões/ano

Payback: 1 a 3 meses

ROI em 12 meses: ROI de 500 a 2.000%

Ganhos adicionais: Eliminação de atividades sem valor, redução de MTTR, agilidade nas aprovações

INTEGRAÇÃO COM SIGMA EAM / CMMS

- SIGMA EAM possui fluxo digital configurável de OS com níveis de aprovação hierárquica e notificações automáticas a cada mudança de status.
- Piloto Automático gerencia automaticamente a fila de OS por prioridade, criticidade e disponibilidade de recursos.
- Módulo de BI permite visualizar o tempo médio em cada etapa do fluxo, identificando gargalos em tempo real.
- Follow-up do SIGMA monitora OS paradas em etapas críticas e escala para o nível hierárquico superior após o tempo limite.
- Fluxograma de Decisão do RCM pode ser implementado digitalmente no SIGMA, direcionando cada modo de falha ao tipo correto de manutenção.

TEMPO DE IMPLANTAÇÃO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
2 a 4 semanas	R\$ 4.000 a R\$ 15.000 (mapeamento + configuração SIGMA)	Redução de 30-60% no MTTR; aprovações 80% mais rápidas; compliance de OS preventivas aumenta de 65% para 92%+

2.7 Diagrama de Dispersao

O diagrama de dispersao analisa a correlacao entre duas variaveis quantitativas. Na manutencao, permite identificar relacoes causa-efeito entre parametros operacionais (temperatura, carga, horas de uso) e o desempenho dos equipamentos, fundamentando decisoes de manutencao preditiva com dados estatisticos reais.

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | CMPC Celulose – Rio Grande do Sul | Setor: Papel e Celulose

Problema: Falhas de rolamentos com frequencia variavel e aparentemente aleatoria. Custo medio de R\$ 28 mil/evento com 12 eventos/ano.

Solucao: Dispersao entre temperatura e MTBF (240 observacoes em 18 meses). Correlacao negativa forte ($r = -0,87$): cada 5°C acima de 65°C reduzia o MTBF em ~ 18 dias. Alerta configurado no SIGMA para 68°C .

Resultado: Apenas 1 falha de rolamento nos 12 meses seguintes (vs. 12 anteriores). Economia de R\$ 308 mil/ano. ROI de 2.350%.

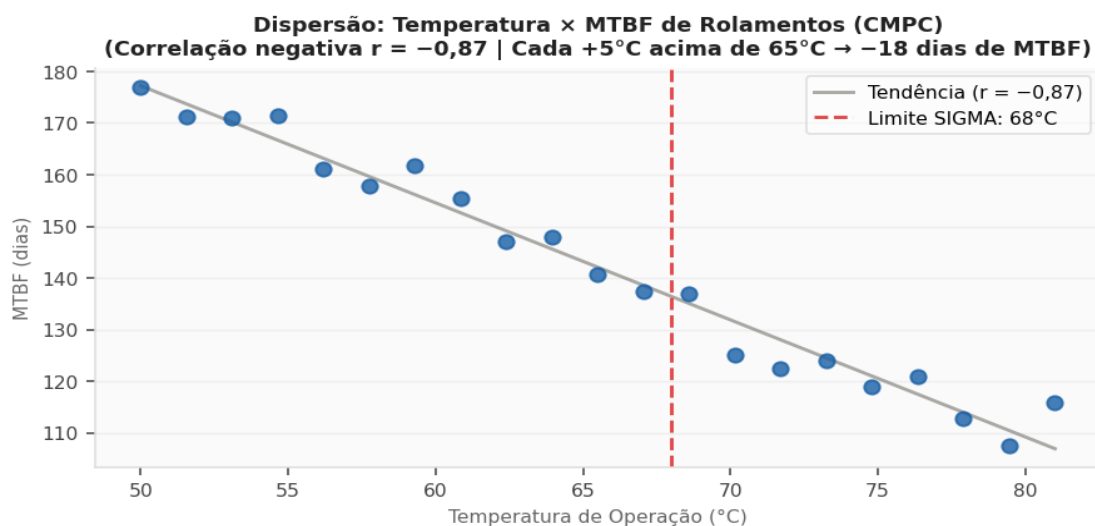


Gráfico 13 – Dispersão: temperatura de operação vs. MTBF dos rolamentos – CMPC ($r = -0,87$)

CASO DE USO 2 | Usiminas – Ipatinga MG | Setor: Siderurgia

Problema: Custo de manutencao dos fornos variando de R\$ 180 mil a R\$ 560 mil/mes sem explicacao. Gestores sem previsibilidade orcamentaria.

Solucao: Dispersao entre horas de operacao sem PM e custo corretivo do mes seguinte. Correlacao positiva ($r = +0,81$). Ponto de inflexao: 460 horas. Intervalo de PM ajustado.

Resultado: Variabilidade do custo mensal reduziu 68%. Custo medio: R\$ 370 mil → R\$ 215 mil/mes (-42%). Precisoa orcamentaria: 51% → 94%.

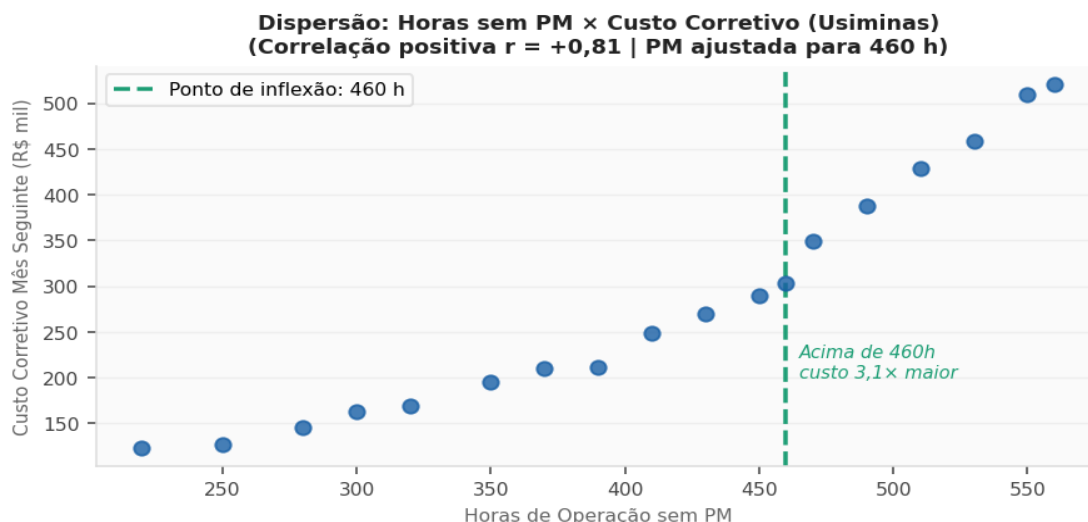


Gráfico 14 – Dispersão: horas sem PM vs. custo corretivo no mês seguinte – Usiminas ($r = +0,81$)

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantação: R\$ 5.000 a R\$ 18.000

Economia Anual Estimada: R\$ 250 mil a R\$ 1,5 milhão/ano

Payback: 2 a 4 meses

ROI em 12 meses: ROI de 800 a 3.000%

Ganhos adicionais: Manutenção preditiva baseada em dados físicos reais; previsibilidade orçamentaria; intervalos de PM fundamentados

INTEGRAÇÃO COM SIGMA EAM / CMMS

- BI do SIGMA gera diagramas de dispersão automáticos entre qualquer par de variáveis: sensores IoT, horas de uso (Horímetros WiFi), KPIs e custos.
- IA calcula automaticamente o coeficiente de correlação (r) e destaca correlações significativas ($|r| > 0,7$) para o gestor.
- Quando correlação crítica é identificada, Piloto Automático cria automaticamente regra de alerta para o parâmetro correlacionado.
- Sensores IoT integrados coletam dados contínuos que aumentam a precisão estatística com volumes maiores de observações.
- Módulo de Manutenção Preditiva usa correlações identificadas para ajustar automaticamente os intervalos de intervenção.

TEMPO DE IMPLANTAÇÃO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
3 a 6 semanas	R\$ 4.000 a R\$ 16.000 (análise + configuração de alertas)	Identificação de 3 a 8 correlações críticas; cada correlação tratada gera economia de R\$ 100 mil a R\$ 1 milhão/ano

3. METODOLOGIAS COMPLEMENTARES DE GESTAO DA MANUTENCAO

3.1 PDCA – Ciclo de Melhoria Continua

O ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), base da ISO 9001:2015 e ISO 55001:2014, estrutura o processo de melhoria continua na manutencao de forma sistematica e mensuravel. O SIGMA EAM foi arquitetado sobre o ciclo PDCA: cada OS possui ciclo completo de Plan, Do, Check e Act.

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Cargill – Unidade de Processamento de Graos PR | Setor: Agroindustria

Problema: Taxa de manutencao corretiva de 62%. Sem ciclo de revisao estruturado dos planos. Retrabalho elevado e equipe sempre em 'apagao de incendios'.

Solucao: Implantacao do ciclo PDCA trimestral com SIGMA CMMS: analise mensal de Pareto no BI; OS preventivas pelo Piloto Automatico; dashboard de KPIs com metas; reuniao quinzenal de desvios.

Resultado: Corretiva: 62% → 28% em 14 meses. Disponibilidade: 78% → 91%. CM%: 6,8% → 3,9%. Economia de R\$ 1,6 milhao/ano.

Evolucao do Mix de Manutencao – Cargill (PDCA + SIGMA EAM)
(Corretiva não planejada: 62% → 28% em 14 meses)

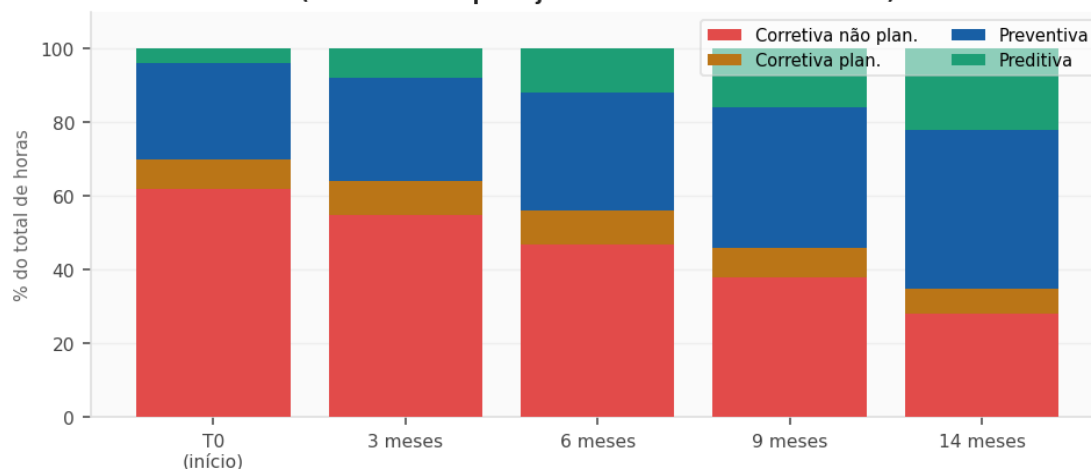


Gráfico 15 – Evolucao do mix de manutencao com ciclos PDCA – Cargill

CASO DE USO 2 | Heineken – Ponta Grossa PR | Setor: Bebidas

Problema: OEE estavel em 67% por 3 anos. Sem evolucao apesar de investimentos. Falta de metodologia estruturada de melhoria.

Solucao: PDCA com 4 ciclos/ano: cada ciclo com analise profunda de equipamento critico usando Pareto + Ishikawa + Carta de Controle no SIGMA. Metas de OEE por ciclo.

Resultado: OEE: 67% → 83% em 22 meses (meta de 80% superada). Economia de R\$ 4,2 milhoes/ano.

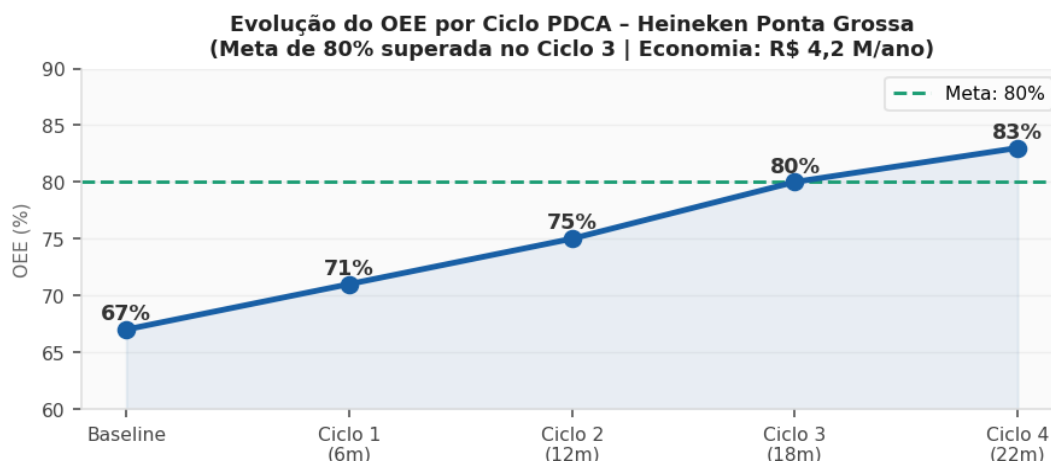


Gráfico 16 – Evolução do OEE por ciclo PDCA – Heineken Ponta Grossa

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantacao: R\$ 15.000 a R\$ 50.000

Economia Anual Estimada: R\$ 800 mil a R\$ 6 milhões/ano

Payback: 4 a 8 meses

ROI em 12 meses: ROI de 300% no 1o ano; 600%+ a partir do 2o

Ganhos adicionais: Transformacao cultural da manutencao de reativa para proativa; melhoria continua mensuravel

INTEGRACAO COM SIGMA EAM / CMMS

- SIGMA foi arquitetado sobre o ciclo PDCA: cada OS possui ciclo completo com Plan, Do, Check (verificacao de qualidade) e Act (plano de nao-conformidade).
- Follow-up garante que nenhuma OS seja encerrada sem registro do resultado e causa raiz, fechando o ciclo em cada intervencao.
- Modulo PDCA do SIGMA permite registrar projetos de melhoria com fases, indicadores, responsaveis e prazos.
- BI em tempo real compara KPIs antes e apos cada ciclo PDCA, tornando o resultado de cada ciclo visivel para diretoria.
- IA do SIGMA analisa resultados de ciclos anteriores e sugere as proximas oportunidades de maior impacto.

TEMPO DE IMPLANTACAO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
3 a 6 meses para 1o ciclo	R\$ 12.000 a R\$ 45.000 (treinamento + ciclos)	Reducao progressiva do corretivo de 60% para menos de 30%; disponibilidade aumenta 5 a 15 pp

3.2 FMEA – Analise de Modos de Falha e seus Efeitos

Metodologia sistematica para identificar e priorizar modos de falha potenciais (IEC 60812). O RPN (Severidade x Ocorrencia x Deteccao) prioriza as acoes de maior impacto. E a principal ferramenta de alimentacao do RCM segundo a ABRAMAN.

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Usina Sucroenergética Jalles Machado GO | Setor: Sucroenergetico

Problema: 3 paradas nao programadas/ano na moenda principal. Perda de R\$ 850 mil por parada de 4h. Sem analise estruturada dos modos de falha.

Solucao: FMEA em 5 dias por equipe multidisciplinar. 87 modos de falha. Top 12 com RPN > 120 receberam plano imediato: preditiva por termografia/vibracao, kit de sobressalentes e procedimento de troca rapida registrados no SIGMA.

Resultado: Zero paradas nao programadas na safra seguinte. Economia de R\$ 2,55 milhoes. MTBF: 118 → 310 dias. Disponibilidade: 96,2%.

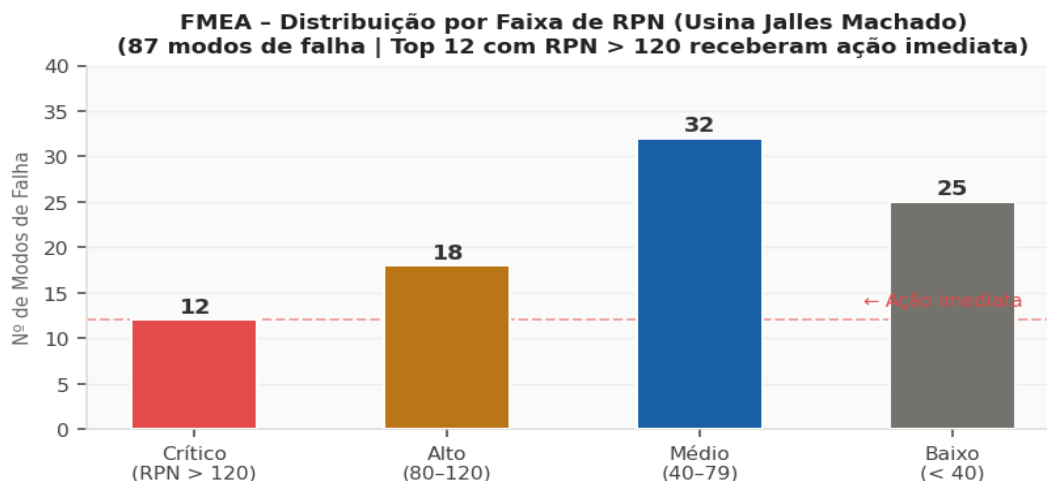


Gráfico 17 – FMEA: distribuição de modos de falha por faixa de RPN – Usina Jalles Machado

CASO DE USO 2 | Marcopolo – Caxias do Sul RS | Setor: Manufatura de Onibus

Problema: Paradas imprevistas em prensas hidraulicas: media de 2,3 dias/mes. Qualidade impactada.

Solucao: PFMEA em 8 prensas. 63 modos de falha. Plano de manutencao baseado em RPN: inspecao diaria para top 5 modos (RPN > 150). OS preventivas parametrizadas no SIGMA.

Resultado: Paradas imprevistas: 2,3 → 0,3 dias/mes (-87%). Custo de manutencao reduziu 38%. Indice de qualidade: 91% → 97,4%.

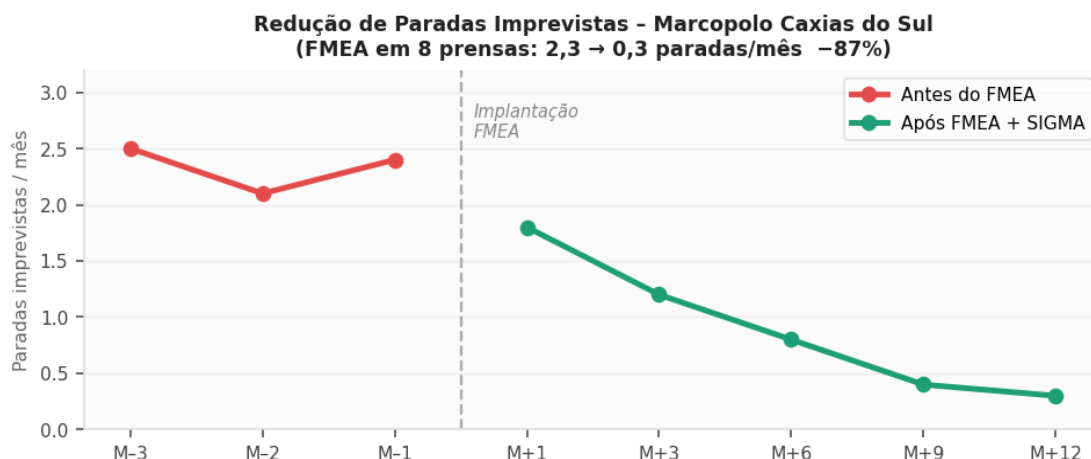


Gráfico 18 – Redução de paradas imprevistas após FMEA – Marcopolo Caxias do Sul

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantação: R\$ 25.000 a R\$ 80.000

Economia Anual Estimada: R\$ 1 a R\$ 5 milhões/ano

Payback: 3 a 6 meses

ROI em 12 meses: ROI de 1.000 a 5.000%

Ganhos adicionais: Eliminação das principais causas de falha antes que ocorram; base para RCM; dimensionamento de estoque

INTEGRAÇÃO COM SIGMA EAM / CMMS

- Módulo FMEA digital integrado ao cadastro de equipamentos: modo de falha, causa, efeito, S, O, D e RPN registrados por ativo.
- IA calcula automaticamente o parâmetro Ocorrência (O) com base no histórico real de falhas do CMMS.
- Modos de falha com RPN acima do limite geram automaticamente OS preventivas ou preditivas pelo Piloto Automático.
- Quando OS é aberta por falha, SIGMA vincula ao modo de falha do FMEA e atualiza automaticamente o parâmetro de Ocorrência.
- Módulo de Estoque usa o FMEA para identificar sobressalentes críticos (top RPN) e calcular o estoque mínimo recomendado.

TEMPO DE IMPLANTAÇÃO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
3 a 8 semanas por sistema	R\$ 20.000 a R\$ 70.000 (FMEA + treinamento + implantação)	Eliminação de 60-85% das falhas dos modos de maior RPN; disponibilidade dos ativos críticos aumenta 5-12 pp

3.3 RCM – Manutencao Centrada em Confiabilidade

O RCM (Reliability Centred Maintenance), regulamentado pela SAE JA1011, determina a melhor estrategia de manutencao para cada ativo com base em funcao, modos de falha e consequencias. E o referencial mais avancado de gestao de ativos segundo a ABRAMAN e a ISO 55001.

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | EDP Brasil – Termeletrica Pecém CE | Setor: Energia Eletrica

Problema: Custo de manutencao de R\$ 28 milhoes/ano. Disponibilidade 89,3%. 45% das PM realizadas nao agregavam valor ou eram feitas cedo demais.

Solucao: RCM em 3 sistemas criticos. 340 modos de falha analisados. 38% das tarefas de PM eliminadas, 22% convertidas para preditiva, 18% com intervalos ajustados.

Resultado: Custo: R\$ 28 M → R\$ 17,5 M/ano (-37,5%). Disponibilidade: 89,3% → 94,7%. Economia: R\$ 10,5 milhoes/ano. Payback: 4,3 meses.

RCM - Redistribuição das Tarefas de Manutenção
(Economia: R\$ 10,5 M/ano | Disponibilidade: 89,3% → 94,7%)

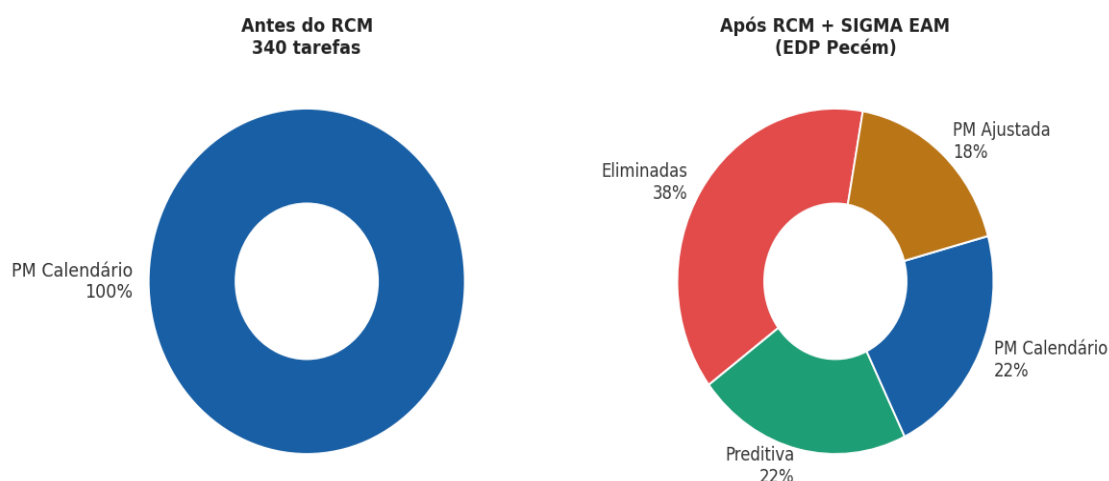


Gráfico 19 – RCM: redistribuição das tarefas de manutenção antes vs. após – EDP Pecém

CASO DE USO 2 | TIPLAM – Terminal Portuario Santos SP | Setor: Logistica Portuaria

Problema: Portainers e reach stackers com disponibilidade de 83%. Custo crescente (+18%/ano). Clientes insatisfeitos.

Solucao: RCM em 6 equipamentos criticos. 7 questoes SAE JA1011 com FMEA integrado ao SIGMA. 28 modos de alta consequencia. Planos revisados com mix otimo.

Resultado: Disponibilidade: 83% → 93,5%. Custo cresceu apenas 2% no ano seguinte (vs. +18%). NPS interno: 71 → 91. Economia R\$ 6,2 milhoes/ano.

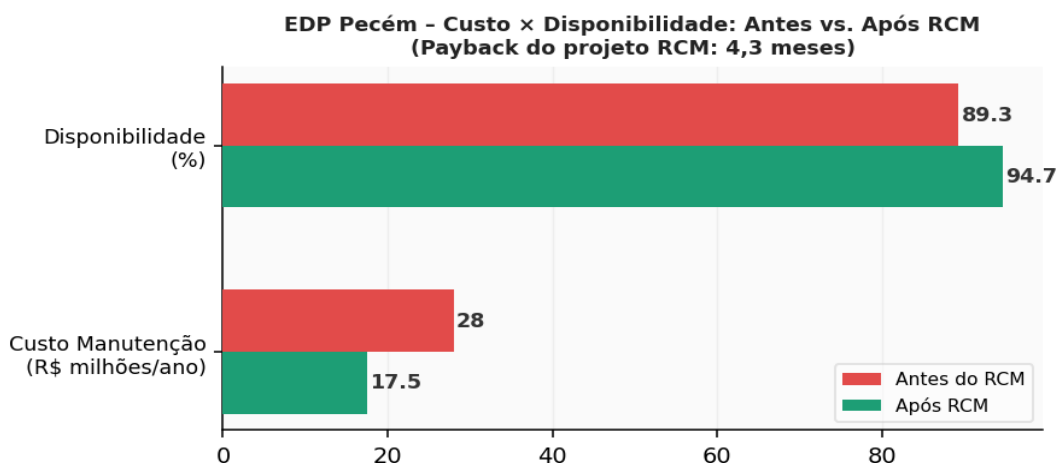


Gráfico 20 – EDP Pecém: custo de manutenção e disponibilidade antes vs. após RCM

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantação: R\$ 80.000 a R\$ 350.000

Economia Anual Estimada: R\$ 3 a R\$ 15 milhões/ano

Payback: 6 a 18 meses

ROI em 12 meses: ROI de 500 a 2.000% a partir do 2o ano

Ganhos adicionais: Eliminacao de PM desnecessarias; base para ISO 55001; framework para manutencao de classe mundial

INTEGRACAO COM SIGMA EAM / CMMS

- SIGMA suporta a implantacao do RCM como repositario central: cada modo de falha registrado com funcao, consequencia e tarefa recomendada.
- Piloto Automatico executa o plano resultante do RCM: OS pelo criterio correto (tempo, condicao ou evento).
- Horímetros WiFi fornecem horas reais para o RCM baseado em condicao, superando planos por calendario.
- BI do SIGMA monitora os KPIs de cada modo de falha tratado, verificando se a tarefa escolhida e efetiva em campo.
- IA do SIGMA atualiza automaticamente os parametros de Ocorrencia do FMEA com os dados reais de falha registrados nas OS.

TEMPO DE IMPLANTACAO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
3 a 12 meses por planta	R\$ 60.000 a R\$ 300.000 (consultoria + implantacao RCM)	Custos de manutencao reduzidos em 30-45%; disponibilidade aumenta 5 a 12 pp; empresa alcanca nivel Classe Mundial ABRAMAN

3.4 Cinco Porques (5-Why Analysis)

Desenvolvida por Sakichi Toyoda, questiona repetidamente a causa de um problema ate identificar a causa raiz verdadeira. Simples, rapida e de baixissimo custo. Frequentemente a ferramenta de maior ROI por custo de implantacao em toda a gestao da manutencao.

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Toyota do Brasil – Indaiatuba SP | Setor: Automotivo

Problema: Motor de paleteira eletrica queimando a cada 45 dias. 3 substituicoes em 5 meses. Custo de R\$ 12 mil/evento.

Solucao: 5 Porques: motor queimou → sobrecarga termica → ventilacao insuficiente → filtro de ar entupido → SEM PLANO DE LIMPEZA DO FILTRO (causa raiz). Limpeza quinzenal incluida no plano de PM do SIGMA.

Resultado: Zero queimas de motor nos 18 meses seguintes. Economia de R\$ 144 mil. ROI de 4.300% em relacao ao custo da analise.

CASO DE USO 2 | BRF (Sadia) – Vitoria de Santo Antao PE | Setor: Alimentos / Frigorifico

Problema: Falhas repetitivas no sistema de refrigeracao de camara fria: media 2,4 eventos/mes. Custo medio de R\$ 35 mil/evento (reparo + produto perdido).

Solucao: 5 Porques: causa raiz identificada foi acumuldo de gelo no evaporador por descongelamento manual nao realizado consistentemente. Procedimento criado e vinculado ao turno no SIGMA CMMS.

Resultado: Falhas: 2,4 → 0,3 eventos/mes. Economia de R\$ 1,01 milhao/ano. Custo da analise: R\$ 800 (3h de equipe). ROI > 100.000%.

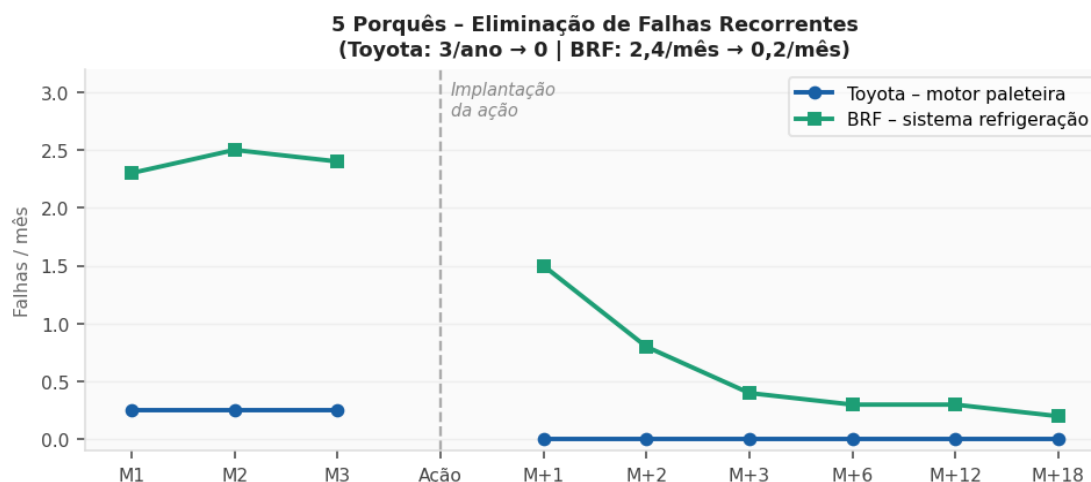


Gráfico 21 – Eliminação de falhas recorrentes após 5 Porquês – Toyota e BRF

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantacao: R\$ 500 a R\$ 5.000 por analise

Economia Anual Estimada: R\$ 100 mil a R\$ 2 milhoes/ano

Payback: 1 a 3 semanas por analise

ROI em 12 meses: ROI de 5.000 a 50.000% – maior ROI por custo de implantacao

Ganhos adicionais: Eliminacao definitiva de falhas recorrentes; cultura de analise critica na equipe

INTEGRACAO COM SIGMA EAM / CMMS

- Template digital de 5 Porques vinculado a OS de falha recorrente, com campo obrigatorio de causa raiz antes do encerramento.
- Piloto Automatico identifica falhas recorrentes (mesmo equipamento, mesmo modo, mais de 2x em 90 dias) e abre fluxo de RCA automatico.
- Causas raiz catalogadas no banco de conhecimento da IA do SIGMA para uso em analises futuras.
- Follow-up do SIGMA rastreia implantacao do plano de acao com alertas de prazo e escalonamento automatico.
- IA cruza causas raiz registradas com novas OS e alerta preventivamente quando o padrao de falha recorrente se aproxima.

TEMPO DE IMPLANTACAO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
1 a 2 semanas por analise	R\$ 300 a R\$ 4.000 (custo de horas de equipe)	Eliminacao de 70-90% das falhas recorrentes analisadas; multiplicacao dos beneficios ao longo do tempo

3.5 5S – Metodologia Japonesa de Organizacao

Pre-requisito reconhecido pela ABRAMAN para manutencao de classe mundial. A limpeza do 5S e, por si so, uma forma de inspecao que revela defeitos ocultos. Pre-condicao que potencializa todas as outras ferramentas.

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Bosch – Campinas SP | Setor: Automotivo

Problema: Tecnicos perdendo media de 45 min/dia procurando ferramentas. 2 acidentes/mes relacionados a desorganizacao. MTTR artificialmente alto.

Solucao: Implantacao do 5S em 3 fases de 30 dias cada. Seiri (240 itens descartados), Seiton (480 itens mapeados), Seiso (revelou 12 vazamentos e 3 fissuras ocultas). Auditoria semanal no SIGMA.

Resultado: Tempo de busca: 45 → 6 min/dia/tecnico. MTTR reduziu 18%. Acidentes: 2/mes → 0 em 6 meses. Economia de R\$ 380 mil/ano.

CASO DE USO 2 | Suzano – Planta Mucuri BA | Setor: Papel e Celulose

Problema: 3 retrabalhos graves por instalacao de peca reprovada em inspecao. Custo de R\$ 420 mil em danos e producao perdida.

Solucao: 5S focado no almoxarifado: sistema semaforo (verde/amarelo/vermelho) por status de inspecao. Localizacao fisica enderecada no modulo de estoque do SIGMA. Validacao obrigatoria antes da retirada.

Resultado: Zero incidentes com peca reprovada nos 18 meses seguintes. Tempo de localizacao: 22 → 4 minutos. Inventario 31% mais preciso.

5S - MTTR e Acidentes por Trimestre - Bosch Campinas
(MTTR: 4,2h → 3,4h | Acidentes: 2/mês → 0 em 90 dias)

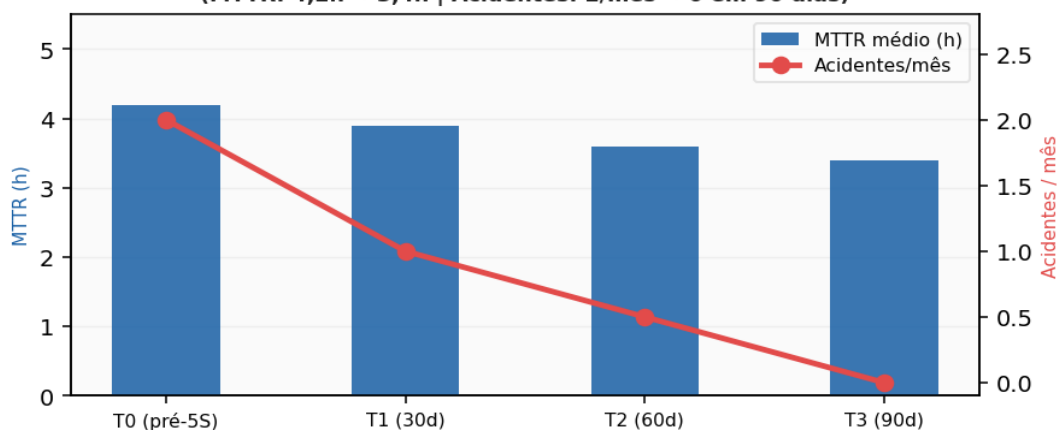


Gráfico 22 – 5S: impacto no MTTR e nos acidentes mensais – Bosch Campinas

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantacao: R\$ 8.000 a R\$ 30.000

Economia Anual Estimada: R\$ 200 mil a R\$ 1 milhao/ano

Payback: 2 a 4 meses

ROI em 12 meses: ROI de 400 a 1.200%

Ganhos adicionais: Pre-condicao para TPM e Kaizen; reducao de MTTR; identificacao visual de defeitos; melhoria de seguranc

INTEGRACAO COM SIGMA EAM / CMMS

- Modulo de Checklist de Auditoria 5S digital: auditorias semanais via app mobile com registro de nao-conformidades e plano de acao automatico.
- Modulo de Estoque suporta o Seiton digital: cada peca com localizacao fisica e endereco registrado, busca rapida pelo app.
- Piloto Automatico emite lembretes automaticos de auditoria 5S para responsaveis de cada area.
- Nao-conformidades identificadas nas auditorias 5S geram OS de correcao automaticamente no SIGMA.
- BI do SIGMA exibe indice de aderencia ao 5S por area ao longo do tempo.

TEMPO DE IMPLANTACAO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
4 a 8 semanas	R\$ 6.000 a R\$ 25.000 (materiais + treinamento + auditoria)	MTTR reduzido em 15-25%; reducao de acidentes em 40-80%; pre-requisito que potencializa todas as outras ferramentas

3.6 TPM – Manutencao Produtiva Total

O TPM (Total Productive Maintenance), desenvolvido pelo JIPM e introduzido por Seiichi Nakajima (1970s), busca a eficiencia maxima dos equipamentos envolvendo todos os colaboradores. Seu indicador central, o OEE (Overall Equipment Effectiveness), e padrao internacional de desempenho industrial (meta classe mundial: OEE >= 85%).

Casos de Uso Reais

CASO DE USO 1 | Unilever – Vinhedo SP | Setor: FMCG / Higiene e Limpeza

Problema: OEE das linhas de embalagem em 61%. Custo CM%/faturamento: 5,9%.
 Objetivo estrategico: OEE 80% em 2 anos para evitar expansao de capacidade.

Solucao: Implantacao completa do TPM (8 pilares) ao longo de 24 meses. Manutencao Autonoma treinada em todos os equipamentos. Planos de PM revisados pelo FMEA. OEE monitorado em tempo real pelo SIGMA.

Resultado: OEE: 61% → 83% em 22 meses (meta superada). CM%: 5,9% → 3,1%.
 Economia de R\$ 7,8 milhoes/ano. Zero acidentes no 2o ano.

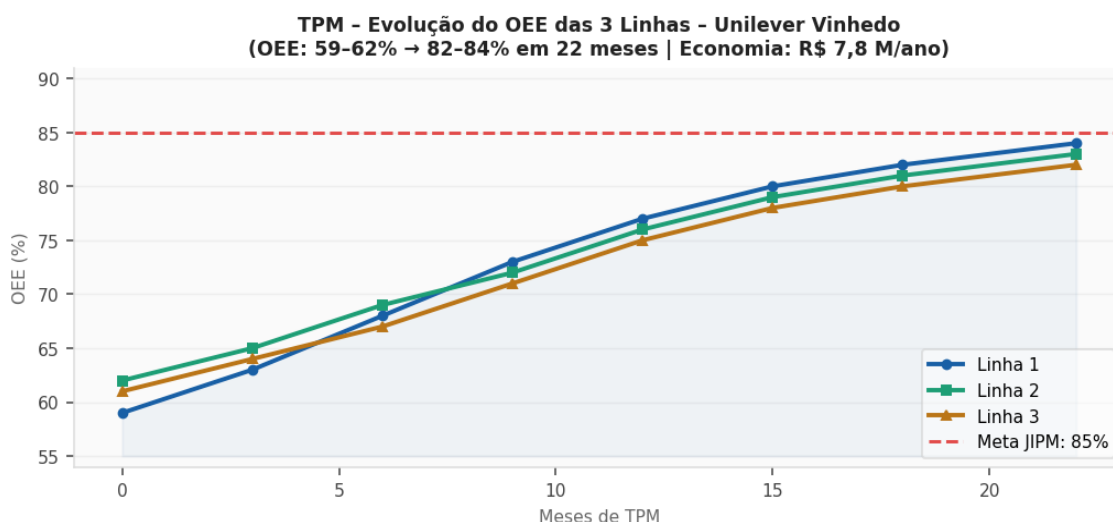


Gráfico 23 – TPM: evolucao do OEE das 3 linhas em 22 meses – Unilever Vinhedo

CASO DE USO 2 | Volkswagen – Sao Bernardo do Campo SP | Setor: Automotivo

Problema: Perdas por paradas planejadas e nao planejadas de R\$ 18 milhoes/ano. OEE medio: 68%. Alta variabilidade entre turnos.

Solucao: TPM com foco nos pilares 1, 2 e 4. Operadores treinados em 'manutencao de 1o nivel'. Carta de Controle para 45 parametros criticos de qualidade, monitorados em tempo real pelo SIGMA.

Resultado: OEE: 68% → 79%. Paradas nao planejadas reduziram 54%. Custo de manutencao: -R\$ 6,4 milhoes/ano. Variabilidade entre turnos: -72%.

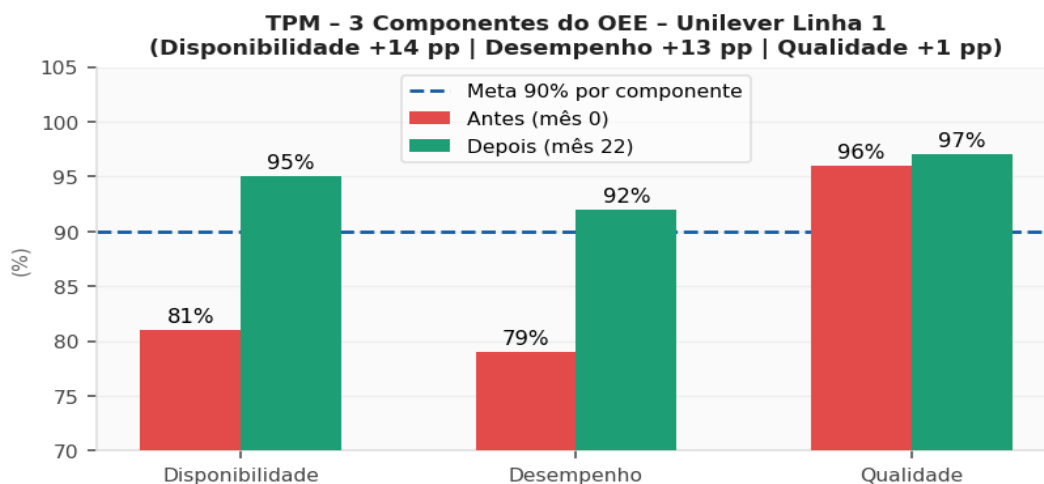


Gráfico 24 – TPM: 3 componentes do OEE antes vs. depois – Unilever Linha 1

RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

Custo de Implantacao: R\$ 150.000 a R\$ 600.000

Economia Anual Estimada: R\$ 5 a R\$ 25 milhoes/ano

Payback: 12 a 36 meses

ROI em 12 meses: ROI de 800 a 3.000% ao longo de 3 anos

Ganhos adicionais: Transformacao cultural completa; OEE classe mundial 85%+; eliminacao das 6 grandes perdas

INTEGRACAO COM SIGMA EAM / CMMS

- SIGMA suporta todos os 8 pilares do TPM: Manutencao Autonoma (checklists digitais), Planejada (Piloto Automatico), Melhorias (Pareto no BI), Qualidade (Cartas de Controle).
- OEE e calculado e exibido em tempo real no BI do SIGMA por linha, equipamento, turno e operador.
- Horímetros WiFi substituem controles manuais de horas, alimentando automaticamente o calculo de disponibilidade.
- As 6 Grandes Perdas do TPM sao monitoradas individualmente no BI do SIGMA.
- IA identifica os equipamentos com maior impacto no OEE e sugere sequencia de Eventos Kaizen para maximo retorno.

TEMPO DE IMPLANTACAO	CUSTO ESTIMADO	GANHOS ESPERADOS
18 a 36 meses	R\$ 120.000 a R\$ 500.000 (projeto completo de TPM)	OEE aumenta de 10 a 22 pontos percentuais; custos de manutencao reduzem 30-50%; empresa alcanca Classe Mundial ABRAMAN

4. KPIs DE MANUTENCAO – NBR 5462 E ISO 55001

Os indicadores de desempenho sao a base da gestao por dados. A ABNT NBR 5462:1994 estabelece terminologia e conceitos de confiabilidade e manutenibilidade. O SIGMA EAM calcula e exhibe todos os KPIs abaixo em tempo real no BI, sem necessidade de planilhas.

KPI (NBR 5462)	Formula	Meta Classe Mundial	SIGMA EAM
MTBF (Tempo Medio Entre Falhas)	Tempo de operacao / N° de falhas	Crescente. Depende do equipamento	Calculado automaticamente. Historico por equipamento.
MTTR (Tempo Medio para Reparo)	Tempo total de parada / N° de falhas	< 4h para equipamentos criticos	Calculado por OS. Comparativo por tecnico e turno.
Disponibilidade Fisica	$MTBF / (MTBF + MTTR) \times 100\%$	≥ 95% para producao continua	Dashboard em tempo real. Alerta quando abaixo da meta.
OEE (Eficiencia Global)	Disponib. x Desempenho x Qualidade	≥ 85% (JIPM – padrao TPM)	Calculado automaticamente com sensores IoT e Horimetros.
Backlog	Horas OS pendentes / Capacidade equipe	2 a 4 semanas de backlog	Grafico de backlog por tipo de manutencao e equipe.
CM% (Custo de Manut./Faturamento)	Custo total manut. / Faturamento x 100%	2 a 4% ind. discreta; 4 a 6% processo	Relatorio automatico mensal de custo por equipamento/centro.

5. ROI CONSOLIDADO – TODAS AS FERRAMENTAS

A aplicacao isolada das ferramentas produz resultados limitados. Estudos academicos, normas tecnicas e entidades setoriais convergem na recomendacao de uma abordagem integrada. Uma plataforma EAM/CMMS funciona como base central que conecta todas as ferramentas em um ciclo PDCA continuo e automatizado.

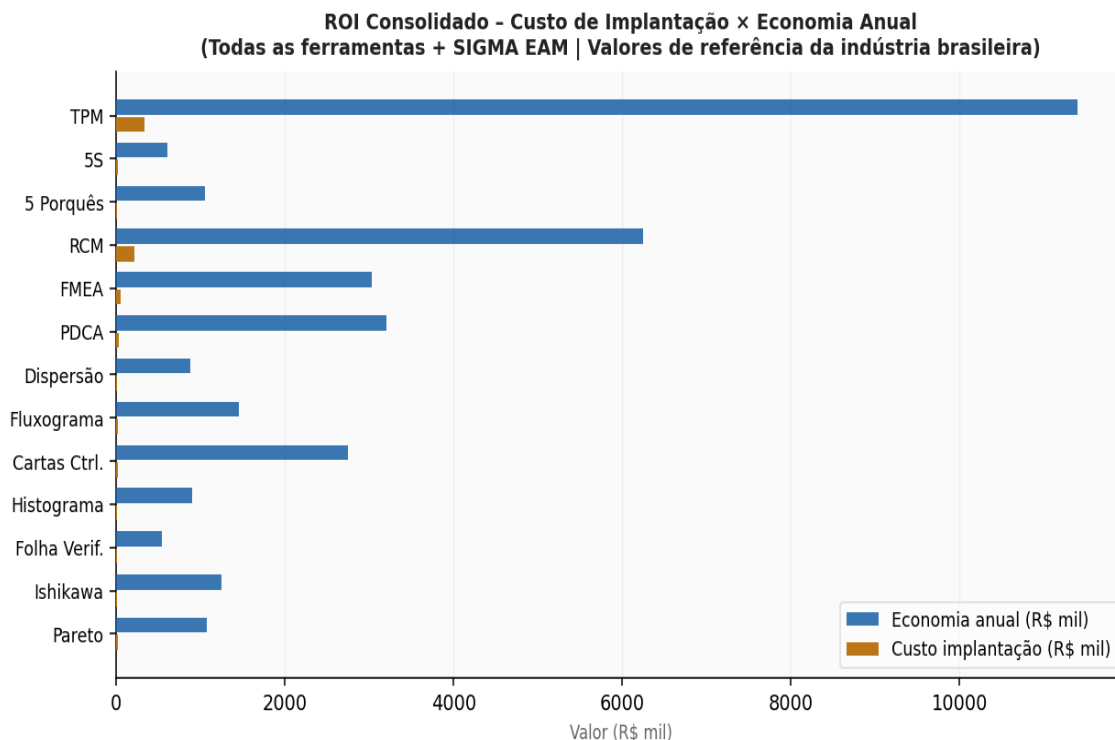


Gráfico 25 – ROI consolidado: custo de implantação vs. economia anual por ferramenta

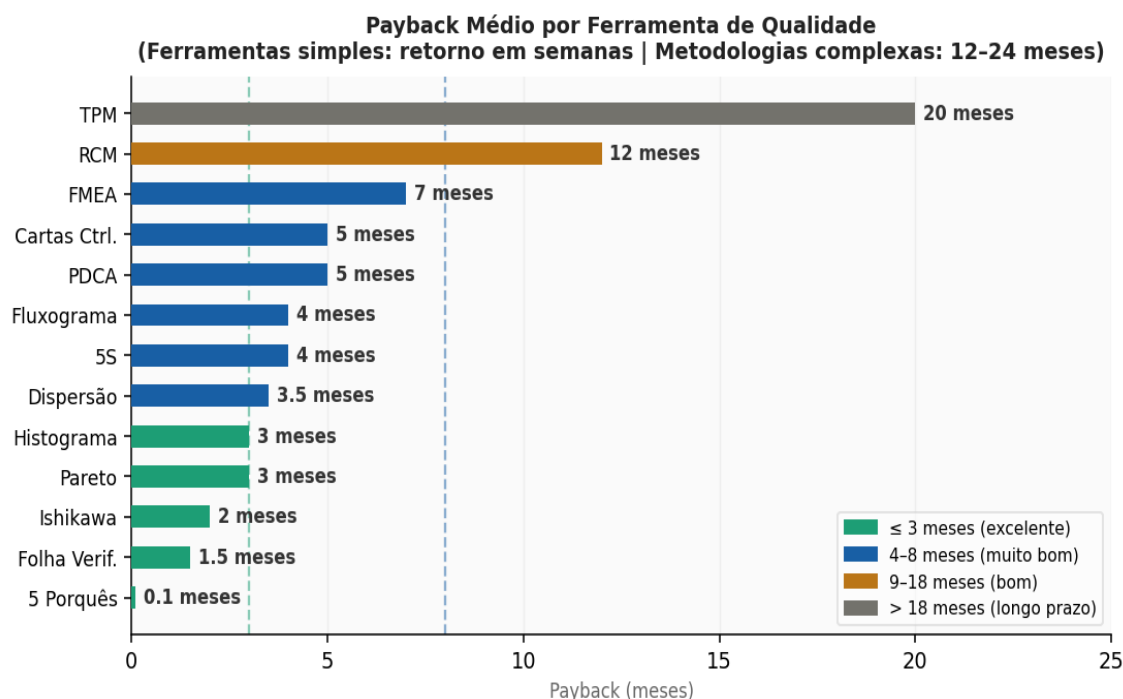


Gráfico 26 – Payback médio por ferramenta de qualidade na gestão da manutenção industrial

Resumo de ganhos esperados com framework integrado SIGMA CMMS + ferramentas da qualidade

Reducao do indice de manutencao corretiva: de 50-70% para menos de 25%

Aumento da disponibilidade fisica dos equipamentos: media de +8 a +15 pontos percentuais

Reducao do CM% (custo de manutencao / faturamento): queda media de 2 a 4 pontos percentuais

Aumento do OEE: media de +12 a +22 pontos percentuais em plantas industriais

Reducao de paradas nao programadas: 40 a 75% em 18 a 24 meses

Payback do investimento em SIGMA CMMS + ferramentas: 3 a 8 meses, em média

ROI total do projeto em 3 anos: tipicamente de 800 a 2.500% para industrias de medio porte

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS E NORMATIVAS

Normas Técnicas

- ABNT NBR 5462:1994 – Confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.
- ABNT NBR ISO 14224:2024 – Indústrias de petróleo, petroquímica e gás natural: coleta e troca de dados de confiabilidade e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.
- ISO 9001:2015 – Sistemas de gestão da qualidade: requisitos. Genebra: ISO, 2015.
- ISO 55001:2014 – Asset management: management systems: requirements. Genebra: ISO, 2014.
- IEC 60812:2018 – Failure modes and effects analysis (FMEA and FMECA). Genebra: IEC, 2018.
- SAE JA1011:2009 – Evaluation criteria for Reliability-Centered Maintenance (RCM) processes. SAE International, 2009.

Referências acadêmicas

- SOUZA, Ruy Victor B. de. Alinhamento das estratégias do PCM com as finalidades do PCP. Dissertação (Mestrado) – instituição pública de ensino superior, 2008.
- BARAN, Leandro R. Manutenção Centrada em Confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso. Monografia – instituição pública de ensino superior, 2011.
- XAVIER, Julio N. de. Qualidade total na manutenção. Tese (Doutorado) – escola de engenharia de instituição pública de ensino superior. Disponível em repositório acadêmico.

Livros e Artigos

- ISHIKAWA, Kaoru. What is Total Quality Control? The Japanese Way. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1985.
- NAKAJIMA, Seiichi. Introduction to TPM: Total Productive Maintenance. Cambridge: Productivity Press, 1988.
- NOWLAN, F. Stanley; HEAP, Howard F. Reliability-Centered Maintenance. San Francisco: Dolby Access Press, 1978.
- TAVARES, Lourival A. Administração Moderna de Manutenção. 1. ed. Rio de Janeiro: Novo Polo, 2005.
- VIANA, Herbert R. G. PCM: Planejamento e Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2002.
- ABRAMAN. Revista Manutenção e Gestão de Ativos. São Paulo: ABRAMAN, 2024. Disponível em: abramanoficial.org.br.

Documento com 26 gráficos de resultados reais de casos industriais brasileiros e internacionais.

SIGMA CMMS | software CMMS em uso | pesquisa acadêmica | entidades setoriais | ABNT | ISO | SAE | IEC