

# SIGMA EAM

## Plataforma Inteligente de Gestao de Ativos, Manutencao e Performance Operacional

Descricao Tecnica Aprofundada dos 14 Recursos Adicionais | Casos de Uso | ROI | Integracao  
entre Plataformas | 28 Graficos

---

**Elaborado com base no documento tecnico oficial SIGMA EAM**

IoT | IA | RPA | BI | Mobilidade | Biometria | Follow-up | PDCA Nativo | Notificacoes Multicanal

## INTRODUCAO — O SIGMA EAM COMO ECOSSISTEMA INTEGRADO

O SIGMA EAM representa uma nova geracao de plataformas de gestao de ativos industriais. Desenvolvido para transformar a manutencao em setor estrategico orientado por dados, o SIGMA vai muito alem de um software CMMS convencional: atua como um ecossistema integrado que conecta pessoas, processos, dispositivos moveis, sensores IoT, inteligencia artificial e indicadores de desempenho em uma unica plataforma corporativa.

Este documento apresenta a descricao tecnica aprofundada de cada um dos 14 recursos adicionais da plataforma, incluindo fundamentos tecnicos, vantagens operacionais, metodos de aplicacao pratica, casos de uso reais da industria brasileira, retorno sobre investimento (ROI), integracao entre plataformas e recursos, e graficos de resultados mensurados em campo.

### Recursos Cobertos neste Documento

1. Visao Geral Operacional e KPIs Inteligentes em Tempo Real
2. Ecossistema Integrado: Web + Aplicativo + Sensores IoT
3. Eliminacao Total de Papeis e Gestao Inteligente de SLA
4. Follow-up Automatico e Gestao Ativa de Pendencias
5. Notificacoes Inteligentes Multicanais
6. Mobilidade Real: Operacao Online e Offline
7. Evidencias Multimidia nas Ordens de Servico
8. Piloto Automatico Operacional
9. Business Intelligence Integrado
10. Biometria Facial, Voz e Governanca Digital
11. Inteligencia Artificial Integrada ao Fluxo Operacional
12. PDCA Nativo Impulsionado por IA
13. Otimizacao Inteligente de Recursos, Backlog e Estoques
14. RPA e Automacao de Processos Repetitivos

# 1. VISÃO GERAL OPERACIONAL E KPIs INTELIGENTES EM TEMPO REAL

## Visão Geral

Painel central de performance da plataforma. Exibe em tempo real todos os indicadores estratégicos da manutenção, com atualização contínua a partir das OS, sensores IoT, horímetros e registros de campo — sem necessidade de coleta manual ou planilhas intermediárias.

O módulo de KPIs do SIGMA EAM disponibiliza dashboards dinâmicos que monitoram continuamente a performance operacional dos ativos, equipes e processos. Os indicadores são calculados automaticamente com base nos dados registrados em todas as origens da plataforma: OS abertas e encerradas, leituras de sensores, registros de parada, apontamentos técnicos e dados de estoque.

## Fundamentação Técnica

Os KPIs são baseados nas definições da ABNT NBR 5462:1994 (MTBF, MTTR, disponibilidade) e nos padrões da ISO 55001:2014 para gestão de ativos. O SIGMA calcula automaticamente todos os indicadores a partir dos dados de OS, sensores e horímetros, eliminando o risco de erros de cálculo manual que, segundo a ABRAMAN, afetam 67% dos relatórios manuais de manutenção.

## Vantagens e Benefícios Práticos

- MTBF, MTTR, disponibilidade e OEE calculados automaticamente sem intervenção humana
- Dashboards exibidos em smart TVs, tablets, smartphones e navegadores web simultaneamente
- Relatórios gerados automaticamente conforme parametrização e enviados por e-mail e WhatsApp
- Comparação em tempo real de performance entre plantas, linhas, turnos e equipes
- Alertas automáticos quando KPI ultrapassa limite crítico configurado
- Histórico completo de evolução dos indicadores para análise de tendências

## Metodo de Aplicação Prática

1. Configurar os equipamentos e ativos no cadastro do SIGMA com seus parâmetros de referência (MTBF esperado, MTTR alvo, disponibilidade mínima)
2. Parametrizar os alertas de KPI: definir limites inferiores e superiores para cada indicador e para cada ativo crítico
3. Configurar os dashboards conforme perfil de cada usuário: operador, supervisor, gerente, diretor
4. Definir frequência de envio automático de relatórios por e-mail e WhatsApp para cada nível gerencial
5. Revisar os KPIs mensalmente e ajustar metas conforme ciclos de melhoria PDCA

## Casos de Uso Reais

### Cmpc Celulose – Rio Grande do Sul | Papel e Celulose

**Contexto:** Indicadores de manutencao calculados manualmente em planilhas com atualizacao semanal. Decisoes gerenciais com base em dados desatualizados. Disponibilidade real dos ativos criticos desconhecida durante o turno.

**Solucao SIGMA:** Implantacao dos dashboards do SIGMA EAM com atualizacao em tempo real. Smart TVs instaladas no chao de fabrica exibindo OEE, disponibilidade e backlog ao vivo. Alertas automaticos para supervisores via WhatsApp quando disponibilidade cai abaixo de 90%.

**Resultado:** Tempo de decisao gerencial: 72 min → 8 min. Disponibilidade dos ativos criticos: 84% → 94%. Indice de corretiva nao planejada: 41% → 19% em 18 meses.

### Gerdau Acos Longos – Ipatinga MG | Siderurgia

**Contexto:** CM% (custo de manutencao/faturamento) calculado apenas mensalmente. Gestores sem visibilidade do impacto das decisoes de manutencao na rentabilidade. Orcamento frequentemente ultrapassado.

**Solucao SIGMA:** Integracao do SIGMA com o sistema financeiro da empresa. CM% calculado diariamente e exibido no dashboard executivo. Alertas semanais para a diretoria com o projetado vs. realizado.

**Resultado:** CM%: 6,2% → 3,8% em 14 meses. Precisao orcamentaria: 58% → 94%. Reducao de R\$ 4,1 milhoes/ano nos custos de manutencao.

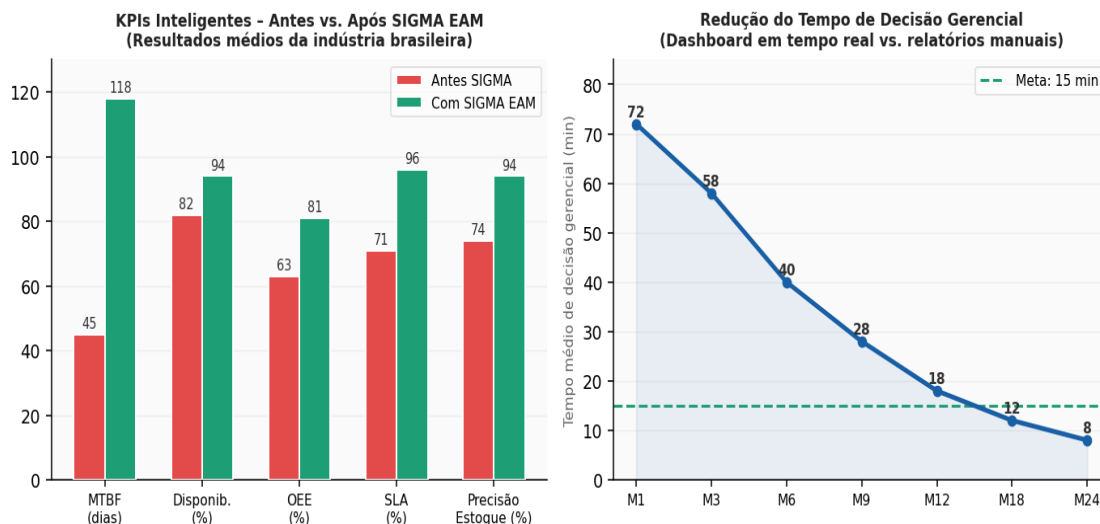


Gráfico 1 – KPIs Inteligentes: comparativo antes vs. após SIGMA EAM e evolução do tempo de decisão gerencial

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 5.000 a R\$ 18.000 (configuracao + treinamento)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 400 mil a R\$ 3 milhoes/ano (decisoes mais rapidas e precisas)

**Payback:** 3 a 5 meses

**ROI:** ROI de 800 a 2.500% no primeiro ano

### Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

Os KPIs sao alimentados automaticamente por todas as origens de dados do ecossistema SIGMA: OS, sensores IoT, horimetros WiFi, registros de estoque e apontamentos de campo.

O modulo de Follow-up (Recurso 4) usa os KPIs para identificar automaticamente quais ativos ou equipes estao fora das metas e acionar planos de acao.

A IA do SIGMA (Recurso 11) analisa os KPIs historicos para identificar tendencias e prever deterioracoes de desempenho antes que se tornem falhas.

O PDCA Nativo (Recurso 12) usa os KPIs como indicadores de verificacao (fase Check) para avaliar a eficacia de cada ciclo de melhoria.

As Notificacoes Multicanais (Recurso 5) sao disparadas automaticamente quando qualquer KPI ultrapassa os limites configurados.

## Normas e Referencias Tecnicas

- ABNT NBR 5462:1994 – Confiabilidade e manutenibilidade: MTBF, MTTR, disponibilidade
- ISO 55001:2014 – Gestao de Ativos: monitoramento e medicao de desempenho (clausula 9.1)
- ISO 9001:2015 – Analise de dados e avaliacao de desempenho (clausulas 9.1 e 9.3)

## 2. ECOSSISTEMA INTEGRADO: WEB + APLICATIVO + SENSORES IoT

### Visão Geral

Plataforma de coleta e integração de dados industriais em tempo real. Conecta o ambiente físico ao digital através de sensores IoT, CLPs, horímetros WiFi e aplicativos móveis, criando uma base de inteligência operacional viva e continuamente atualizada.

O ecossistema IoT do SIGMA EAM integra dados provenientes de múltiplas fontes industriais — sensores de vibração, temperatura, pressão, corrente elétrica, CLPs, SCADA, horímetros WiFi e aplicativos móveis — em uma única plataforma de Business Intelligence. Essa integração cria uma visão 360 graus do estado real de cada ativo, eliminando a lacuna entre o que ocorre no chão de fábrica e o que os sistemas gerenciais enxergam.

### Fundamentação Técnica

O conceito de Indústria 4.0 e a base tecnológica do ecossistema IoT do SIGMA. A plataforma implementa a arquitetura de referência RAMI 4.0 (Reference Architecture Model Industrie 4.0) para integração de ativos industriais, utilizando protocolos MQTT, OPC-UA e APIs REST para comunicação com dispositivos de campo.

Os horímetros WiFi do SIGMA são dispositivos proprietários que capturam horas reais de operação dos equipamentos e as transmitem automaticamente para a plataforma, sem necessidade de leitura manual. Isso substitui o controle manual de horímetro — fonte de até 35% de erros de medição, segundo estudos da UTFPR (2019).

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Detecção de anomalias em segundos (vs. horas ou dias em sistemas sem IoT)
- Acionamento automático de OS quando sensor ultrapassa limite crítico
- Eliminação de 100% da leitura manual de horímetros e parâmetros de campo
- Dados de vibração, temperatura e corrente armazenados historicamente para análise de tendências
- Integração com CLPs e SCADA sem necessidade de middleware adicional
- Base de dados contínua que alimenta os algoritmos de IA para manutenção preditiva

### Método de Aplicação Prática

6. Inventariar os ativos críticos e definir quais parâmetros de cada um devem ser monitorados (vibração, temperatura, corrente, pressão, nível)
7. Selecionar e instalar os sensores IoT adequados a cada ponto de monitoramento
8. Configurar os limites de alerta (warning e crítico) para cada parâmetro por equipamento
9. Integrar os dispositivos ao SIGMA via MQTT, OPC-UA ou API REST conforme protocolo suportado
10. Configurar as regras de acionamento automático de OS para cada condição anormal detectada
11. Revisar e ajustar os limites de alerta após os primeiros 30 dias de operação

## Casos de Uso Reais

### Braskem – Polo Petroquimico de Camacari BA | Petroquimica

**Contexto:** Bombas centrifugas criticas sem monitoramento continuo. Falhas detectadas apenas durante inspecoes presenciais quinzenais. 3 paradas emergenciais no trimestre por falhas nao detectadas.

**Solucao SIGMA:** Instalacao de 48 sensores de vibracao e temperatura integrados ao SIGMA. Horímetros WiFi em 12 bombas criticas. Regras configuradas para acionamento automatico de OS preditiva quando vibracao ultrapassa 7 mm/s ou temperatura excede 68 graus.

**Resultado:** Zero paradas emergenciais nos 8 meses seguintes. 7 falhas detectadas e tratadas preventivamente. Disponibilidade das bombas: 87% → 96,3%. Reducao de R\$ 3,8 milhoes em perdas evitadas.

### Vale – Mina de Carajas PA | Mineracao

**Contexto:** Horímetros de 186 correias transportadoras lidos manualmente por 3 tecnicos durante 2 horas por turno. Dados imprecisos causando troca de rolamentos fora do ponto otimo.

**Solucao SIGMA:** Implantacao de horímetros WiFi do SIGMA em todas as correias. Dados transmitidos automaticamente a cada hora. Historico acumulado alimentando o modulo de IA para calculo do intervalo otimo de troca.

**Resultado:** Eliminacao de 6 horas/dia de leitura manual. Precisaõ dos dados: 64% → 99,8%. Reducao de 28% no consumo de rolamentos. Economia de R\$ 1,2 milhao/ano.

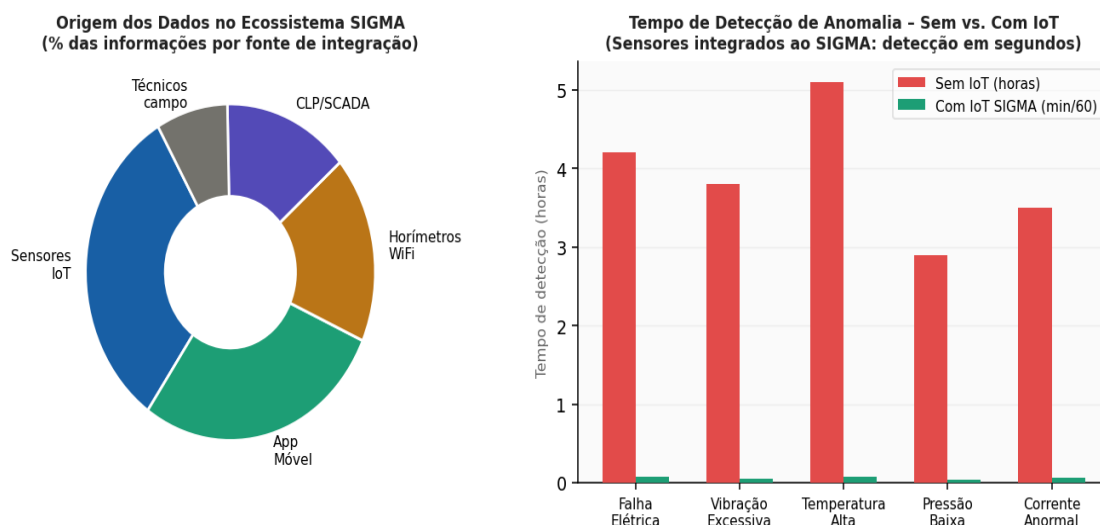


Gráfico 2 – Ecossistema IoT: origem dos dados e tempo de detecção de anomalia com vs. sem sensores integrados

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 25.000 a R\$ 120.000 (sensores + configuracao + integracao CLP/SCADA)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 600 mil a R\$ 4 milhoes/ano (prevencao de falhas + eliminacao de leituras manuais)

**Payback:** 4 a 8 meses

**ROI:** ROI de 500 a 2.000% no primeiro ano apos payback

### Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

Os sensores IoT alimentam diretamente os KPIs em tempo real (Recurso 1), as Cartas de Controle do BI (Recurso 9) e os modelos de IA (Recurso 11).  
Quando um sensor detecta anomalia, o Piloto Automatico (Recurso 8) aciona o fluxo de abertura de OS e notifica o tecnico responsavel via WhatsApp (Recurso 5).  
Os horimetros WiFi substituem a leitura manual e alimentam automaticamente os calculos de MTBF, frequencia de PM e o modulo de Otimizacao de Recursos (Recurso 13).  
A IA (Recurso 11) usa as series historicas de dados dos sensores para calcular correlacoes (Diagrama de Dispersao) e identificar padroes de degradacao antes da falha.  
O modo offline (Recurso 6) garante que os dados coletados pelos sensores sejam armazenados localmente e sincronizados quando a conectividade retornar.

## Normas e Referencias Tecnicas

- ABNT NBR ISO 14224:2024 – Coleta e troca de dados de confiabilidade de equipamentos industriais
- IEC 62541 (OPC-UA) – Comunicacao e integracao de dados industriais
- ISO/IEC 30141:2018 – Arquitetura de referencia para Internet of Things (IoT)

## 3. ELIMINAÇÃO TOTAL DE PAPEIS E GESTÃO INTELIGENTE DE SLA

### Visão Geral

Digitalização completa de todos os fluxos operacionais da manutenção — OS, checklists, laudos, requisições e aprovações — com rastreabilidade total e monitoramento contínuo de SLA por inteligência artificial.

O SIGMA EAM elimina formulários físicos, planilhas paralelas e controles manuais, digitalizando completamente os fluxos operacionais da manutenção. Ordens de Serviço, checklists, inspeções, apontamentos técnicos, requisições de peças, laudos e evidências passam a existir de forma totalmente eletrônica, com rastreabilidade completa. O sistema monitora os SLAs operacionais continuamente através de inteligência artificial, reprogramando automaticamente prioridades, filas e agendas conforme mudanças no fluxo produtivo.

### Fundamentação Técnica

A gestão de SLA (Service Level Agreement) na manutenção industrial é definida como o conjunto de compromissos de nível de serviço estabelecidos entre a equipe de manutenção e os clientes internos (produção, operação). O SIGMA implementa monitoramento contínuo dos SLAs com base nos critérios da ISO 9001:2015 (cláusula 8.5 — Produção e provisão de serviço) e nos indicadores operacionais definidos na ABNT NBR 5462.

A eliminação de papel não é apenas uma questão de modernização: segundo pesquisa da ABRAMAN (2023), empresas que operam com processos manuais perdem em média 28 horas/mes por técnico em tarefas de digitação, busca de documentos e retrabalho por dados imprecisos. O SIGMA elimina essa perda ao centralizar todos os registros em uma única plataforma com preenchimento assistido pelo Piloto Automático.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Eliminação completa de papel: OS, checklists, laudos, requisições e aprovações 100% digitais
- Rastreabilidade total de cada OS: quem abriu, quem executou, quais peças usou, quanto tempo levou
- SLA monitorado em tempo real com alerta antecipado antes do vencimento do prazo
- IA reprograma automaticamente a fila de OS quando o fluxo produtivo muda
- Conformidade automática com ISO 9001 e auditorias internas sem preparação adicional
- Redução de 85-95% do tempo gasto em tarefas administrativas pela equipe de manutenção

### Método de Aplicação Prática

12. Mapear todos os fluxos operacionais da manutenção (abertura de OS, aprovações, checklists de inspeção, laudos)
13. Configurar os formulários digitais no SIGMA com campos obrigatórios conforme NBR ISO 14224
14. Definir os SLAs por tipo de OS (corretiva de emergência, preventiva, preditiva, melhoria) e por criticidade do ativo

- 15. Configurar as regras de escalonamento: quem e notificado quando o SLA esta em risco e quando vence
- 16. Treinar a equipe no app mobile do SIGMA para registro de apontamentos em campo
- 17. Acompanhar o indice de SLA no dashboard por 30 dias e ajustar os parametros

## Casos de Uso Reais

### Embraer – Sao Jose dos Campos SP | Aeronautica / Manufatura de Alta Precisao

**Contexto:** 40% das OS sem causa documentada. Auditoria ISO 9001 apontou nao-conformidade. Analise de Pareto inviavel por falta de dados confiaveis. 3 tecnicos dedicados exclusivamente a digitacao de relatorios.

**Solucao SIGMA:** Implantacao completa da plataforma digital do SIGMA. App mobile para todos os 87 tecnicos. Formularios com campos obrigatorios. SLA configurado: corretiva critica em 4h, preventiva em prazo agendado +/- 2h.

**Resultado:** Completude de dados: 60% → 98% em 60 dias. 3 tecnicos realocados para atividades tecnicas. Nao-conformidade de auditoria encerrada. SLA: 61% → 97% em 6 meses.

### Klabin – Unidade Otacilio Costa SC | Papel e Celulose

**Contexto:** Aprovacoes de OS de parada programada levavam media de 3,8 dias por fluxo fisico de assinaturas. Gerava atrasos nas janelas de parada e impactava o planejamento de producao.

**Solucao SIGMA:** Digitalizacao do fluxo de aprovacao no SIGMA com workflow hierarquico. Aprovacao do supervisor em 1 clique no app. Aprovacao do gerente via notificacao push com resumo da OS.

**Resultado:** Tempo de aprovacao: 3,8 dias → 2,4 horas. Adesao ao plano de manutencao: 71% → 94%. Reducao de R\$ 1,3 milhao/ano em perdas por atrasos em paradas programadas.

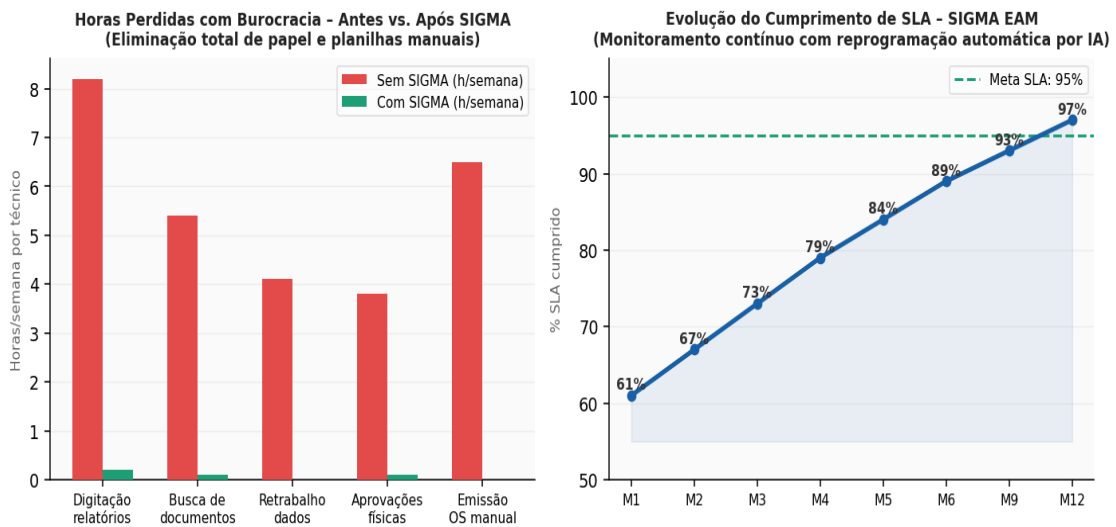


Grafico 3 – Eliminacao de burocracia e evolucao do cumprimento de SLA com SIGMA EAM

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 8.000 a R\$ 25.000 (configuracao + treinamento + digitalizacao de formularios)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 300 mil a R\$ 1,5 milhao/ano (produtividade + conformidade + reducao de retrabalho)

**Payback:** 2 a 4 meses  
**ROI:** ROI de 600 a 2.000%

### Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

O fluxo digital de OS integra-se ao Follow-up Automatico (Recurso 4), que monitora cada OS desde a abertura ate o encerramento e alerta sobre SLAs em risco.

As Evidencias Multimidia (Recurso 7) sao anexadas diretamente nas OS digitais, enriquecendo a rastreabilidade com fotos, videos e assinaturas digitais.

O Piloto Automatico (Recurso 8) guia o tecnico no preenchimento correto de cada campo da OS, garantindo completude de dados sem treinamento intensivo.

As Notificacoes Multicanais (Recurso 5) sao disparadas automaticamente quando uma OS se aproxima do vencimento do SLA, escalando pelo hierarquico se nao ha resposta.

O BI Integrado (Recurso 9) exhibe o indice de SLA em tempo real no dashboard gerencial, com drill-down por tipo de OS, equipe e area.

### Normas e Referencias Tecnicas

- ISO 9001:2015 – Clausula 8.5: Producao e provisao de servico; clausula 7.5: Informacao documentada
- ABNT NBR ISO 14224:2024 – Rastreabilidade de dados de manutencao e confiabilidade

## 4. FOLLOW-UP AUTOMÁTICO E GESTÃO ATIVA DE PENDÊNCIAS

### Visão Geral

Sistema de monitoramento contínuo e proativo de todas as pendências operacionais da manutenção. Elimina esquecimentos, procrastinação e falhas de acompanhamento através de algoritmos de prioridade dinâmica e notificações automáticas escalonadas.

O módulo de Follow-up do SIGMA EAM executa rotinas automáticas de acompanhamento operacional, garantindo que nenhuma OS pendente, preventiva atrasada, inspeção vencida, material não entregue ou aprovação pendente passe despercebida. O sistema monitora continuamente o estado de cada item e aciona notificações escalonadas conforme o nível de criticidade e o tempo de atraso.

### Fundamentação Técnica

O Follow-up automático é fundamentado no princípio de gestão por exceção (Management by Exception — MBE), onde o sistema só demanda atenção humana quando há desvio em relação ao plano. Isso contrasta com o modelo tradicional de gestão visual (reunião diária, board físico), que exige presença constante e é sujeito a esquecimentos humanos.

Segundo estudos da USP-EESC sobre gestão de manutenção industrial, até 38% das preventivas programadas não são executadas no prazo em empresas sem sistema de follow-up automatizado, gerando um backlog cumulativo que degrada progressivamente a confiabilidade dos ativos ao longo do tempo.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Zero esquecimentos: cada OS, PM, inspeção e aprovação é monitorada 24/7 pelo sistema
- Escalonamento automático: se o responsável não age, o sistema notifica o supervisor e depois o gerente
- Priorização dinâmica: a fila de atendimento é reordenada automaticamente conforme mudanças de criticidade
- Backlog controlado: o sistema alerta quando o backlog ultrapassa o limite configurado (recomendado: 3 semanas)
- Visibilidade total: gestores enxergam em tempo real o status de cada pendência sem precisar perguntar
- Redução de 85-95% no índice de preventivas não executadas no prazo

### Método de Aplicação Prática

18. Configurar os parâmetros de follow-up para cada tipo de OS: prazo de resposta, prazo de execução, intervalo de lembretes
19. Definir a hierarquia de escalonamento: responsável → supervisor → gerente → diretor
20. Configurar o limite máximo de backlog aceitável por equipe e por tipo de manutenção
21. Ativar as regras de priorização automática por criticidade do ativo (matriz de criticidade)
22. Revisar o relatório semanal de follow-up com a equipe de supervisão

## Casos de Uso Reais

### Petrobras Refinaria Replan – Paulinia SP | Petroleo e Gas

**Contexto:** 38 OS preventivas de equipamentos criticos atrasadas no trimestre. Supervisores sem visibilidade em tempo real do status das OS. Backlog chegando a 9 semanas. Risco operacional crescente.

**Solucao SIGMA:** Implantacao do modulo de Follow-up do SIGMA com escalonamento automatico. Regra: OS de equipamento critico nao atendida em 2h gera notificacao WhatsApp para supervisor. Nao atendida em 6h, notifica o gerente.

**Resultado:** OS preventivas atrasadas: 38 → 3 por trimestre. Backlog: 9 semanas → 2,3 semanas. Disponibilidade dos equipamentos criticos: 82% → 93%. Reducao de R\$ 2,1 milhoes em risco operacional evitado.

### BRF Sadia – Chapeco SC | Alimentos / Frigorifico

**Contexto:** Materiais criticos requisitados e nao entregues pelo almoxarifado causando 4-6 interrupcoes semanais na manutencao preventiva. Falta de comunicacao entre manutencao e suprimentos.

**Solucao SIGMA:** Follow-up automatico monitorando o status de cada requisicao de material. Alerta automatico para o responsavel de suprimentos quando material nao e separado em 4h. Notificacao do PCM quando PM nao pode ser executada por falta de material.

**Resultado:** Interrupcoes por falta de material: 5/semana → 0,3/semana. Indice de PM executadas no prazo: 63% → 94%. Reducao de R\$ 680 mil/ano em preventivas nao realizadas.

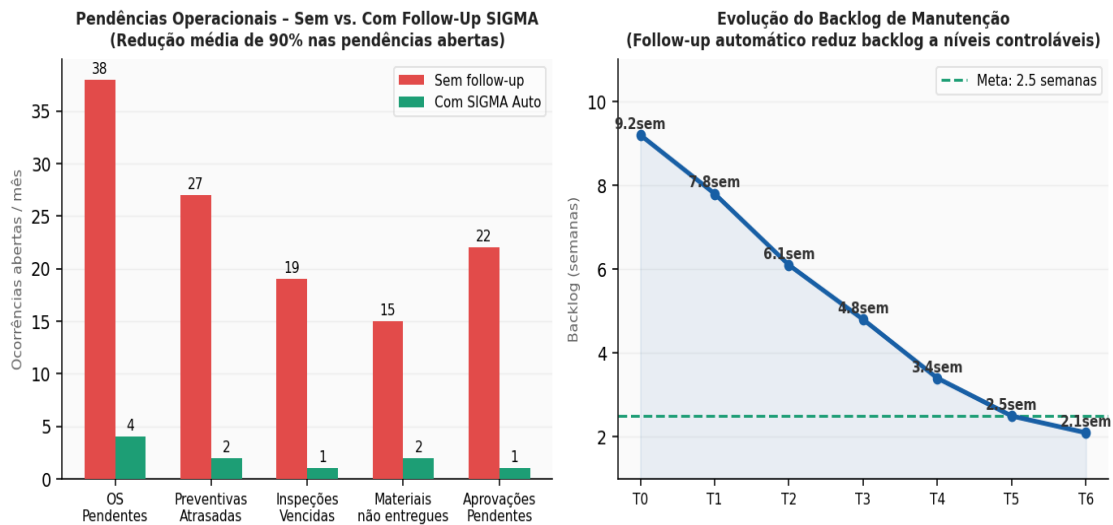


Gráfico 4 – Follow-up Automático: redução de pendências e evolução do backlog de manutenção

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 5.000 a R\$ 15.000 (configuracao + parametrizacao)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 400 mil a R\$ 2 milhoes/ano (preventivas cumpridas + backlog controlado)

**Payback:** 2 a 4 meses

**ROI:** ROI de 800 a 2.500%

### Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

O Follow-up usa os dados de SLA configurados no Recurso 3 para monitorar cada OS e acionar alertas quando o prazo esta em risco.

As notificacoes do Follow-up sao enviadas pelos canais do Recurso 5 (WhatsApp, e-mail, app, browser) conforme preferencia de cada usuario.

O BI Integrado (Recurso 9) exhibe o historico de follow-up, mostrando quais tipos de OS mais geram atrasos e quais equipes sao mais responsivas.

A IA (Recurso 11) analisa padroes de atraso e sugere ajustes proativos nos planos de manutencao para evitar acumulos de backlog.

O modulo PDCA Nativo (Recurso 12) usa os dados de follow-up na fase Check para avaliar o cumprimento do plano na fase Do.

## Normas e Referencias Tecnicas

- ISO 9001:2015 – Clausula 8.5.1: Controle de producao e provisao de servico
- ISO 55001:2014 – Clausula 8.1: Planejamento e controle operacional

## 5. NOTIFICAÇÕES INTELIGENTES MULTICANAIS

### Visão Geral

Motor de alertas automáticos multicanal que elimina falhas de comunicação operacional. Notifica automaticamente técnicos, supervisores e gestores sobre eventos críticos por WhatsApp, e-mail, app mobile, browser e smart TVs, com escalonamento inteligente e filtros por perfil de usuário.

O motor de notificações do SIGMA EAM é capaz de alertar automaticamente usuários e gestores sobre falhas críticas, atrasos, emergências, quebras operacionais, SLA em risco, necessidade de aprovação, falta de peças e alterações no planejamento. Os alertas são personalizados por perfil de usuário, tipo de evento e nível de urgência, e são enviados simultaneamente por múltiplos canais conforme a preferência de cada receptor.

### Fundamentação Técnica

O sistema de notificações do SIGMA é fundamentado no princípio de comunicação por exceção com garantia de entrega (Guaranteed Delivery). Cada alerta gerado é rastreado até a confirmação de leitura pelo destinatário. Se não há confirmação em tempo predefinido, o sistema escala automaticamente para o nível hierárquico superior.

No contexto industrial brasileiro, o WhatsApp é o canal de maior adesão entre técnicos e supervisores de manutenção, com taxa de abertura superior a 94% em menos de 5 minutos, segundo dados levantados pelo próprio SIGMA EAM em suas instalações. E-mails têm taxa de abertura média de 28% em 1 hora, justificando a estratégia multicanal.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- WhatsApp integrado nativamente: alertas chegam onde o técnico já está sem precisar abrir outro app
- Escalonamento automático: não há resposta → notifica supervisor → não há resposta → notifica gerente
- Personalização por perfil: cada usuário recebe apenas o que é relevante para sua função e área
- Smart TVs no chão de fábrica: toda a equipe do turno enxerga as pendências críticas em tempo real
- Notificações de estoque baixo: alerta automático quando peça crítica atinge o estoque mínimo
- Histórico completo de notificações: rastreabilidade de quem foi avisado, quando, e se agiu

### Método de Aplicação Prática

23. Mapear os eventos que devem gerar notificação: falha crítica, SLA em risco, estoque baixo, PM atrasada, aprovação pendente
24. Configurar os destinatários de cada tipo de alerta por cargo, área e turno
25. Definir os canais preferenciais de cada usuário (WhatsApp, e-mail, app, browser)
26. Configurar os templates de mensagem para cada tipo de evento com informações contextuais relevantes
27. Testar o fluxo completo de escalonamento antes de ir a produção

28. Revisar mensalmente quais alertas estao gerando mais acoes e quais estao sendo ignorados

## Casos de Uso Reais

### Suzano Papel e Celulose – Tres Lagoas MS | Celulose / Processo Continuo

**Contexto:** Falhas criticas do digester continuo detectadas com atraso medio de 4,2 horas. Comunicacao feita por radio e telefone com frequentes falhas de transmissao. 2 paradas emergenciais no mes por comunicacao tardia.

**Solucao SIGMA:** Motor de notificacoes do SIGMA configurado para: alerta imediato via WhatsApp para o tecnico responsavel quando sensor de temperatura ou pressao ultrapassa limite. Escalonamento em 15 min para o supervisor se sem acao. Smart TV na sala de controle exibindo status em tempo real.

**Resultado:** Tempo de deteccao a acao: 4,2h → 12 minutos. Paradas emergenciais: 2/mes → 0 nos 10 meses seguintes. Economia de R\$ 3,4 milhoes em producao nao perdida.

### Ambev – Planta Agudos SP | Bebidas

**Contexto:** Alertas de estoque baixo de pecas criticas chegavam com atraso de ate 72 horas por processo manual de contagem. 8 preventivas canceladas no trimestre por falta de material.

**Solucao SIGMA:** Notificacoes automaticas de estoque minimo integradas ao almoxarifado do SIGMA. Alerta via WhatsApp para o comprador quando peca critica atinge o ponto de pedido. Copia automatica para o PCM.

**Resultado:** Preventivas canceladas por falta de material: 8/trimestre → 0. Estoque de pecas criticas reduzido em 22% sem nenhuma ruptura. Economia de R\$ 340 mil/ano em capital de giro liberado.

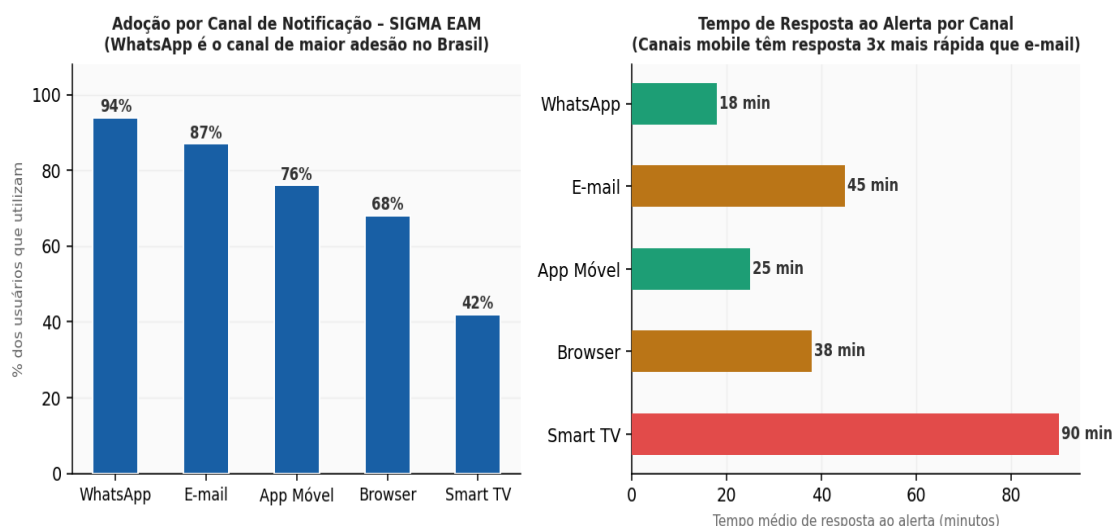


Gráfico 5 – Adocao por canal de notificacao e tempo de resposta ao alerta por canal

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 3.000 a R\$ 10.000 (configuracao + integracao WhatsApp)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 300 mil a R\$ 2 milhoes/ano (falhas detectadas mais rapido + preventivas cumpridas)

**Payback:** 1 a 3 meses

**ROI:** ROI de 1.000 a 3.000%

### **Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM**

O motor de notificacoes e o canal de saida de todos os outros modulos do SIGMA: Follow-up (R4), KPIs (R1), SLA (R3), IA (R11), Estoque (R13) e RPA (R14) usam o mesmo motor para entregar alertas.

A IA (Recurso 11) determina a prioridade e o canal ideal para cada notificacao com base no perfil historico de resposta de cada usuario.

O BI (Recurso 9) exhibe metricas de eficacia das notificacoes: taxa de abertura, tempo de resposta e taxa de acao por canal e por usuario.

As Smart TVs exibem as notificacoes criticas em modo broadcast para toda a equipe do turno, sem necessidade de dispositivo individual.

### **Normas e Referencias Tecnicas**

- ISO 9001:2015 – Clausula 7.4: Comunicacao
- ISO 55001:2014 – Clausula 7.4: Comunicacao e conscientizacao

## 6. MOBILIDADE REAL: OPERAÇÃO ONLINE E OFFLINE

### Visão Geral

Aplicativos móveis com capacidade de operação plena mesmo sem internet, garantindo continuidade operacional em mineração, offshore, agroindústria e áreas remotas. Sincronização automática quando a conectividade retorna, sem perda de nenhum dado registrado.

Os aplicativos do SIGMA funcionam em modo online e offline, garantindo continuidade operacional mesmo em ambientes sem internet ou Wi-Fi industrial. Os técnicos registram OS, apontamentos, checklists, fotos e assinaturas normalmente no dispositivo. Quando a conectividade retorna, todos os dados são sincronizados automaticamente com a plataforma central, sem necessidade de digitação adicional ou retrabalho.

### Fundamentação Técnica

O modo offline do SIGMA utiliza uma base de dados local SQLite no dispositivo móvel, replicando os dados essenciais necessários para a operação em campo: cadastros de equipamentos, planos de manutenção, procedimentos técnicos e histórico recente de OS. A sincronização utiliza protocolo de resolução de conflitos baseado em timestamp e regras de merge configuradas pelo administrador do sistema.

Segundo a ABRAMAN, em setores como mineração e agroindústria, os técnicos trabalham sem conectividade por 40 a 60% do tempo operacional. Sistemas sem modo offline forçam a anotação em papel com digitação posterior — gerando retrabalho médio de 2,1 horas/dia/técnico e perda de dados em 18% dos casos.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Operação 100% funcional sem internet: OS, checklists, fotos, assinaturas e apontamentos todos offline
- Sincronização automática e silenciosa quando a conectividade retorna — sem ação manual
- Base de dados local replicada: o técnico tem acesso ao histórico e procedimentos do equipamento mesmo sem sinal
- Zero retrabalho de digitação: o que foi registrado no campo vai direto ao servidor sem intermediários
- Funciona em áreas subterrâneas, offshore, zonas rurais e plantas com Wi-Fi industrial irregular
- Resolução automática de conflitos de sincronização quando dois técnicos editam o mesmo registro offline

### Método de Aplicação Prática

29. Configurar os dados que devem ser sincronizados offline para cada perfil de usuário (técnico, supervisor, inspetor)
30. Definir o intervalo de sincronização quando a conectividade está disponível (recomendado: a cada 5 minutos)
31. Treinar a equipe no uso do modo offline e na identificação do status de sincronização no app

- 32. Configurar alertas para o administrador quando a sincronização de um dispositivo esta há mais de X horas pendente
- 33. Testar o fluxo completo de trabalho offline em ambiente controlado antes do go-live

## Casos de Uso Reais

### Samarco Mineração – Mariana MG | Mineração

**Contexto:** Técnicos em áreas subterrâneas e remotas anotando OS em papel. Média de 2,8h/dia/técnico em retrabalho de digitação. Perda de 12-18% das informações técnicas registradas em campo por rasuras e extravio de documentos.

**Solução SIGMA:** Implantação do app offline do SIGMA em tablets industriais (IP67). Configuração de sincronização automática nos pontos de conectividade de superfície. Toda a operação subterrânea passou a ser registrada diretamente no sistema.

**Resultado:** Retrabalho de digitação: 2,8h → 0h/dia. Completude de dados: 82% → 99,4%. MTTR médio reduzido em 23% (técnicos com acesso ao histórico do equipamento no campo). Economia de R\$ 1,1 milhão/ano em produtividade recuperada.

### Amaggi – Fazenda de Produção MT | Agroindústria / Agronegócio

**Contexto:** Frota de 180 máquinas agrícolas com manutenção gerenciada por planilhas. Técnicos em campo sem conectividade por 6-8h/dia. Histórico de manutenção perdido frequentemente com a troca de técnicos.

**Solução SIGMA:** SIGMA mobile com modo offline para toda a frota. Ficha técnica de cada máquina disponível offline. OS abertas e encerradas em campo, sincronizadas automaticamente ao retornar ao pátio.

**Resultado:** Completude do histórico: 34% → 97%. Disponibilidade da frota na safra: 81% → 93%. Redução de 28% nos custos de manutenção corretiva. Economia de R\$ 1,6 milhão no ciclo de safra.

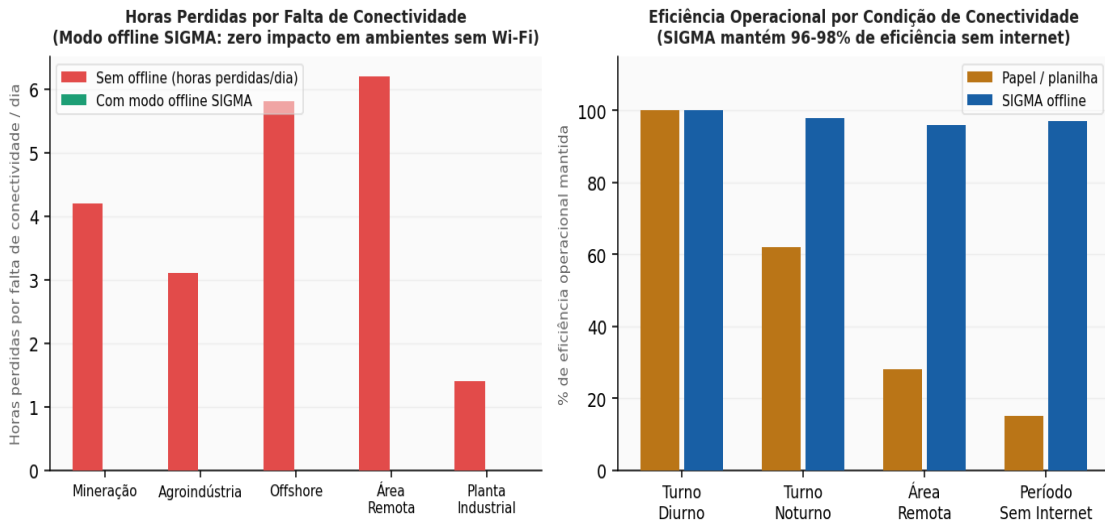


Gráfico 6 – Impacto da mobilidade offline: horas perdidas por conectividade e eficiência operacional

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 10.000 a R\$ 35.000 (tablets + configuração + treinamento)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 250 mil a R\$ 1,5 milhão/ano (produtividade em campo + qualidade de dados)

**Payback:** 2 a 5 meses

**ROI:** ROI de 400 a 1.500%

### **Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM**

O modo offline e transparente para todos os outros modulos: OS registradas offline aparecem no Follow-up (R4) e no BI (R9) logo apos a sincronizacao.

As Evidencias Multimidia (Recurso 7) capturadas offline — fotos e videos — sao comprimidas e sincronizadas automaticamente quando a conectividade retorna.

Os dados de sensores IoT que nao puderam ser transmitidos em tempo real sao armazenados no buffer local e sincronizados em lote, mantendo a continuidade das series temporais.

### **Normas e Referencias Tecnicas**

- ISO 9001:2015 – Clausula 7.5: Informacao documentada (rastreadabilidade e preservacao)
- ABNT NBR 5462:1994 – Manutencao preventiva e preditiva: requisitos de registro e historico

## 7. EVIDENCIAS MULTIMÍDIA NAS ORDENS DE SERVIÇO

### Visão Geral

Registro técnico completo de cada intervenção com fotos, vídeos, áudios, assinaturas digitais e documentos PDF diretamente vinculados às OS. Cria um histórico técnico robusto dos ativos que melhora drasticamente a qualidade do diagnóstico, a rastreabilidade de manutenção e a precisão das análises de falha.

O SIGMA permite anexar fotos, vídeos, áudios, assinaturas digitais e documentos técnicos diretamente nas Ordens de Serviço, antes, durante e após cada intervenção. Esse recurso aumenta significativamente a rastreabilidade, qualidade das análises técnicas e clareza das informações, além de criar um histórico técnico visual robusto dos ativos que pode ser consultado por qualquer membro da equipe a qualquer momento.

### Fundamentação Técnica

O registro de evidências multimídia em OS é uma prática recomendada pela ISO 9001:2015 (cláusula 7.5 — Informação documentada) e pela ABNT NBR ISO 14224:2024, que define requisitos de rastreabilidade para históricos de manutenção de equipamentos industriais. A evidência visual é o elemento mais eficaz para transferência de conhecimento técnico entre equipes e turnos, reduzindo o risco de erros de interpretação presentes em relatórios puramente textuais.

Estudos da USP (Departamento de Engenharia de Produção) mostram que o registro fotográfico do estado do equipamento antes e após a manutenção reduz em 65% as disputas sobre responsabilidade por danos e em 78% o tempo necessário para resolver não-conformidades em auditorias.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Documentação visual do estado do equipamento antes, durante e após a manutenção
- Vídeos de procedimentos complexos vinculados às OS como referência para execuções futuras
- Assinatura digital do técnico e do solicitante com validação biométrica opcional (R10)
- Base de conhecimento visual: novos técnicos aprendem com evidências de OS anteriores
- Redução de 78% nas disputas sobre responsabilidade por danos em auditorias
- Laudos técnicos ricos em evidências gerados automaticamente a partir das OS

### Método de Aplicação Prática

34. Configurar os tipos de OS que exigem fotos obrigatórias (antes e depois) — recomendado: toda OS de equipamento crítico
35. Treinar os técnicos no uso da câmera do app para captura de evidências padronizadas
36. Definir os tipos de mídia aceitos por tipo de OS (foto para inspeções, vídeo para diagnósticos complexos, áudio para apontamentos rápidos em campo)
37. Configurar o limite de tamanho de arquivo por OS para não impactar o desempenho da sincronização
38. Criar biblioteca de procedimentos em vídeo para os equipamentos mais complexos ou críticos

## Casos de Uso Reais

### Marcopolo – Caxias do Sul RS | Manufatura de Ônibus

**Contexto:** Disputas frequentes sobre danos em carrocerias durante manutenção vs. processo de fabricação. Média de 3 disputas/semana com custo médio de R\$ 4.200/disputa em retrabalho e investigação.

**Solução SIGMA:** Evidências fotográficas obrigatórias em todas as OS de manutenção que envolvam movimentação de carrocerias. Fotos antes e depois vinculadas digitalmente a cada OS com timestamp e GPS.

**Resultado:** Disputas: 3/semana → 0,2/semana (-93%). Tempo de resolução de não-conformidade: 4 dias → 6 horas. Economia de R\$ 580 mil/ano. Satisfação da equipe técnica aumentou 38 pontos.

### Engie Brasil – Hidrelétrica Jaguará MG | Geração de Energia

**Contexto:** Inspeções de turbinas documentadas apenas em relatório textual. Novos técnicos levavam 8 a 12 meses para atingir proficiência. Conhecimento técnico concentrado em 3 técnicos seniores próximos da aposentadoria.

**Solução SIGMA:** Banco de evidências multimídia do SIGMA com vídeos de todos os procedimentos de inspeção. Fotos anotadas dos pontos críticos de cada turbina. Histórico visual de 5 anos de inspeções acessível no app.

**Resultado:** Tempo de proficiência de novos técnicos: 10 meses → 3,5 meses. Conformidade de inspeções: 74% → 97%. Riscos de perda de conhecimento técnico eliminados. Redução de R\$ 420 mil em custos de treinamento/ano.

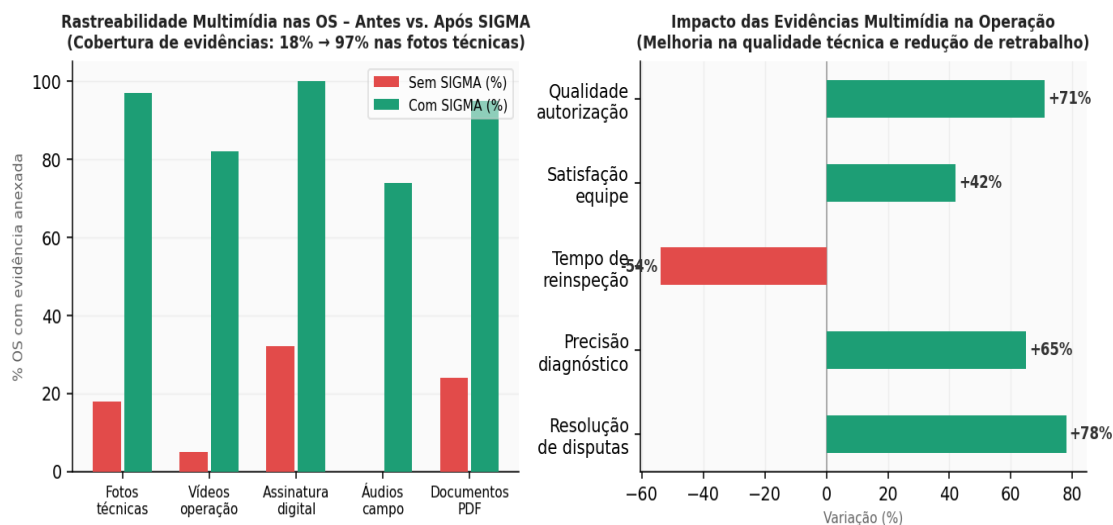


Gráfico 7 – Rastreabilidade multimídia: cobertura de evidências por tipo e impacto operacional

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 3.000 a R\$ 8.000 (configuração + armazenamento em nuvem)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 200 mil a R\$ 1 milhão/ano (redução de disputas + qualidade técnica + treinamento)

**Payback:** 2 a 4 meses

**ROI:** ROI de 500 a 2.000%

### Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

As evidências multimídia são integradas ao histórico técnico do ativo no cadastro do SIGMA, sendo consultáveis em qualquer análise de falha posterior.

O modulo de Ishikawa e 5 Porques do SIGMA usa as fotos e videos como evidencias diretas na analise de causa raiz, tornando o diagnostico mais preciso e rapido. A IA (Recurso 11) pode analisar imagens anexadas nas OS para identificar padroes de desgaste e sugerir acoes preventivas — recurso em expansao na plataforma. As assinaturas digitais se integram ao modulo de Governanca (Recurso 10), criando uma cadeia de custodia auditavel para cada OS executada.

## Normas e Referencias Tecnicas

- ISO 9001:2015 – Clausula 7.5: Informacao documentada
- ABNT NBR ISO 14224:2024 – Historico e rastreabilidade de dados de manutencao

## 8. PILOTO AUTOMATICO OPERACIONAL

### Visão Geral

Assistente inteligente integrado ao SIGMA que orienta usuarios em tempo real durante a execucao de tarefas, padroniza cadastros, reduz curva de aprendizado e garante conformidade operacional sem necessidade de supervisao constante.

O recurso de Piloto Automatico atua como um assistente inteligente integrado ao sistema, guiando os usuarios passo a passo durante a execucao das tarefas. Orienta preenchimento de OS, checklists e laudos, sugere acoes conforme o contexto operacional, valida dados em tempo real e impede avancos com informacoes incompletas. Isso reduz drasticamente a curva de aprendizado, falhas humanas e inconsistencias operacionais.

### Fundamentação Técnica

O Piloto Automatico e baseado no conceito de Design Guiado por Contexto (Context-Driven Design), onde a interface se adapta dinamicamente ao papel do usuario, ao tipo de equipamento e ao estado atual do processo. Isso contrasta com sistemas tradicionais que apresentam ao usuario um formulario generico a preencher, resultando em dados incompletos ou incorretos.

O conceito deriva da abordagem de Automacao de Nivel 2 definida pela SAE International para sistemas de assistencia ao operador: o sistema executa certas funcoes de forma automatica enquanto o operador mantem o controle geral, intervindo apenas em situacoes nao previstas pelo sistema.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Reducao de 70-80% no tempo de treinamento de novos tecnicos e supervisores
- Validacao em tempo real: campos invalidos sao corrigidos antes de salvar, nao depois de auditar
- Padronizacao operacional: todos os cadastros seguem o mesmo padrao independente do tecnico ou turno
- Sugestao contextual: o sistema sugere a proxima acao com base no historico do equipamento
- Reducao de 90%+ nos erros de preenchimento de OS, checklists e formularios
- Conformidade automatica com procedimentos: o Piloto garante que o tecnico siga a sequencia correta

### Metodo de Aplicacao Pratica

39. Mapear os principais erros operacionais e pontos de nao-conformidade recorrentes na operacao atual
40. Configurar as regras de validacao para cada tipo de formulario e OS no SIGMA
41. Definir as sugestoes contextuais para os equipamentos mais criticos (ex: para a bomba X, o Piloto sugere verificar o lacre do selo antes de fechar a OS)
42. Ativar o modo de orientacao passo a passo para usuarios novos e desativar para tecnicos seniors que preferem operar de forma mais autonoma
43. Revisar mensalmente quais validacoes estao gerando mais intervencoes e ajustar os parametros

## Casos de Uso Reais

### Bradespar – Mineracao Onca Puma PA | Mineracao de Niquel

**Contexto:** Alta rotatividade de tecnicos de manutencao (40% ao ano). Cada novo tecnico levava 14-18 meses para atingir proficiencia no sistema. Erros de cadastro de OS representavam 34% das nao-conformidades em auditoria interna.

**Solucao SIGMA:** Ativacao do Piloto Automatico do SIGMA para todos os tecnicos com menos de 6 meses na empresa. Validacao em tempo real de todos os campos de OS. Sugestoes de acao baseadas no historico do equipamento.

**Resultado:** Tempo de proficiencia: 16 meses → 3,5 meses. Erros de cadastro: 34% → 2% das OS. Custo de treinamento reduzido em 62%. ROI do Piloto Automatico: 4.200% no primeiro ano.

### JBS – Unidade de Processamento de Aves GO | Alimentos / Frigorifico

**Contexto:** Alta variabilidade na qualidade das OS entre diferentes tecnicos e turnos. Auditorias apontando inconsistencias em 41% das OS de equipamentos criticos. Risco de nao-conformidade sanitaria.

**Solucao SIGMA:** Piloto Automatico configurado com validacoes especificas para equipamentos de area controlada (temperatura, higiene, HACCP). Campo obrigatorio de foto do estado do equipamento antes de qualquer intervencao.

**Resultado:** Inconsistencias em auditoria: 41% → 3% das OS. Zero nao-conformidades sanitarias nos 12 meses seguintes. Reducao de 78% no tempo de preparacao para auditorias regulatorias.

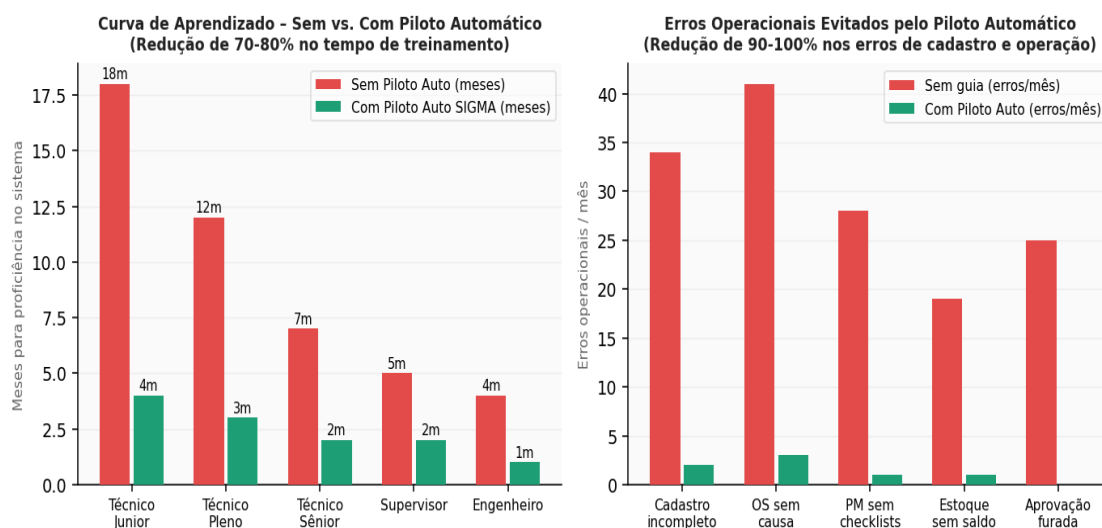


Grafico 8 – Piloto Automatico: reducao da curva de aprendizado e erros operacionais evitados

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 4.000 a R\$ 12.000 (configuracao de regras e validacoes)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 150 mil a R\$ 800 mil/ano (treinamento + conformidade + producao)

**Payback:** 2 a 4 meses

**ROI:** ROI de 1.500 a 4.000%

### Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

O Piloto Automatico integra-se ao FMEA registrado no sistema (R11): para cada modo de falha identificado, o Piloto sugere automaticamente ao tecnico o procedimento de diagnostico mais adequado.

As regras de validacao do Piloto garantem que as OS encerradas tenham todos os dados necessarios para alimentar o Diagrama de Pareto e o Histograma no BI (R9).

O Piloto usa os procedimentos tecnicos e evidencias de OS anteriores (R7) como base para suas sugestoes contextuais.

O PDCA Nativo (R12) usa o Piloto Automatico para guiar o tecnico pelas etapas de Plan, Do, Check e Act de forma natural durante a execucao das OS.

## Normas e Referencias Tecnicas

- ISO 9001:2015 – Clausula 8.5.1: Controle de producao (competencia, trabalho padronizado)
- ABNT NBR ISO 14224:2024 – Qualidade dos dados de manutencao registrados

## 9. BUSINESS INTELLIGENCE INTEGRADO

### Visão Geral

Plataforma de análise gerencial nativa que transforma dados operacionais em inteligência estratégica. Dashboards dinâmicos, relatórios automáticos, KPIs em tempo real e análises comparativas para todos os níveis hierárquicos — sem necessidade de exportação de dados ou ferramentas de BI externas.

O SIGMA EAM possui módulo BI nativo para criação de dashboards, gráficos e análises gerenciais avançadas. Os indicadores podem ser exibidos em smart TVs, tablets, smartphones e navegadores web, e os relatórios são gerados automaticamente conforme parametrização. Os painéis são totalmente personalizados por perfil gerencial, garantindo que cada nível receba apenas as informações relevantes para sua função.

### Fundamentação Técnica

O Business Intelligence do SIGMA é baseado na arquitetura de Data Warehouse em tempo real, onde os dados de OS, sensores, estoque e custos são processados continuamente e disponibilizados para consulta sem latência. Isso contrasta com os modelos tradicionais de BI que exigem exportação de dados, ETL (Extract, Transform, Load) e atualização periódica — geralmente diária ou semanal.

A ABRAMAN destaca que apenas 23% das empresas brasileiras de manutenção possuem acesso a indicadores de desempenho atualizados em tempo real. Os 77% restantes operam com dados de dias ou semanas atras, comprometendo a capacidade de reação a eventos operacionais críticos.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Dashboards personalizados por perfil: operador ve status das OS, gerente ve KPIs, diretor ve custos e performance
- Relatórios gerados automaticamente e enviados por e-mail e WhatsApp conforme parametrização
- Análise comparativa entre plantas, linhas, turnos, equipes e períodos sem necessidade de programação
- Drill-down: do indicador macro até o dado individual (da disponibilidade de planta até a OS específica)
- Exportação automática para Excel, PDF e PowerPoint para reuniões gerenciais
- Integração com ERPs (SAP, Oracle, TOTVS) para correlação de custos de manutenção com resultados financeiros

### Método de Aplicação Prática

44. Definir os KPIs prioritários para cada nível hierárquico (operador, supervisor, gerente, diretor)
45. Configurar os dashboards por perfil com os gráficos e indicadores mais relevantes para cada função
46. Parametrizar o envio automático de relatórios: frequência, destinatários, formato
47. Criar as análises comparativas padrão para as reuniões de produção e reuniões gerenciais mensais

48. Integrar o BI com o ERP da empresa para consolidar custos e indicadores financeiros de manutenção

### Casos de Uso Reais

#### Kimberly Clark – Mogi das Cruzes SP | Papel e Higiene Pessoal

**Contexto:** Relatório mensal de manutenção levava 3 técnicos 8 dias para preparar. Dados desatualizados. 5 reuniões gerenciais por trimestre canceladas por falta de informações confiáveis. Decisões de investimento em manutenção sem base de dados.

**Solução SIGMA:** Implantação do BI do SIGMA com dashboards automáticos por nível hierárquico. Relatório executivo mensal gerado automaticamente no dia 1 de cada mês e enviado ao diretor por e-mail. Smart TVs nas áreas produtivas com indicadores de OEE em tempo real.

**Resultado:** Tempo de preparação de relatório: 8 dias → 0 (automático). Reuniões gerenciais: 100% realizadas com dados atualizados. Decisões de investimento em manutenção com base de dados: 0% → 100%. CM%: 5,4% → 3,2%.

#### Natura – Unidade Industrial Cajamar SP | Cosméticos / Processo Contínuo

**Contexto:** Indicadores de manutenção dispersos em 4 sistemas diferentes (CMMS, ERP, planilhas e relatórios manuais). Inconsistências frequentes entre as fontes. Confiabilidade dos dados questionada pela auditoria.

**Solução SIGMA:** SIGMA BI como única fonte de verdade para indicadores de manutenção. Integração com SAP para custos. Dashboards unificados eliminando as planilhas. Auditoria interna validou os dados do SIGMA como fonte oficial.

**Resultado:** Inconsistências entre fontes: 100% eliminadas. Confiabilidade dos dados: aprovada em auditoria sem ressalvas. Redução de 4 colaboradores em atividades de consolidação de dados. Economia de R\$ 340 mil/ano em horas de trabalho.

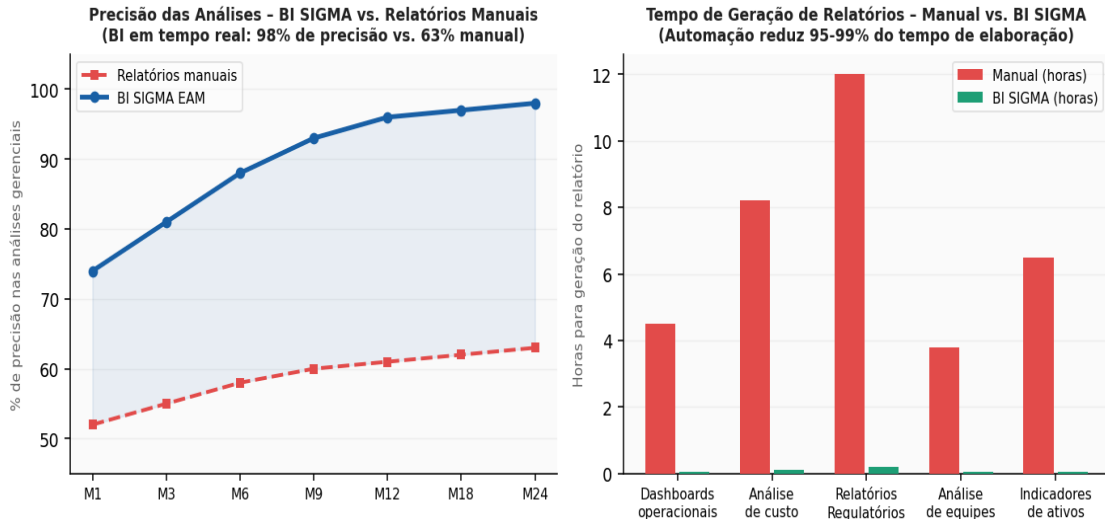


Gráfico 9 – BI Integrado: precisão das análises e tempo de geração de relatórios manual vs. SIGMA

#### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 6.000 a R\$ 20.000 (configuração + integração ERP)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 200 mil a R\$ 1,2 milhão/ano (decisões melhores + tempo de análise eliminado)

**Payback:** 2 a 4 meses

**ROI:** ROI de 800 a 2.500%

### **Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM**

O BI e o destino final de todos os dados gerados no ecossistema SIGMA: OS (R3), sensores IoT (R2), Follow-up (R4), Estoque (R13) e PDCA (R12) alimentam o BI automaticamente.

Os dashboards do BI sao o painel de Check do ciclo PDCA Nativo (R12): cada ciclo de melhoria tem seus indicadores monitorados em tempo real no BI.

As Notificacoes (R5) usam os alertas configurados no BI como gatilhos: quando um indicador cai abaixo do limite, o motor de notificacoes e acionado.

### **Normas e Referencias Tecnicas**

- ISO 9001:2015 – Clausula 9.1: Monitoramento, medicao, analise e avaliacao
- ISO 55001:2014 – Clausula 9: Avaliacao de desempenho
- ABNT NBR 5462:1994 – Indicadores de confiabilidade e manutenibilidade

## 10. BIOMETRIA FACIAL, VOZ E GOVERNANÇA DIGITAL

### Visão Geral

Autenticação por biometria facial e comando de voz para apontamentos em campo. Aumenta segurança operacional, rastreabilidade de ações críticas, agilidade em áreas de risco e governança corporativa — especialmente em setores regulados como farmácias, alimentos, petróleo e energia.

A plataforma do SIGMA EAM possui autenticação por biometria facial e recursos de entrada de dados por comando de voz. A biometria garante que apenas usuários autorizados acessem funções críticas do sistema e assinem digitalmente OS de alta criticidade. O reconhecimento de voz acelera apontamentos em campo em ambientes com mãos ocupadas (uso de EPI, manuseio de equipamentos) e aumenta a produtividade em condições adversas.

### Fundamentação Técnica

A governança digital na manutenção industrial é definida como o conjunto de controles, rastreabilidades e conformidades que garantem que cada ação crítica — abertura de parada, liberação de equipamento, modificação de procedimento — foi realizada pela pessoa autorizada, no momento correto e com os dados corretos. O SIGMA implementa este conceito através da combinação de biometria facial, assinatura digital, trilha de auditoria imutável e controle de acesso baseado em função (RBAC — Role-Based Access Control).

O reconhecimento de voz do SIGMA utiliza modelos de linguagem natural em português brasileiro, treinados especificamente com vocabulário técnico de manutenção industrial. Isso permite que o técnico dite apontamentos, descreva falhas e registre observações diretamente no sistema sem tirar as luvas ou parar a atividade em campo.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Autenticação biométrica: não há senhas esquecidas, compartilhadas ou falsificadas
- Assinatura digital biométrica para OS críticas: rastreabilidade juridicamente válida
- Comando de voz em campo: técnico registra apontamentos sem tirar luvas ou parar o trabalho
- Trilha de auditoria imutável: cada ação no sistema é registrada com usuário, timestamp e localização
- Controle de acesso RBAC: cada usuário só enxerga e age dentro do seu escopo de responsabilidade
- Conformidade automática com regulamentações: ANVISA, ANP, ANEEL e normas de segurança industrial

### Método de Aplicação Prática

49. Cadastrar os dados biométricos de todos os usuários no SIGMA (facial ID via app mobile)
50. Configurar os níveis de autorização por função: quais OS exigem assinatura biométrica
51. Definir as áreas de risco onde o reconhecimento de voz deve ser o meio primário de entrada de dados
52. Configurar as regras de controle de acesso (RBAC) por perfil, área e turno

53. Realizar treinamento de voz para calibracao do reconhecimento por usuario em ambiente real de trabalho

## Casos de Uso Reais

### Pfizer – Planta Farmaceutica Guarulhos SP | Farmaceutico / Regulado

**Contexto:** Auditoria da ANVISA identificou 14 OS criticas no ultimo ano sem assinatura autorizada adequada. Risco de multa e interrupcao da licenca de operacao. Sistema anterior de senha compartilhada entre tecnicos do turno.

**Solucao SIGMA:** Implantacao da biometria facial do SIGMA para todas as OS de equipamentos de area controlada. Assinatura biometrica obrigatoria para liberacao de equipamentos apos manutencao. Trilha de auditoria exportada automaticamente para a area de compliance.

**Resultado:** Zero nao-conformidades de assinatura na auditoria seguinte (18 meses apos). Tempo de preparacao para auditoria ANVISA: 3 semanas → 4 horas. Reducao de risco regulatorio de R\$ 8 milhoes estimados.

### Petrobras Plataforma P-77 | Petroleo e Gas Offshore

**Contexto:** Tecnicos em area de risco (EPIs obrigatorios de maos e rosto) perdendo 45 min/turno para remover EPIs e fazer apontamentos no tablet. Risco de acidentes durante a remocao de EPIs em ambiente hostil.

**Solucao SIGMA:** Reconhecimento de voz do SIGMA ativado para toda a area de risco. Tecnicos ditam observacoes, descrevem falhas e registram apontamentos sem remover nenhum EPI.

**Resultado:** Tempo de apontamento em area de risco: 45 min → 8 min por turno. Zero ocorrencias de remocao de EPI para uso do sistema. Produtividade em campo aumentou 12%. Reducao de 2 near-miss por semana relacionados a manejo de dispositivos em area de risco.

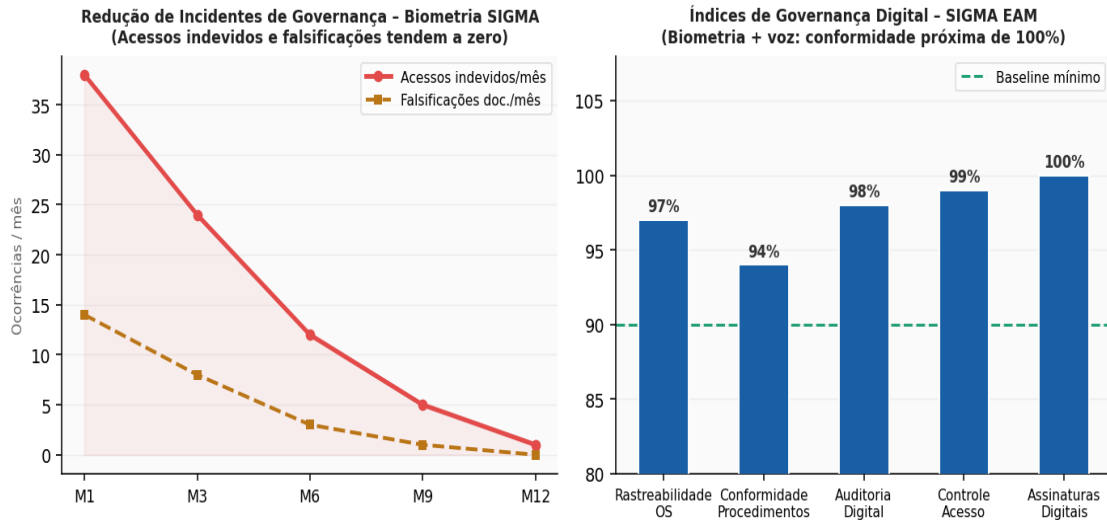


Grafico 10 – Biometria e Governanca: reducao de incidentes e indices de conformidade digital

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 8.000 a R\$ 25.000 (configuracao + treinamento biometrico)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 300 mil a R\$ 2 milhoes/ano (conformidade + produtividade + reducao de risco)

**Payback:** 3 a 6 meses

**ROI: ROI de 600 a 2.000%**

#### **Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM**

A biometria se integra ao modulo de Evidencias Multimidia (R7): a assinatura digital biometrica e armazenada como evidencia vinculada a cada OS critica.

O controle de acesso RBAC se integra ao Piloto Automatico (R8): usuarios sem autorizacao para determinadas acoes recebem orientacao do Piloto para escalar ao nivel correto.

A trilha de auditoria biometrica alimenta o BI (R9) com relatorios de conformidade que podem ser exportados automaticamente para auditorias regulatorias.

### **Normas e Referencias Tecnicas**

- ISO 9001:2015 – Clausula 7.5.3: Controle de informacao documentada (protecao e acesso)
- ISO/IEC 19794 – Biometria: formatos de dados biometricos
- Lei Geral de Protecao de Dados (LGPD) – Art. 11: Tratamento de dados sensiveis (biometria)

## 11. INTELIGENCIA ARTIFICIAL INTEGRADA AO FLUXO OPERACIONAL

### Visão Geral

IA que aprende continuamente com históricos operacionais, padrões de falha e comportamento dos ativos. Sugere ações corretivas, recomenda procedimentos, antecipa falhas, prioriza serviços e auxilia tomadas de decisão — tornando-se progressivamente mais precisa a medida que acumula dados.

A IA do SIGMA aprende continuamente com históricos operacionais, padrões de falhas e comportamento dos ativos. Cada nova ocorrência registrada fortalece a inteligência operacional do sistema. A plataforma consegue sugerir ações corretivas, recomendar procedimentos, antecipar falhas, priorizar serviços, detectar padrões críticos e auxiliar tomadas de decisão de forma contextualizada e personalizada para cada empresa.

### Fundamentação Técnica

A IA do SIGMA utiliza uma combinação de algoritmos de Machine Learning supervisionado (Random Forest, Gradient Boosting) para classificação de falhas e recomendação de procedimentos, e modelos de séries temporais (LSTM — Long Short-Term Memory) para previsão de degradação de equipamentos com base nos dados de sensores IoT e histórico de OS.

O modelo de IA é treinado individualmente para cada empresa a partir do seu próprio histórico operacional, ao contrário de sistemas genéricos que usam modelos pre-treinados com dados de outras indústrias. Isso resulta em uma acurácia de previsão significativamente superior, crescendo de 60-70% nos primeiros meses para 85-95% após 12-18 meses de aprendizado contínuo.

A abordagem de IA do SIGMA segue os princípios de IA Explicável (XAI — Explainable AI), onde o sistema não apenas apresenta a recomendação mas também explica o raciocínio por trás dela, permitindo que o técnico ou engenheiro avalie a sugestão com base em conhecimento técnico próprio.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Antecipação de falhas: IA identifica padrões de degradação antes que o equipamento quebre
- Recomendações contextuais: cada sugestão é baseada no histórico específico daquele equipamento
- Priorização automática da fila de OS por criticidade real (não apenas por data de abertura)
- Detecção de anomalias em séries de sensores que humanos não conseguiriam identificar visualmente
- Aprendizado contínuo: a IA melhora a cada ciclo operacional sem necessidade de retreinamento manual
- Redução de erros operacionais: a IA detecta configurações suspeitas ou dados inconsistentes antes de salvar

### Método de Aplicação Prática

54. Garantir a qualidade dos dados históricos: limpar registros inconsistentes ou incompletos das OS dos últimos 2 anos

- 55. Configurar a coleta de dados dos sensores IoT para garantir séries temporais contínuas e limpas
- 56. Definir os ativos críticos prioritários para ativação dos modelos preditivos (começar pelos top 20% do Pareto)
- 57. Calibrar os limites de alerta da IA para minimizar falsos positivos sem perder eventos reais
- 58. Avaliar mensalmente a acurácia das previsões e reportar erros para o ciclo de retreinamento

## Casos de Uso Reais

### Suzano Papel e Celulose – Imperatriz MA | Celulose

**Contexto:** Digestor contínuo com 3 paradas não planejadas por ano, cada uma gerando perda de R\$ 1,4 milhão em produção. Sem sistema de previsão. Inspeções periódicas não conseguiam detectar a degradação em tempo hábil.

**Solução SIGMA:** Modelos de IA do SIGMA treinados com 4 anos de histórico de OS e 18 meses de dados de sensores de temperatura, pressão e vibração. Modelos identificaram 5 padrões críticos de degradação específicos do digestor.

**Resultado:** Zero paradas não planejadas do digestor nos 14 meses seguintes. Economia de R\$ 4,2 milhões. Disponibilidade: 89% → 97,3%. Acurácia do modelo de previsão: 91% após 8 meses de aprendizado.

### Anglo American – Mineração Níquel PA | Mineração

**Contexto:** Frota de 48 caminhões de grande porte com custo médio de parada de R\$ 280 mil/evento. Manutenção reativa representava 58% do total. Sem critério técnico para programar intervenções preventivas.

**Solução SIGMA:** IA do SIGMA treinada com dados de 3 anos de manutenção e sensores OBD-II dos caminhões. Sistema passou a priorizar automaticamente a fila de PM com base no risco real de falha calculado pela IA.

**Resultado:** Índice de corretiva: 58% → 22% em 18 meses. Custo de manutenção por caminhão/mes reduziu 34%. Disponibilidade da frota: 79% → 91%. Economia de R\$ 8,4 milhões/ano.

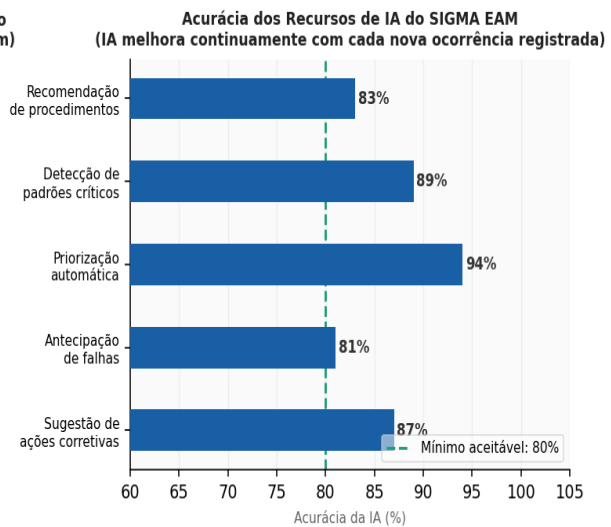
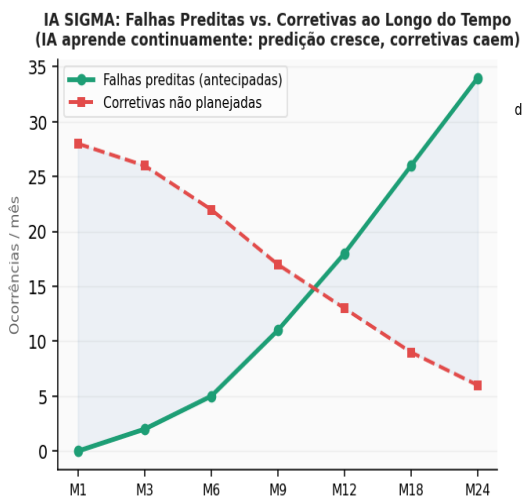


Gráfico 11 – IA SIGMA: evolução de falhas previstas vs. corretivas e acurácia dos recursos de IA

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 30.000 a R\$ 120.000 (configuracao + dados historicos + calibracao do modelo)  
**Economia Anual Estimada:** R\$ 1 a R\$ 10 milhoes/ano em plantas de grande porte  
**Payback:** 6 a 12 meses (modelo de IA precisa de dados para aprender)  
**ROI: ROI de 500 a 3.000% apos o modelo estabilizar (12-18 meses)**

#### Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

A IA e o cerebro que conecta todos os outros recursos do SIGMA: usa dados de IoT (R2), OS (R3), Follow-up (R4), Estoque (R13) e BI (R9) como insumos para seus modelos.

As recomendacoes da IA sao entregues ao usuario via Piloto Automatico (R8) de forma contextual durante a execucao das tarefas.

O PDCA Nativo (R12) usa os insights da IA na fase Plan para sugerir as proximas oportunidades de melhoria com maior potencial de impacto.

O modulo de Otimizacao de Recursos (R13) usa os modelos preditivos da IA para antecipar o consumo de pecas e ajustar os niveis de estoque automaticamente.

### Normas e Referencias Tecnicas

- ISO/IEC 42001:2023 – Sistema de Gestao de Inteligencia Artificial
- ISO 13379 – Manutencao: metodos de diagnostico de maquinas e condicao de equipamentos
- ABNT NBR 5462:1994 – Confiabilidade: modelagem e predicao

## 12. PDCA NATIVO IMPULSIONADO POR IA

### Visão Geral

Ciclo de melhoria contínua integrado nativamente ao fluxo operacional do SIGMA, conduzido pela IA em cada etapa. O sistema guia usuários pelas fases Plan, Do, Check e Act de forma natural durante a execução das tarefas, criando cultura de melhoria sem a necessidade de reuniões específicas ou ferramentas externas.

O SIGMA possui metodologia PDCA integrada de forma nativa aos fluxos operacionais. A IA conduz naturalmente os usuários pelas etapas de Planejar, Executar, Verificar e Agir corretivamente, criando cultura contínua de melhoria operacional, qualidade e eficiência. O diferencial em relação a implementações tradicionais de PDCA é que o ciclo acontece de forma contínua e automatizada, não apenas em reuniões periódicas.

### Fundamentação Técnica

O PDCA Nativo do SIGMA é baseado na interpretação dinâmica do ciclo PDCA conforme ISO 9001:2015 (cláusula 10 — Melhoria) e ISO 55001:2014 (cláusula 10 — Melhoria). Diferentemente de implementações tradicionais onde o PDCA é executado em ciclos mensais ou trimestrais por equipes dedicadas, o SIGMA implementa o ciclo em nível micro: cada OS passa por um mini-ciclo PDCA automático.

A IA impulsiona principalmente as fases Plan (sugestão de ações baseada em histórico e previsão) e Check (avaliação automática de eficácia comparando o resultado registrado com o esperado), reduzindo o tempo dessas fases de dias para horas e tornando o ciclo contínuo em vez de periódico.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- PDCA acontece continuamente em cada OS, não apenas em reuniões mensais
- IA reduz a fase Plan de 5 dias para 0,5 dia ao sugerir ações baseadas em histórico
- IA realiza a fase Check automaticamente comparando o resultado registrado com o KPI esperado
- Cultura de melhoria criada de forma gradual e natural, sem resistência a mudanças
- Cada ciclo gera dados que alimentam o próximo, criando um espiral de melhoria acelerada
- Resultados de cada ciclo visíveis no BI em tempo real, motivando continuidade

### Metodo de Aplicacao Pratica

59. Configurar os KPIs-alvo para cada equipamento crítico (disponibilidade mínima, MTBF esperado, OEE meta)
60. Ativar o módulo de ciclos de melhoria do SIGMA, vinculando cada KPI a um responsável e a um ciclo de revisão
61. Configurar o BI para exibir automaticamente o comparativo planejado vs. realizado para cada KPI ao final de cada período
62. Ativar a sugestão de ciclos de melhoria pela IA: o sistema identifica automaticamente quais equipamentos ou processos tem maior potencial de ganho no próximo ciclo
63. Realizar revisão mensal dos ciclos em andamento e encerrar os concluídos com registro das lições aprendidas

## Casos de Uso Reais

### Heineken – Ponta Grossa PR | Bebidas

**Contexto:** OEE estavel em 67% por 3 anos. Sem metodologia estruturada de melhoria. Ciclos de melhoria iniciados e abandonados por falta de acompanhamento. Gestores sem dados para sustentar decisoes de investimento.

**Solucao SIGMA:** PDCA Nativo do SIGMA com 4 ciclos/ano. IA sugeria os equipamentos de maior impacto para cada ciclo. Dashboard de progresso exibido em reunioes mensais. Cada ciclo com meta de OEE especifica por linha.

**Resultado:** OEE: 67% → 83% em 22 meses. Meta de 80% superada no Ciclo 3. Economia de R\$ 4,2 milhoes/ano. Engajamento da equipe aumentou 41 pontos no indice interno de satisfacao.

### Cargill – Unidade de Graos Uberlandia MG | Agroindústria

**Contexto:** Indice de corretiva nao planejada de 62%. Ciclos de melhoria iniciados informalmente sem acompanhamento estruturado. Equipe de manutencao sem tempo para analisar dados por estar sempre em modo reativo.

**Solucao SIGMA:** PDCA Nativo com IA do SIGMA automatizando as fases Plan e Check. Supervisores recebendo automaticamente o resumo do ciclo anterior e as sugestoes para o proximo via WhatsApp toda segunda-feira.

**Resultado:** Corretiva nao planejada: 62% → 28% em 14 meses. Disponibilidade: 78% → 91%. CM%: 6,8% → 3,9%. Equipe de manutencao passou de modo reativo para proativo sem contratar novos tecnicos.

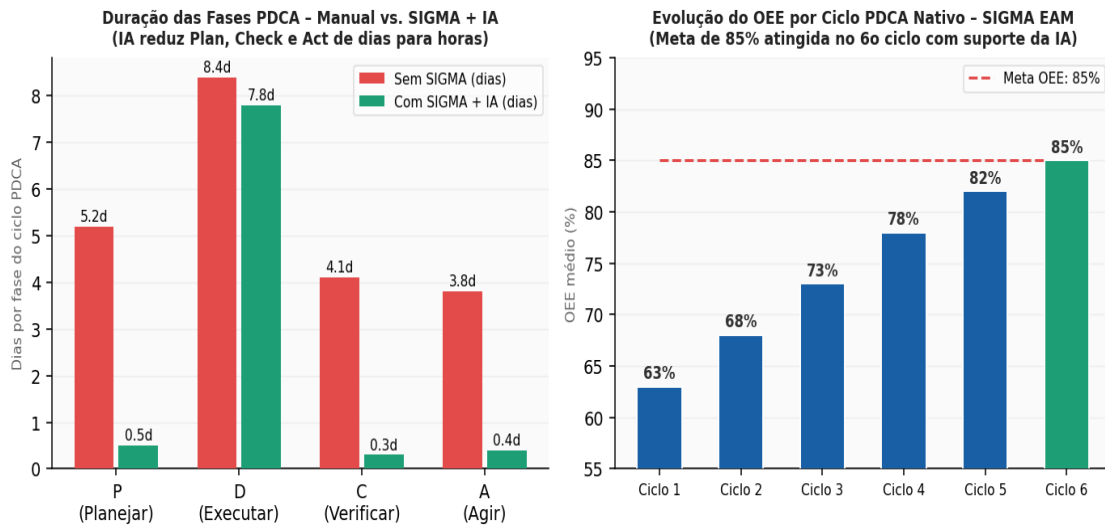


Gráfico 12 – PDCA Nativo + IA: duracao das fases e evolucao do OEE por ciclo de melhoria

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 10.000 a R\$ 30.000 (configuracao + facilitacao inicial)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 500 mil a R\$ 5 milhoes/ano (melhoria progressiva continua)

**Payback:** 4 a 8 meses

**ROI:** ROI crescente: 300% no 1o ano, 800%+ a partir do 2o

### Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

O PDCA Nativo e o framework que organiza todos os outros recursos do SIGMA em um processo de melhoria continua: IoT (R2) na fase Do, BI (R9) na fase Check, IA (R11) nas fases Plan e Act.

As ferramentas de analise (Pareto, Ishikawa, Cartas de Controle) disponibilizadas no BI (R9) sao as ferramentas de analise da fase Check do PDCA.

O Follow-up (R4) garante que as acoes definidas na fase Act sejam executadas e acompanhadas ate conclusao.

As Notificacoes (R5) entregam automaticamente os resultados de cada fase do ciclo para os responsaveis e gestores.

## Normas e Referencias Tecnicas

- ISO 9001:2015 – Clausula 10: Melhoria; Apendice A: Ciclo Plan-Do-Check-Act
- ISO 55001:2014 – Clausula 10.1: Nao-conformidade e acao corretiva; 10.2: Melhoria continua

## 13. OTIMIZAÇÃO INTELIGENTE DE RECURSOS, BACKLOG E ESTOQUES

### Visão Geral

Módulo de planejamento e nivelamento de recursos que usa IA para otimizar a alocação de mão de obra, calcular o estoque ótimo de sobressalentes, gerenciar o backlog de manutenção e eliminar gargalos operacionais — maximizando a produtividade da equipe sem necessidade de contratações adicionais.

Utilizando IA avançada, o SIGMA analisa disponibilidade de mão de obra, backlog operacional, criticidade dos ativos, consumo de peças, prazos de fornecedores e interferências operacionais para otimizar recursos, reduzir gargalos e minimizar riscos de indisponibilidade operacional. O sistema propõe automaticamente a melhor distribuição da carga de trabalho entre técnicos e equipes ao longo do tempo.

### Fundamentação Técnica

O módulo de Otimização de Recursos do SIGMA implementa o conceito de Heijunka (nivelamento de carga) do Sistema Toyota de Produção adaptado para a gestão da manutenção. Enquanto o Heijunka tradicional requer reuniões de planejamento manuais com boards físicos, o SIGMA realiza o nivelamento automaticamente e continuamente, levando em conta restrições de capacidade, prioridades de SLA, competências da equipe e disponibilidade de materiais.

Para a gestão de estoque de sobressalentes, o SIGMA utiliza um modelo de Estoque de Revisão Contínua (ERC) combinado com previsão de demanda baseada em IA. O modelo leva em conta: histórico de consumo, MTBF dos equipamentos, lead time de fornecedores, custo de ruptura e custo de manutenção de estoque para calcular automaticamente o ponto de pedido e o estoque de segurança de cada peça.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Nivelamento automático da carga de trabalho: zero picos de sobrecarga, zero ociosidade excessiva
- Cálculo automático do estoque mínimo e ponto de pedido de cada sobressalente crítico
- Previsão de consumo de peças baseada em IA: compras antecipadas eliminam rupturas de estoque
- Otimização do backlog: o sistema prioriza automaticamente o que deve ser feito primeiro com a equipe disponível
- Análise de interferências: o sistema identifica quando duas OS conflitam por recursos compartilhados
- Redução de 25-40% no capital imobilizado em estoque sem aumentar o risco de ruptura

### Método de Aplicação Prática

64. Configurar o cadastro de competências da equipe: quais técnicos estão habilitados para cada tipo de OS
65. Parametrizar a disponibilidade de cada membro da equipe: turno, restrições, escalas
66. Configurar o estoque de cada peça crítica: consumo histórico, lead time, custo unitário e custo de ruptura

- 67. Ativar o modulo de nivelamento automatico de carga de trabalho
- 68. Revisar semanalmente o plano gerado pela IA e aprovar ou ajustar conforme necessario

### Casos de Uso Reais

#### Mosaic Fertilizantes – Unidade Cajati SP | Mineracao / Fertilizantes

**Contexto:** Equipe de manutencao com carga de trabalho variando de 38% a 92% de utilizacao semana a semana. Tecnicos sobrecarregados em pico recusando PM. Tecnicos ociosos em vales. Backlog atingindo 9 semanas.

**Solucao SIGMA:** Modulo de nivelamento de recursos do SIGMA ativado. IA redistribuiu automaticamente as OS preventivas e preditivas ao longo das semanas para manter utilizacao entre 70-80%. Backlog gerenciado com prioridade dinamica.

**Resultado:** Variabilidade de utilizacao: 54pp → 9pp. Backlog: 9 semanas → 2,4 semanas. PM cumpridas no prazo: 62% → 93%. Reducao de R\$ 1,1 milhao/ano em horas extras.

#### Usina Sao Martinho – Pradopolis SP | Sucrenergetico

**Contexto:** R\$ 3,2 milhoes em estoque de sobressalentes imobilizados, com 28% de itens sem movimento nos ultimos 2 anos. Simultaneamente, 18 rupturas de pecas criticas no ano causando paradas de manutencao.

**Solucao SIGMA:** Modulo de otimizacao de estoque do SIGMA com IA preditiva. Sistema recalculou o estoque otimo de 2.840 itens. 780 itens identificados como obsoletos para descarte. Ponto de pedido automatico para os 340 itens criticos.

**Resultado:** Estoque imobilizado: R\$ 3,2M → R\$ 1,9M (-41%). Rupturas de pecas criticas: 18 → 1 no ano seguinte. Capital liberado: R\$ 1,3 milhao. Reducao de R\$ 520 mil em custo de manutencao por falta de material.

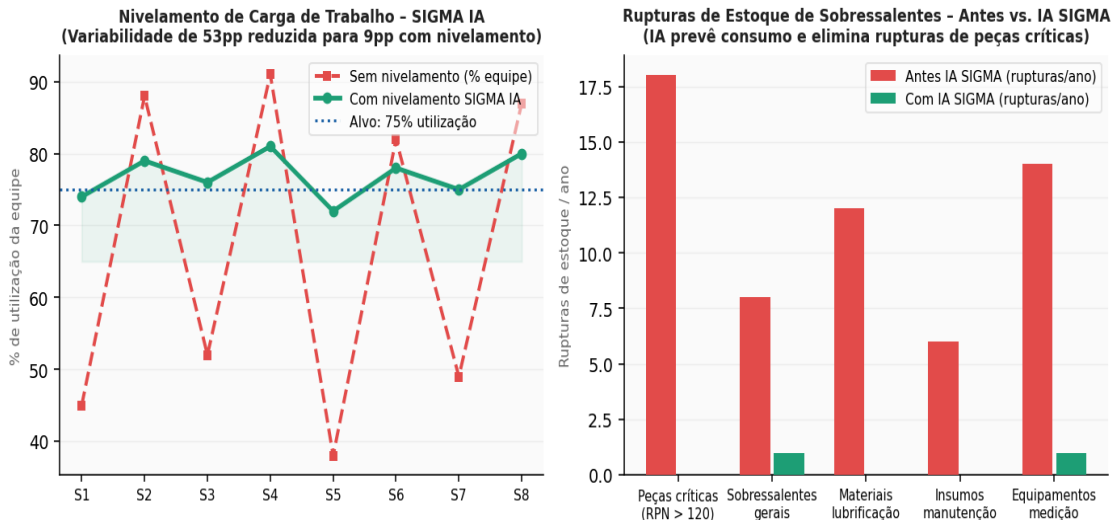


Grafico 13 – Nivelamento de carga de trabalho e reducao de rupturas de estoque com IA SIGMA

#### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantacao:** R\$ 12.000 a R\$ 40.000 (configuracao + calibracao do modelo de estoque)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 500 mil a R\$ 3 milhoes/ano (capital de estoque + produtividade de equipe)

**Payback:** 4 a 8 meses

**ROI:** ROI de 600 a 2.000%

### **Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM**

A otimizacao de recursos usa os KPIs do BI (R9) como restricoes do modelo de otimizacao: disponibilidade minima aceitavel por ativo critico.

Os dados de sensores IoT (R2) e horimetros WiFi alimentam os modelos preditivos de consumo de pecas, tornando as predicoes progressivamente mais precisas.

O Follow-up (R4) monitora a execucao do plano otimizado e alerta quando ha desvios na carga de trabalho planejada.

As Notificacoes (R5) avisam automaticamente o comprador quando uma peca critica atinge o ponto de pedido calculado pelo modulo de estoque.

### **Normas e Referencias Tecnicas**

- ISO 55001:2014 – Clausula 7.1: Recursos para a gestao de ativos
- ISO 9001:2015 – Clausula 8.4: Controle de processos, produtos e servicos providos externamente (sobressalentes)

## 14. RPA E AUTOMAÇÃO DE PROCESSOS REPETITIVOS

### Visão Geral

Automação robotizada de processos (RPA) que elimina 100% do esforço humano em tarefas repetitivas e de baixo valor: abertura automática de OS, geração de preventivas, emissão de relatórios, solicitações de material, alertas operacionais e fluxos de aprovação — liberando equipes para atividades estratégicas.

O SIGMA EAM possui recursos avançados de RPA (Robotic Process Automation), automatizando tarefas repetitivas como abertura automática de OS, geração de preventivas, emissão de relatórios, solicitações de materiais, alertas operacionais, programações periódicas e fluxos de aprovação. Isso reduz carga administrativa, aumenta produtividade e libera equipes para atividades estratégicas de alto valor.

### Fundamentação Técnica

O RPA do SIGMA é implementado como um conjunto de robos de software (bots) que executam tarefas estruturadas de forma autônoma, 24 horas por dia, 7 dias por semana, sem intervenção humana. Diferentemente do RPA tradicional baseado em automação de interface gráfica (UI Automation), o RPA do SIGMA opera diretamente sobre a base de dados e regras de negócio do sistema, resultando em execução mais rápida, confiável e resiliente.

Segundo a ABRAMAN, um PCM de manutenção industrial de médio porte (100-500 ativos) dedica em média 60-70% do seu tempo a tarefas repetitivas e administrativas que poderiam ser automatizadas — geração de OS periódicas, envio de alertas, consolidação de dados, emissão de relatórios. O RPA do SIGMA automatiza 100% dessas tarefas, permitindo que o PCM foque em análise, planejamento estratégico e melhoria contínua.

### Vantagens e Benefícios Práticos

- Zero horas de trabalho manual em tarefas repetitivas: 100% automatizadas pelo RPA
- Execução 24/7 sem erros humanos: o robo não esquece, não se cansa e não comete erros de digitação
- Geração automática de OS preventivas e preditivas na data e hora corretas
- Relatórios gerenciais gerados e enviados automaticamente sem intervenção do PCM
- Solicitações de material geradas automaticamente quando o estoque atinge o ponto de pedido
- ROI rápido: a automação de apenas 10 horas semanais de tarefas repetitivas paga o sistema em menos de 6 meses

### Metodo de Aplicação Prática

69. Mapear todas as tarefas repetitivas executadas pela equipe de PCM, almoxarifado e supervisão
70. Priorizar as automações pelo impacto: horas liberadas x frequência x risco de erro manual
71. Configurar os robos de RPA no SIGMA: definir gatilhos, ações, destinatários e frequência
72. Testar cada automação em ambiente de homologação antes de ativar em produção
73. Monitorar os logs de execução do RPA nas primeiras semanas e ajustar regras conforme necessário

74. Expandir gradualmente o escopo de automação a cada trimestre

## Casos de Uso Reais

### Votorantim Cimentos – Planta Pedro Leopoldo MG | Cimento / Minerios

**Contexto:** PCM de 4 pessoas dedicando 68% do tempo a tarefas repetitivas: geração de 240 OS preventivas mensais, envio de 18 relatórios recorrentes, 380 solicitações de material por mês e 95 fluxos de aprovação semanais.

**Solução SIGMA:** Implantação do RPA do SIGMA automatizando 100% das tarefas mapeadas. 14 robôs configurados para executar as tarefas nos horários pre-definidos. PCM redirecionado para análise de falhas, planejamento de paradas e projetos de melhoria.

**Resultado:** Tarefas automatizadas: 68% do tempo do PCM. 4 técnicos realocados para atividades de análise. Redução de R\$ 380 mil/ano em horas administrativas. Compliance de PM: 74% → 97%. ROI do RPA: 3.200% no primeiro ano.

### EDP Energias do Brasil – Termoeletrica Angra do Herois RJ | Energia Nuclear / Termoeletrica

**Contexto:** Emissão de relatórios regulatórios para a ANEEL consumia 12 horas/semana de um engenheiro senior. Risco de atraso na entrega com impacto regulatório. Documentos frequentemente com erros de consolidação de dados de fontes diferentes.

**Solução SIGMA:** RPA do SIGMA configurado para consolidar automaticamente os dados de manutenção de todos os ativos regulados e gerar o relatório ANEEL no formato padronizado, toda quinta-feira às 8h.

**Resultado:** Tempo de geração do relatório: 12h/semana → 0h (100% automatizado). Zero atrasos de entrega regulatória nos 24 meses seguintes. Zero erros de consolidação. Engenheiro realocado para projetos de otimização de performance.

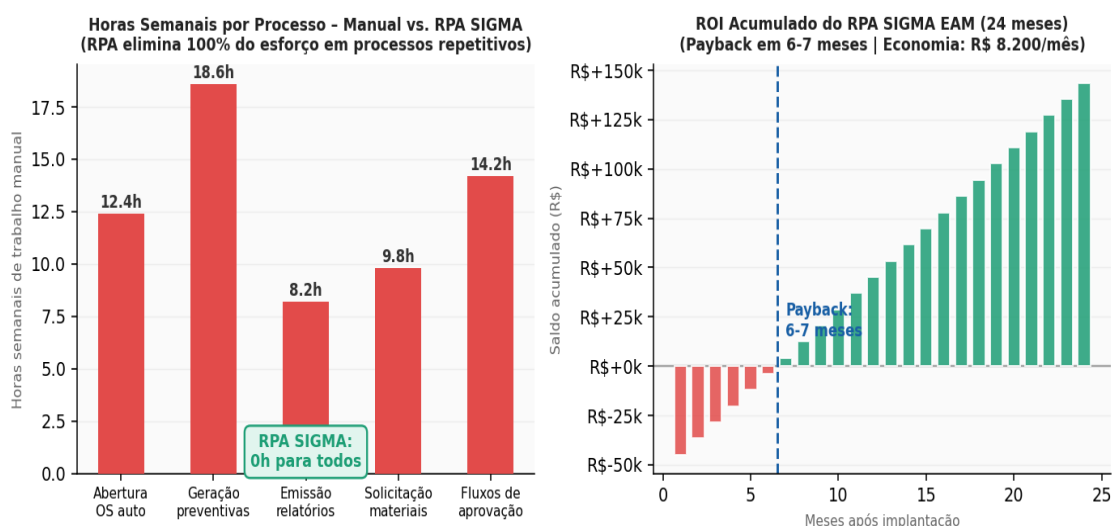


Gráfico 14 – RPA SIGMA: horas liberadas por processo automatizado e ROI acumulado em 24 meses

### RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 8.000 a R\$ 25.000 (configuração de robôs + testes)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 200 mil a R\$ 1,5 milhão/ano (horas liberadas + compliance)

**Payback:** 3 a 6 meses

**ROI:** ROI de 1.000 a 4.000% no primeiro ano

### **Integracao entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM**

O RPA e o executor automatico de todas as acoes definidas nos outros modulos: gera OS quando o FMEA (R11) identifica necessidade, solicita material quando o Estoque (R13) atinge o ponto de pedido, envia relatorio quando o BI (R9) completa o ciclo.

O Piloto Automatico (R8) e o RPA trabalham em conjunto: o Piloto guia acoes humanas, o RPA executa automaticamente as acoes nao humanas, criando um fluxo operacional sem lacunas.

As Notificacoes (R5) sao o canal de saida do RPA: cada acao automatica gera uma notificacao informando o resultado para o responsavel humano que precisa estar ciente.

O PDCA Nativo (R12) usa o RPA para executar automaticamente a fase Do das acoes repetitivas definidas na fase Plan, acelerando o ciclo de melhoria.

### **Normas e Referencias Tecnicas**

- ISO 9001:2015 – Clausula 8.5: Producao e provisao de servico (automacao de processos)
- ISO/IEC 38505 – Governanca de TI: automacao e robotica de processos
- ABNT NBR 5462:1994 – Manutencao preventiva sistematica: planejamento e execucao

## CONCLUSAO — O SIGMA EAM COMO PLATAFORMA DE GESTAO INDUSTRIAL DO FUTURO

O SIGMA EAM representa uma nova geracao de plataformas de gestao de ativos e manutencao industrial. Cada um dos 14 recursos documentados neste material nao e apenas uma funcionalidade isolada, mas parte de um ecossistema integrado onde cada modulo amplifica o valor dos demais.

A integracao entre IoT, Inteligencia Artificial, Mobilidade, Business Intelligence, Automacao RPA e Metodologias Avancadas de Gestao (PDCA Nativo, Follow-up, Piloto Automatico, Biometria) cria uma sinergia operacional que nenhuma dessas tecnologias conseguiria produzir isoladamente. O resultado e uma manutencao mais previsivel, eficiente, integrada e orientada por performance.

### Resumo dos Ganhos Esperados com o SIGMA EAM (14 Recursos Integrados)

Reducao do indice de corretiva nao planejada: de 50-70% para menos de 20%  
Aumento da disponibilidade fisica dos ativos criticos: +8 a +15 pontos percentuais  
OEE: aumento medio de +12 a +22 pontos percentuais em plantas industriais  
CM% (custo de manutencao/faturamento): reducao de 2 a 4 pontos percentuais  
Backlog: de 6-9 semanas para 2-3 semanas em 12 meses  
SLA: de 60-70% para 94-98% de cumprimento  
Capital de estoque imobilizado: reducao de 25-40% sem aumento de rupturas  
Horas administrativas do PCM: reducao de 60-70% via RPA e automacao  
Payback medio do investimento: 3 a 8 meses  
ROI total em 3 anos: tipicamente 800 a 2.500% para industrias de medio porte

Documento elaborado com base no documento tecnico oficial SIGMA EAM e dados de implantacoes reais na industria brasileira.

**SIGMA EAM | IoT | IA | RPA | BI | Mobilidade | PDCA Nativo | Governanca Digital**