



# MANUAL DE START-UP

## REDE INDUSTRIAL

*Soluções em Gestão de Ativos Industriais*

# MANUAL DE START-UP E USO

# SIGMA EAM

*Enterprise Asset Management*

Guia completo para usuários iniciantes em  
**Gestão da Manutenção de Ativos**

Versão 1.0 — 2026

*Documento confidencial — uso restrito a clientes e parceiros Rede Industrial*



# MANUAL DE START-UP



## Prefácio

Este manual foi preparado para orientar, passo a passo, quem está começando a usar o SIGMA EAM (Enterprise Asset Management). A proposta é acompanhar o usuário desde o primeiro contato com a plataforma até o uso no dia a dia da empresa. Por isso, o texto foi escrito de forma mais clara e direta, sem exigir experiência anterior em manutenção, tecnologia da informação ou normas técnicas.

O SIGMA EAM é uma plataforma desenvolvida pela Rede Industrial para ajudar empresas a controlar todo o ciclo de vida de seus ativos físicos, como máquinas, equipamentos,



# MANUAL DE START-UP

instalações, veículos e estruturas. Em outras palavras, ele apoia a empresa desde o cadastro e acompanhamento desses ativos até a manutenção, análise de falhas e tomada de decisão sobre reparo, substituição ou melhoria. O sistema segue referências reconhecidas internacionalmente, como a família ISO 55000/55001/55002, voltada à gestão de ativos, a ISO 14224, voltada à padronização de dados de manutenção e confiabilidade, a ABNT NBR 5462, relacionada a conceitos de confiabilidade e mantenedibilidade, e também práticas recomendadas pela SMRP. Na prática, isso significa que o SIGMA EAM foi estruturado para registrar informações de forma organizada, comparável e útil para a gestão.

## Como ler este manual

Os capítulos podem ser lidos separadamente, mas, para quem está usando o sistema pela primeira vez, a leitura na ordem ajuda bastante. Sempre que um termo técnico aparecer pela primeira vez, ele será explicado de forma simples e retomado no Glossário. Quando você encontrar uma “Dica”, isso indica uma prática recomendada para facilitar o uso do sistema e melhorar a rotina de manutenção. Exemplo: se o manual falar em “criticidade”, a ideia é mostrar, de forma prática, quais ativos merecem mais atenção porque causam mais impacto na operação.

Seja bem-vindo(a) ao SIGMA EAM. A partir daqui, você terá uma visão prática de como organizar informações, acompanhar ativos e apoiar uma rotina de manutenção mais segura, eficiente e bem controlada.



# MANUAL DE START-UP

## Start-up — Pontos de Atenção para o Primeiro Dia

O termo "start-up" significa, neste contexto, o início da operação do sistema. É a fase em que tudo precisa ser preparado para que a plataforma comece a ser usada de forma correta e segura. No SIGMA EAM, isso envolve configurar o ambiente, cadastrar os primeiros usuários, definir regras básicas de uso e treinar a equipe. Em termos simples, é como organizar uma casa antes da mudança: primeiro se define quem vai usar cada espaço, onde cada item deve ficar e quais são as regras básicas para a rotina funcionar bem.

Antes de entrar nos capítulos mais detalhados, este resumo apresenta uma visão geral do que normalmente acontece no primeiro momento de implantação e uso do sistema.

### Configuração dos Tipos de Usuário

O SIGMA EAM separa os usuários por perfis, também chamados de papéis. Isso significa que cada pessoa acessa apenas o que realmente precisa para realizar sua função. Assim, quem solicita um serviço não precisa ter acesso às mesmas configurações de quem administra o sistema. Essa lógica segue o chamado princípio do menor privilégio, muito usado em segurança da informação: cada usuário recebe somente o nível de acesso necessário, nem mais, nem menos. Exemplo prático: um técnico pode registrar a execução de uma ordem de serviço, mas não deve, necessariamente, alterar configurações gerais do sistema ou permissões de outros usuários.

Perfil	Quem é	O que faz no SIGMA EAM
Administrador	Usuário principal, normalmente ligado à TI ou ao Planejamento e Controle da Manutenção.	Cria usuários, ajusta permissões, configura regras do sistema, acompanha integrações e ajuda a manter a segurança da plataforma.
Mantenedor (Técnico)	Profissional que executa a manutenção, como eletricista, mecânico ou técnico de instrumentação.	Recebe ordens de serviço e registra horas trabalhadas, materiais usados, causas e soluções adotadas.
Solicitante	Pessoa que percebe um problema no ativo e faz o pedido inicial de atendimento.	Abre a solicitação de serviço descrevendo o problema observado.
Gerente (de Manutenção)	Responsável pela área de manutenção de uma planta ou unidade.	Aprova ordens de serviço, planeja paradas, acompanha indicadores e coordena a equipe de manutenção.



# MANUAL DE START-UP

Perfil	Quem é	O que faz no SIGMA EAM
Diretor	Liderança executiva da empresa, com foco em resultados e decisões estratégicas.	Consulta painéis estratégicos, indicadores financeiros e relatórios gerenciais para apoiar decisões.

## Boa prática ISO 55001

A ISO 55001 recomenda que empresas deixem bem claros os papéis, as responsabilidades e os limites de decisão de cada pessoa. No uso do SIGMA EAM, isso significa definir corretamente quem pode cadastrar usuários, quem pode aprovar ordens de serviço, quem apenas solicita atendimento e quem acompanha indicadores. Quando esses papéis são bem definidos desde o início, o sistema fica mais organizado, mais seguro e mais fácil de usar.

## Primeiro Acesso ao Sistema

O primeiro acesso ao sistema é importante porque é nesse momento que a conta do usuário passa a ser usada de fato. Além de liberar a entrada na plataforma, essa etapa ajuda a garantir segurança e a criar uma rotina correta desde o começo. Por isso, o SIGMA EAM adota um processo de entrada inicial controlado e seguro.

1. O administrador recebe as credenciais iniciais por um canal seguro.
2. Acessa o sistema pelo endereço oficial da empresa.
3. Troca a senha temporária no primeiro login.
4. Ativa a autenticação em dois passos usando um aplicativo no celular, quando essa opção estiver habilitada.
5. Depois disso, cadastra os demais usuários e envia os acessos iniciais de forma individual.

## Links de Acesso

- **Portal Web (produção):** endereço principal usado no dia a dia da operação.
- **Portal Web (homologação/treinamento):** ambiente usado para testes, validações e treinamentos.
- **Aplicativo Mobile:** versão do sistema voltada ao uso em campo, disponível nas lojas dos principais celulares.
- **Central de Ajuda:** canal para consultar orientações, dúvidas frequentes e suporte.
- **API REST e Swagger:** área técnica usada principalmente por equipes de integração e TI.



# MANUAL DE START-UP

## Logins

O acesso ao SIGMA EAM normalmente é feito com o e-mail corporativo. Dependendo da estrutura da empresa, o sistema pode trabalhar com diferentes formas de autenticação, ou seja, diferentes maneiras de confirmar a identidade do usuário no momento do login.

- **Autenticação local:** o usuário entra com e-mail, senha e, quando configurado, um código extra de segurança. É uma opção prática para empresas menores ou para ambientes que ainda não usam um sistema corporativo centralizado de identidade.
- **Single Sign-On (SSO):** o usuário entra no SIGMA EAM usando o mesmo login que já utiliza em outros sistemas da empresa, como Microsoft 365, Windows corporativo ou Google Workspace. Na prática, isso evita o uso de várias senhas diferentes.
- **Active Directory / LDAP:** integração com a base corporativa de usuários da empresa. Isso permite aproveitar cadastros já existentes, facilitando a gestão de acessos e reduzindo retrabalho para a equipe de TI.

## Regras Iniciais

Um sistema de gestão só funciona bem quando existem regras claras sobre como ele será usado. Antes do início da operação, a Rede Industrial costuma alinhar com o cliente algumas definições básicas. Essas definições evitam dúvidas futuras, reduzem retrabalho e ajudam a manter as informações organizadas desde o começo. Por exemplo: se cada equipe nomear um mesmo equipamento de um jeito diferente, os relatórios perdem confiabilidade e a busca por histórico fica confusa.

- Definição da estrutura dos ativos, do nível mais amplo ao mais detalhado, para manter organização e rastreabilidade.
- Padronização dos códigos dos ativos para evitar nomes duplicados ou confusos.
- Definição dos tipos de ordem de serviço, como corretiva, preventiva, preditiva, inspeção ou melhoria.
- Definição de quem aprova cada tipo de solicitação e em quais situações isso é necessário.
- Escolha dos principais indicadores que a empresa deseja acompanhar, como falhas, tempo de reparo, pendências e desempenho dos ativos.
- Definição de quais ativos são mais críticos para a operação, para orientar prioridades e investimentos.

## Pré-cadastro

Para acelerar a implantação, a Rede Industrial disponibiliza planilhas de pré-cadastro que devem ser preenchidas pela equipe do cliente antes do início da operação. Essas planilhas funcionam como uma preparação do terreno: em vez de cadastrar tudo manualmente depois, boa parte das informações principais já entra no sistema de forma organizada. Quanto melhor estiver esse preenchimento, mais rápido e mais seguro tende a ser o start-up.



# MANUAL DE START-UP

6. Planilha de usuários, com informações como nome, e-mail, perfil, unidade e centro de custo.
7. Planilha de ativos, com código, descrição, fabricante, modelo, ano, criticidade e localização.
8. Planilha de materiais e peças de reposição, com código, descrição, unidade e estoque mínimo.
9. Planilha de fornecedores, com razão social, CNPJ, contato e prazo médio de entrega.
10. Planilha de planos de manutenção, com atividade, frequência, tempo previsto e materiais necessários.

## Dica de classe mundial

Quando a empresa dedica atenção ao pré-cadastro, a implantação tende a ser mais rápida e com menos correções futuras. Isso acontece porque informações consistentes evitam erros em cadastros de ativos, usuários, materiais e planos de manutenção. Em termos práticos, um dado bem preenchido hoje reduz retrabalho amanhã. Esse cuidado é importante porque toda análise de falhas, planejamento preventivo e acompanhamento de indicadores depende da qualidade das informações registradas no sistema.

## Etapas e Treinamentos

A implantação do SIGMA EAM normalmente segue cinco etapas principais, que ajudam a organizar o trabalho e reduzir riscos no início do uso.

Etapa	Objetivo	Duração típica
1. Kick-off	Alinhar escopo, cronograma, papéis e próximos passos da implantação.	Cerca de 1 semana
Ajustar o ambiente, os perfis de acesso e a estrutura dos ativos conforme a realidade da empresa.	Ajustar o ambiente, os perfis de acesso e a estrutura dos ativos para refletir a realidade da empresa.	Cerca de 2 a 4 semanas
3. Migração de dados	Carregar no sistema as informações preparadas nas planilhas de pré-cadastro.	Cerca de 1 a 2 semanas
4. Treinamento	Treinar cada perfil para usar o sistema com segurança e autonomia no dia a dia.	Cerca de 1 a 2 semanas
5. Go-Live e Hiper cuidado	Iniciar a operação real com acompanhamento mais próximo para corrigir dúvidas e ajustes iniciais.	Cerca de 3 a 4 semanas



# MANUAL DE START-UP

Etapa	Objetivo	Duração típica

## Metas e Objetivos do Start-up

Ao final do start-up, a expectativa é que a empresa já tenha uma base mínima sólida para operar o sistema com segurança, organização e boa visibilidade inicial dos dados.

- Os principais usuários precisam estar cadastrados e aptos a acessar o sistema com segurança.
- Os ativos mais críticos já devem estar cadastrados com identificação e informações mínimas para acompanhamento.
- As peças mais importantes da operação devem estar mapeadas com regras básicas de reposição.
- O fluxo da ordem de serviço precisa estar funcionando do início ao fim, de forma organizada.
- Os primeiros indicadores já devem começar a aparecer nos painéis de acompanhamento.
- O backlog inicial deve estar identificado e separado por prioridade.



# MANUAL DE START-UP

## 1. Introdução e Objetivos

### 1.1 Objetivo do Sistema

O SIGMA EAM é uma plataforma de Gestão de Ativos Empresariais criada para ajudar empresas industriais, prestadoras de serviço e operações de infraestrutura a administrar todo o ciclo de vida de seus ativos físicos. Isso inclui desde a aquisição e instalação até a operação, manutenção, renovação e descarte. O objetivo principal é aumentar a disponibilidade dos ativos, melhorar a confiabilidade, reduzir riscos, apoiar a segurança operacional e gerar melhor retorno sobre os recursos investidos.

Na prática, o SIGMA EAM ajuda a responder perguntas muito comuns na rotina de gestão: quais ativos a empresa possui, onde eles estão, em que estado se encontram, quanto custa mantê-los e quando vale mais a pena reparar, reformar ou substituir. Também ajuda a entender quais equipamentos falham com mais frequência, quais geram mais impacto na operação e quais precisam de maior atenção no planejamento da manutenção.

#### O que significa "EAM"?

EAM significa *Enterprise Asset Management*, ou Gestão de Ativos Empresariais. De forma simples, é uma evolução do CMMS, que é um sistema mais focado na manutenção. Enquanto um CMMS costuma concentrar-se em ordens de serviço, planos preventivos e histórico de manutenção, o EAM amplia a visão e passa a considerar também aquisição, operação, custos, riscos, conformidade com normas, desempenho e decisões sobre o futuro do ativo. Exemplo: um CMMS ajuda a registrar a troca de um motor; um EAM também ajuda a avaliar se ainda compensa manter esse motor, se é melhor substituí-lo e qual o impacto dessa decisão no negócio.

### 1.2 Escopo de Utilização

O SIGMA EAM reúne, em um mesmo ambiente, funções que normalmente ficariam espalhadas em várias planilhas, controles paralelos e sistemas diferentes. A seguir estão as principais áreas que ele cobre no dia a dia da gestão de ativos e da manutenção:

- Cadastro e organização dos ativos em uma estrutura hierárquica, facilitando localizar cada item dentro da empresa.
- Gestão de ordens de serviço, incluindo manutenções corretivas, preventivas, preditivas e ações de melhoria.
- Planejamento e Controle da Manutenção (PCM), ou seja, a organização das atividades, dos prazos, das equipes e das prioridades.
- Gestão de planos de manutenção e instruções técnicas de execução.
- Gestão de materiais, peças de reposição e almoxarifado técnico.
- Gestão de fornecedores, contratos e compras ligadas à manutenção.
- Registro de horas de trabalho e acompanhamento da produtividade da equipe.



# MANUAL DE START-UP

- Inspeções, listas de verificação e rondas operacionais.
- Gestão de calibração de instrumentos, com controle de prazos e rastreabilidade das medições.
- Análise de falhas, incluindo RCA (análise de causa raiz) e PDCA (método de melhoria contínua).
- Indicadores de manutenção, como tempo entre falhas, tempo de reparo, disponibilidade e desempenho.
- Controle financeiro e orçamentário das atividades de manutenção.
- Acompanhamento de requisitos legais e normativos aplicáveis à manutenção e à operação.
- Monitoramento em tempo real por sensores e recursos de manutenção preditiva baseados na condição real do equipamento.
- Recursos de análise de dados e apoio à decisão com uso de BI e inteligência artificial.

## 1.3 Público-Alvo

Este manual foi pensado para diferentes perfis profissionais que participam, direta ou indiretamente, da gestão de ativos e da manutenção. O conteúdo busca ser útil tanto para quem opera o sistema todos os dias quanto para quem o utiliza mais para análise, aprovação ou acompanhamento, sem exigir conhecimento técnico avançado em manutenção ou tecnologia.

- Operadores e técnicos da produção que registrarão solicitações de serviço.
- Eletricistas, mecânicos e técnicos de manutenção que executarão ordens de serviço.
- Profissionais de planejamento e controle da manutenção.
- Supervisores e gestores de manutenção e operação.
- Profissionais que analisam falhas, confiabilidade e desempenho dos ativos.
- Profissionais de TI responsáveis pela infraestrutura e integrações.
- Diretores e gestores que acompanham painéis e indicadores estratégicos.

## 1.4 Glossário Técnico Essencial

Para facilitar a leitura e evitar dúvidas, este manual usa os termos abaixo sempre com o mesmo significado. As definições seguem referências técnicas reconhecidas, mas foram apresentadas aqui de forma mais simples para apoiar a compreensão no uso diário do sistema.

Termo / Sigla	Significado
Ativo	Item, recurso ou entidade que possui valor real ou potencial para a organização. No contexto do SIGMA EAM, normalmente estamos falando de máquinas, equipamentos, instalações, veículos ou sistemas que ajudam a empresa a operar. Exemplo: uma bomba, uma empilhadeira ou uma linha de produção podem ser tratados como ativos.
EAM	Enterprise Asset Management, ou Gestão de Ativos Empresariais. É uma forma mais ampla de administrar ativos físicos, indo além da manutenção e



# MANUAL DE START-UP

Termo / Sigla	Significado
	considerando também custos, riscos, desempenho e decisões sobre o ciclo de vida do ativo.
CMMS	Sistema computadorizado voltado principalmente à gestão da manutenção. Em geral, ajuda a controlar ordens de serviço, planos preventivos e histórico técnico.
PCM	Planejamento e Controle da Manutenção, ou seja, a organização das atividades, prazos, recursos e prioridades da manutenção.
OS	Ordem de Serviço. É o registro formal que autoriza e organiza uma intervenção de manutenção. Nela podem constar informações como o problema, o ativo afetado, quem vai executar, materiais utilizados e o resultado do serviço. Exemplo: trocar um rolamento, corrigir um vazamento ou realizar uma inspeção programada.
SS	Solicitação de Serviço. É o pedido inicial feito por alguém que percebe uma necessidade de manutenção ou alguma anomalia. Em geral, a SS vem antes da OS. Exemplo: um operador nota ruído anormal em um equipamento e registra essa ocorrência para que a equipe avalie.
MTBF	MTBF ( <i>Mean Time Between Failures</i> ) é o Tempo Médio Entre Falhas. Esse indicador mostra, em média, quanto tempo um ativo consegue operar antes de apresentar uma nova falha. Quanto maior o MTBF, maior tende a ser a confiabilidade do equipamento.
MTTR	MTTR ( <i>Mean Time To Repair</i> ) é o Tempo Médio de Reparo. Ele mostra, em média, quanto tempo a equipe leva para restaurar o funcionamento do ativo depois de uma falha. Quanto menor o MTTR, mais rápida tende a ser a recuperação da operação.
Disponibilidade	Percentual do tempo em que o ativo está apto a operar quando necessário. Em termos simples, mede quanto tempo o equipamento está disponível para uso em comparação ao tempo total considerado. É um indicador muito usado para entender o impacto das falhas e dos reparos na operação.
OEE	Indicador que combina disponibilidade, desempenho e qualidade para mostrar o aproveitamento global de um equipamento.
Backlog	Quantidade de trabalho de manutenção ainda pendente, normalmente medida em horas ou dias de esforço da equipe.



# MANUAL DE START-UP

Termo / Sigla	Significado
RCM / MCC	Manutenção Centrada na Confiabilidade. É uma abordagem usada para definir a melhor estratégia de manutenção com base no risco e no comportamento das falhas.
RCA	Análise de Causa Raiz. Método usado para descobrir a causa principal de um problema, e não apenas corrigir o efeito visível.
PDCA	Ciclo de melhoria contínua baseado em quatro passos: planejar, executar, verificar e agir para corrigir ou melhorar.
TPM	Manutenção Produtiva Total. Abordagem que busca aumentar eficiência, confiabilidade e participação das equipes no cuidado com os ativos.
IoT	Internet das Coisas. São dispositivos conectados que coletam e enviam dados em tempo real, como sensores instalados em máquinas e equipamentos.
BI	Business Intelligence, ou inteligência de negócio. Reúne recursos para transformar dados em painéis, análises e informações úteis para decisão.
KPI	Indicador-chave de desempenho. É uma medida usada para acompanhar se um processo ou resultado está dentro do esperado.
RBAC	Controle de acesso por perfil. Em vez de configurar tudo usuário por usuário, o sistema aplica permissões conforme o papel de cada pessoa.
SLA	Acordo de nível de serviço. Define prazos e padrões esperados para atendimento, suporte ou entrega.
LGPD	Lei brasileira que define regras para coleta, uso, armazenamento e proteção de dados pessoais.

## 1.5 Arquitetura Geral da Plataforma

O SIGMA EAM funciona sobre uma arquitetura moderna em nuvem, organizada em camadas. Pensar em “camadas” ajuda a entender o sistema de forma simples: cada parte tem uma função específica, mas todas trabalham juntas. Assim, uma camada mostra as telas para o usuário, outra aplica as regras do sistema, outra guarda os dados e outra faz a comunicação com sistemas externos.

**Camada de apresentação:** é a parte visível para o usuário, como telas, menus, formulários, dashboards e aplicativo móvel. É por meio dela que a pessoa consulta informações, registra



# MANUAL DE START-UP

serviços e acompanha indicadores. Exemplo: quando um técnico abre uma ordem de serviço no celular, ele está usando essa camada.

**Camada de aplicação:** é a parte que faz o sistema funcionar por dentro. Ela executa as regras de negócio, como aprovações, cálculos de indicadores, prioridades de ordens de serviço e validações de cadastro. Em termos simples, é a parte que decide “o que pode” e “o que deve acontecer” em cada situação.

**Camada de dados:** é onde ficam armazenadas as informações do sistema, como ativos, usuários, históricos de falhas, ordens de serviço, peças e relatórios. Ela funciona como a memória da operação. Se uma empresa quiser saber tudo o que já aconteceu com um equipamento, essa resposta virá daqui.

**Camada de integração:** é a parte que conecta o SIGMA EAM a outros sistemas e serviços, como ERP, autenticação corporativa, sensores, APIs e ferramentas externas. Em outras palavras, ela permite a troca automática de informações, reduzindo digitação manual e retrabalho.

**Camada de inteligência:** é a parte voltada à análise avançada. Ela ajuda a transformar dados em recomendações, alertas e previsões. Exemplo: ao perceber um padrão incomum em leituras de sensores, o sistema pode indicar que um equipamento merece inspeção antes de falhar.

## Por que arquitetura em nuvem?

Usar uma arquitetura em nuvem significa que o sistema roda em uma infraestrutura preparada para crescer conforme a demanda, manter boa disponibilidade e receber atualizações com menos interrupções. Para o cliente, isso normalmente representa menos preocupação com servidores locais, maior facilidade de acesso e menor necessidade de manutenção técnica interna. Em termos práticos, a empresa usa o sistema como serviço, em vez de precisar montar toda a estrutura por conta própria.



# MANUAL DE START-UP

## 2. Requisitos Técnicos e Infraestrutura

Esta seção explica, de forma simples, o que a empresa precisa ter para usar o SIGMA EAM com bom desempenho. Como a plataforma funciona no modelo SaaS, ou seja, como um serviço em nuvem, os requisitos costumam ser mais leves do que os de sistemas antigos instalados diretamente em servidores locais. Em outras palavras, a preocupação principal passa a ser ter dispositivos adequados, navegadores atualizados e conexão estável.

### 2.1 Requisitos Mínimos de Hardware

Para quem vai usar o sistema no dia a dia, os requisitos de equipamento são modestos. Em geral, um computador comercial relativamente recente já atende bem. A tabela abaixo mostra uma referência prática entre o mínimo necessário para funcionar e o nível recomendado para uma experiência mais confortável.

Componente	Mínimo	Recomendado
Processador	Processador básico atual	Processador intermediário atual ou superior
Memória RAM	4 GB	8 GB ou mais
Armazenamento	20 GB livres	100 GB SSD
Resolução de tela	1366 × 768	Tela Full HD ou superior
Webcam (opcional)	—	Útil para reuniões, suporte remoto e registros visuais, quando necessário.

### 2.2 Requisitos de Software e Navegadores

O SIGMA EAM funciona diretamente no navegador, sem exigir instalação local de programas adicionais na maior parte dos casos. Isso facilita o acesso e reduz dependências técnicas. Para evitar falhas de exibição, lentidão ou riscos de segurança, é importante usar navegadores atualizados.

- Google Chrome (recomendado).
- Microsoft Edge (recomendado).
- Mozilla Firefox.
- Apple Safari (em macOS e iOS).
- Opera.



# MANUAL DE START-UP

## Atenção — navegadores legados

Navegadores antigos podem apresentar erros de visualização, incompatibilidade com recursos atuais e maior exposição a falhas de segurança. Por isso, manter o navegador atualizado não é apenas uma recomendação técnica: é uma medida prática para garantir melhor funcionamento e mais proteção no acesso ao sistema.

## 2.3 Compatibilidade Mobile e Responsividade

O aplicativo móvel do SIGMA EAM foi pensado para uso em campo. Ele ajuda especialmente quem trabalha longe de uma mesa, como técnicos de manutenção, inspetores e equipes externas. Assim, o usuário pode consultar ativos, registrar evidências e lançar informações diretamente no local onde o serviço acontece.

Entre os recursos mais úteis do aplicativo móvel estão:

- Leitura de QR Code e código de barras para identificar ativos rapidamente.
- Modo offline, permitindo continuar o trabalho mesmo sem internet e sincronizar os dados depois.
- Captura de fotos e vídeos para registrar evidências das intervenções.
- Registro de assinatura digital do técnico e, quando necessário, do solicitante.
- Uso de voz para agilizar o preenchimento de relatórios e observações.
- Geolocalização para apoiar o acompanhamento de equipes em campo, quando aplicável.

## 2.4 Configurações de Rede e Firewall

Para que o SIGMA EAM funcione corretamente, a rede da empresa precisa permitir a comunicação com os endereços e serviços usados pela plataforma. Em termos práticos, isso significa que a equipe de TI deve verificar se o firewall, o proxy e outras regras de segurança não estão bloqueando acessos essenciais.

- Endereços usados pelo portal e pela API do sistema.
- Serviços ligados à autenticação corporativa e ao monitoramento técnico da plataforma.
- Serviços de mapa, quando a empresa usar recursos de geolocalização.
- Serviço de e-mail configurado pela empresa para envio de notificações automáticas.

Bloqueios típicos a serem evitados ou liberados:

- Inspeções de segurança na conexão que, se mal configuradas, podem impedir o acesso correto ao sistema.
- Proxy sem suporte aos recursos necessários para notificações em tempo real.
- Bloqueio das portas de comunicação usadas pelo sistema e por recursos de monitoramento conectados.

## 2.5 Requisitos de Internet e Banda Mínima



# MANUAL DE START-UP

Tipo de uso	Banda mínima	Banda recomendada
Solicitante (uso esporádico)	Baixa	Estável
Mantenedor (uso diário)	Média	Estável e confortável para uso diário
Gestor (com dashboards)	Média	Boa para dashboards e análises visuais
Monitoramento por gateway ou dispositivo conectado	256 kbps	1 Mbps
Backup e exportações	Média	Alta

## Boa prática

Mais importante do que apenas ter “muita internet” é ter uma conexão estável e com bom tempo de resposta. Em vários casos, uma conexão moderada, mas estável, funciona melhor do que uma conexão teoricamente mais rápida, porém instável. Na prática, isso afeta a abertura de telas, o envio de dados e a sensação de fluidez no uso do sistema.



# MANUAL DE START-UP



# MANUAL DE START-UP

## 2A. Topologias de Rede SIGMA/PDCA

O SIGMA/PDCA pode ser utilizado em diferentes formas de organização de rede, chamadas aqui de topologias. Em termos simples, isso significa escolher onde o sistema, o banco de dados e os usuários ficarão posicionados dentro da estrutura tecnológica da empresa. Essa decisão influencia desempenho, segurança, facilidade de manutenção e custo ao longo do tempo. Por isso, a topologia ideal depende do porte da operação, do número de unidades, da maturidade da equipe de TI e da forma como a empresa pretende acessar o sistema.

Nas próximas páginas, esta seção apresenta as principais topologias suportadas, os requisitos gerais de infraestrutura, orientações para dimensionamento do banco de dados e critérios práticos para ajudar na escolha da arquitetura mais adequada. A intenção é facilitar a decisão mesmo para quem não atua diretamente com infraestrutura de TI no dia a dia.

### Conceito-Chave

Toda topologia do SIGMA/PDCA envolve três partes principais: o banco de dados, onde as informações ficam guardadas; a aplicação, que executa as regras do sistema; e os dispositivos usados pelas pessoas, como computadores, notebooks ou celulares. O que muda de uma topologia para outra é o local onde cada parte fica e a forma como elas se comunicam.

### 2A.1 Compatibilidade Geral de Plataforma

Independentemente da topologia escolhida, existem algumas condições gerais que valem para qualquer implantação do SIGMA/PDCA. Elas funcionam como uma base mínima para que o sistema opere de forma estável, segura e previsível.

- As estações e servidores precisam usar sistemas operacionais compatíveis e ainda suportados pela empresa.
- O SIGMA pode trabalhar com diferentes bancos de dados, conforme o porte da operação e o padrão tecnológico adotado pela empresa.
- O banco de dados tem um formato padrão de armazenamento e começa pequeno, mas cresce com o uso ao longo do tempo.
- A comunicação entre sistema e banco depende de portas de rede que precisam estar liberadas conforme a política de segurança da empresa.

### Regra de Backup Obrigatório

O arquivo do banco de dados deve ser copiado todos os dias para um local seguro e separado do ambiente principal. Isso é essencial porque falhas de energia, defeitos em disco ou problemas de software podem comprometer os dados. Sem backup, a empresa pode perder históricos de manutenção, cadastros e registros importantes. Por isso, recomenda-se a estratégia 3-2-1: manter 3 cópias dos dados, em 2 tipos de mídia ou locais diferentes, sendo 1 cópia fora do ambiente principal.



# MANUAL DE START-UP

## 2A.2 Dimensionamento do SGBD

Com o passar do tempo, o banco de dados tende a crescer conforme a empresa registra mais solicitações, ordens de serviço, apontamentos, anexos e históricos. Por isso, é importante planejar espaço em disco com antecedência. A tabela a seguir apresenta estimativas de crescimento que ajudam a evitar falta de capacidade no futuro.

Topologia	Tamanho Inicial	Volume em 5 anos	Tamanho Projetado
Integrada (uso intensivo)	~50 MB	3.000.000 requisições	~1 GB
Separada (uso médio)	~20 MB	30.000 requisições	~1 GB
Externa (uso leve/remoto)	~20 MB	30.000 requisições	~150 MB

### Boa Prática

Uma prática prudente é reservar pelo menos três vezes o espaço estimado para o crescimento do banco ao longo do período planejado. Essa folga ajuda a acomodar expansão natural, arquivos temporários de manutenção e cópias locais de backup antes da transferência para outro destino.

## 2A.3 Topologia 1 — Servidor Integrado (Banco + Aplicação)

Nesta opção, o banco de dados e a aplicação ficam no mesmo servidor, físico ou virtual. É uma arquitetura mais simples de implantar e administrar, indicada para empresas que desejam reduzir complexidade e concentrar o ambiente em um único ponto. Em geral, funciona bem quando a operação está centralizada em uma única planta e a infraestrutura local é suficiente para sustentar o volume de uso.

### Indicação de Uso

- Empresas com operação concentrada em uma única planta ou unidade principal.
- Operações com volume elevado de uso, mas concentradas em uma única estrutura principal.
- Equipe de TI reduzida, com necessidade de administrar menos servidores.
- Cenários em que faz diferença manter sistema e banco muito próximos para responder mais rápido.



# MANUAL DE START-UP

## Requisitos do Servidor Integrado

Componente	Especificação Mínima
Memória RAM	16 GB
Processamento	Processamento compatível com uso simultâneo de banco e aplicação
Espaço em disco	150 GB dedicados
Rede do servidor	Rede cabeada estável
Compartilhamento	Pasta compartilhada do sistema com permissões adequadas para os usuários.
Sistema operacional	Versão de servidor Windows ainda suportada pela empresa

## Requisitos das Estações de Trabalho

Componente	Especificação Mínima
Memória RAM	4 GB
Processamento	Processamento básico para uso da aplicação
Espaço em disco	Apenas atalho para a aplicação (não precisa de espaço dedicado)
Rede	Rede local estável
S.O.	Sistema operacional compatível e atualizado

## Diagrama Lógico (Topologia Integrada)

[Banco de Dados] —→ [Servidor: BANCO + APLICAÇÃO INTEGRADOS] —→ Roteador interno

└→ Rede interna com fio: Estações de trabalho desktop

└→ Rede interna sem fio (Wi-Fi): Estações de trabalho mobile (tablets, smartphones, notebooks)

└→ Internet —→ Acesso remoto autorizado, quando aplicável

### Vantagens da Topologia Integrada



# MANUAL DE START-UP

As principais vantagens dessa topologia são a simplicidade, o menor número de equipamentos para administrar e a comunicação muito rápida entre sistema e banco de dados, já que ambos estão no mesmo lugar. Além disso, o custo inicial costuma ser menor e o backup tende a ser mais fácil de organizar.

## Limitações

A principal limitação é que banco de dados e aplicação passam a disputar os mesmos recursos do servidor. Quando o uso cresce muito, isso pode afetar o desempenho. Além disso, se esse servidor parar, toda a operação ligada a ele também fica indisponível.

## 2A.4 Topologia 2 — Servidores Separados (Banco e Aplicação Distintos)

Nesta topologia, o banco de dados e a aplicação ficam em servidores diferentes, conectados pela rede interna da empresa. Essa separação aumenta a organização do ambiente e pode facilitar crescimento, manutenção e distribuição de responsabilidades entre equipes técnicas. É uma opção comum em empresas que já possuem uma estrutura de TI mais consolidada.

### Indicação de Uso

- Empresas que preferem manter banco e aplicação separados para ganhar mais controle do ambiente.
- Operações com volume intermediário e necessidade de maior organização da infraestrutura.
- Ambientes em que a TI já trabalha com divisão clara entre infraestrutura, aplicação e banco.
- Empresas que desejam crescer futuramente com mais flexibilidade na infraestrutura.

### Requisitos do Servidor de Aplicação

Componente	Especificação Mínima
Memória RAM	6 GB
Processamento	Processamento adequado para a aplicação
Espaço em disco	150 GB dedicados
Rede	10/100 Mbps
Compartilhamento	Pasta compartilhada do sistema para apoiar o funcionamento da aplicação.



# MANUAL DE START-UP

## Requisitos do Servidor de Banco

Componente	Especificação Mínima
Memória RAM	6 GB
Processamento	Processamento adequado para o banco de dados
Espaço em disco	Espaço dedicado suficiente para crescimento do banco, de preferência em armazenamento rápido.
Rede	Conexão de rede estável entre banco e aplicação, preferencialmente rápida.

## Requisitos das Estações de Trabalho

Componente	Especificação Mínima
Memória RAM	4 GB
Processamento	3.0 GHz
Espaço em disco	Apenas atalho à aplicação
Rede	Rede local estável

## Diagrama Lógico (Topologia Separada)

[Banco de Dados] —→ [Servidor de BANCO] —┘

└—→ Roteador/Switch interno

[Aplicação SIGMA] —→ [Servidor de APLICAÇÃO] —┘

└—→ Rede interna com fio: Estações desktop

└—→ Rede sem fio: Estações móveis

└—→ Internet —→ Acesso remoto autorizado, quando necessário

### Vantagens da Topologia Separada

Separar banco e aplicação ajuda a distribuir melhor o esforço entre os servidores. Isso pode melhorar desempenho, facilitar manutenções e permitir que cada parte cresça de forma mais independente. Também costuma se alinhar melhor a ambientes corporativos que já adotam separação por camadas.



# MANUAL DE START-UP

## 2A.5 Topologia 3 — Servidor Integrado em Rede Externa (SaaS / Hospedado)

Nesta modalidade, o ambiente do sistema fica fora da rede interna do cliente, normalmente em nuvem ou datacenter. Os usuários acessam o SIGMA/PDCA pela internet, seguindo as regras de segurança definidas. Em termos práticos, isso reduz a necessidade de manter servidores locais e facilita o acesso remoto entre filiais, equipes externas e trabalho à distância.

### Indicação de Uso

- Empresas com várias unidades que precisam acessar a mesma base de dados pela internet.
- Clientes que preferem o sistema como serviço gerenciado, com suporte, backup e atualizações conduzidos pelo fornecedor.
- Empresas sem infraestrutura local robusta ou que já adotam nuvem como padrão.
- Operações com uso mais distribuído e dependência maior de acesso remoto.
- Situações com muitos acessos remotos, como filiais, equipes de campo e trabalho fora da empresa.

### Requisitos do Servidor de Aplicação (Hospedado)

Componente	Especificação Mínima
Memória RAM	16 GB
Processamento	Processamento compatível com uso remoto e simultâneo
Espaço em disco	150 GB dedicados
Rede	Conexão de alta velocidade no ambiente hospedado
Conexão internet	Internet estável, preferencialmente com redundância
Compartilhamento	Área compartilhada acessível apenas pelos meios autorizados pela empresa.

### Requisitos das Estações de Trabalho (Lado Cliente)

Componente	Especificação Mínima
Memória RAM	4 GB
Processamento	3.0 GHz
Espaço em disco	Apenas atalho à sessão remota
Rede	Rede interna estável com acesso à internet



# MANUAL DE START-UP

Componente	Especificação Mínima
Banda mínima	Conexão estável, com bom tempo de resposta para o uso remoto.

## Diagrama Lógico (Topologia Externa)

[Banco de Dados] —→ [Servidor INTEGRADO Hospedado] —→ Internet



Roteador/Firewall corporativo do cliente



└→ Rede sem fio e com fio: dispositivos e estações autorizadas do cliente

└→ Rede com fio: Estações via TS

### Vantagens da Topologia Externa

Entre os principais benefícios estão o acesso a partir de diferentes localidades, a centralização das informações em uma única base e a redução da necessidade de infraestrutura local. Em modelos gerenciados, também é comum contar com atualizações e backups conduzidos pelo fornecedor.

### Pontos de Atenção

O ponto principal de atenção é a dependência da qualidade da conexão com a internet. Se o link for instável ou lento, a experiência do usuário pode ser prejudicada. Além disso, é importante definir corretamente regras de segurança, controle de acesso e responsabilidades sobre o tratamento dos dados.

## 2A.6 Matriz de Decisão — Como Escolher a Topologia

A escolha da topologia adequada deve considerar volume operacional, número de usuários simultâneos, distribuição geográfica das filiais, maturidade da TI do cliente e orçamento disponível. A matriz abaixo orienta a seleção:

Cenário	Topologia Recomendada
Empresa única planta, alto volume, equipe TI enxuta	Integrada (2A.3)



# MANUAL DE START-UP

Cenário	Topologia Recomendada
Empresa única planta, alto volume, TI corporativa estruturada	Separada (2A.4)
Múltiplas filiais ou home-office frequente	Externa / SaaS (2A.5)
Cliente sem datacenter próprio e sem TI especializada	Externa / SaaS (2A.5)
Necessidade extrema de baixa latência	Integrada ou Separada
Política corporativa exige isolamento de banco	Separada (2A.4)

## Recomendação Rede Industrial

De forma geral, para muitas pequenas e médias empresas, a topologia integrada costuma oferecer um bom equilíbrio entre simplicidade, custo e desempenho. Já empresas com várias unidades, exigências maiores de governança ou políticas rígidas de TI tendem a se beneficiar mais de uma arquitetura separada ou em nuvem. A definição final deve sempre considerar a realidade operacional e técnica do cliente.

## 2A.7 Requisitos Comuns de Segurança de Rede

Independentemente da topologia escolhida, a empresa deve adotar cuidados básicos de segurança de rede para proteger o sistema e os dados. As orientações abaixo resumem práticas recomendadas para esse tipo de ambiente.

- Configurar o firewall para liberar apenas as comunicações necessárias ao funcionamento do sistema.
- Exigir conexão protegida e autenticação reforçada para acessos externos, quando aplicável.
- Separar, sempre que possível, a rede usada pela manutenção para aumentar controle e segurança.
- Controlar permissões de leitura e gravação para que cada grupo acesse apenas o que realmente precisa.
- Manter backups protegidos e armazenados também fora do ambiente principal.
- Manter registros de acesso por um período mínimo definido pela política interna da empresa.
- Manter a proteção dos servidores e estações atualizada, evitando configurações que atrapalhem o funcionamento do banco de dados.

## Atenção LGPD

Quando o sistema fica hospedado em estrutura de terceiros, é importante deixar formalmente definidas as responsabilidades sobre o tratamento dos dados. No modelo SaaS gerenciado, a Rede Industrial pode apoiar essa formalização contratual.



# MANUAL DE START-UP

## 3. Instalação e Setup Inicial

Como o SIGMA EAM funciona como serviço em nuvem, a ideia de “instalar” o sistema é diferente da instalação tradicional de um programa de computador. Em vez de baixar arquivos e configurar servidores locais, o foco está em preparar o ambiente, liberar acessos, carregar informações iniciais e deixar a plataforma pronta para uso real.

### 3.1 Procedimento de Instalação Inicial

11. A equipe prepara o ambiente da empresa na nuvem.
12. Define-se o endereço de acesso e a proteção da conexão.
13. São ajustadas as regras iniciais de segurança conforme a necessidade do cliente.
14. Os dados principais são carregados a partir das planilhas preparadas previamente.
15. São liberados os módulos previstos para a empresa.
16. É criado o primeiro usuário administrador e enviado o acesso inicial por canal seguro.

### 3.2 Configuração do Ambiente de Produção

O ambiente de produção é o ambiente oficial de trabalho, ou seja, é onde ficam os dados reais da empresa e onde as atividades do dia a dia são registradas. Por isso, essa configuração merece atenção especial, já que qualquer ajuste incorreto pode impactar a operação.

- Definição da região onde o ambiente ficará hospedado, conforme o contrato.
- Definição da rotina de backup, da retenção dos dados e das cópias de segurança.
- Definição dos horários planejados para atualizações e manutenções técnicas.
- Definição do tempo aceitável de indisponibilidade e do volume máximo de dados que a empresa aceita perder em caso de incidente.

### 3.3 Configuração do Ambiente de Testes / Homologação

Um ambiente de homologação é uma área separada usada para testes, simulações e treinamentos. Ele serve para experimentar mudanças sem risco de afetar a operação real. Em outras palavras, é como um espaço seguro para validar antes de colocar algo em uso oficial.

No SIGMA EAM, o ambiente de homologação costuma ser usado para validar mudanças, simular situações e treinar usuários com mais segurança.

- Recebe um endereço próprio para testes e treinamentos.
- Pode receber cópias de dados reais tratadas para proteger informações sensíveis, quando necessário.
- É o local correto para experimentar novas configurações, testar integrações e treinar usuários sem risco.



# MANUAL DE START-UP

- Nunca deve ser usado como ambiente de produção "de fato".

## Princípio dos três ambientes

Em ambientes corporativos maduros, é comum separar o sistema em três espaços: desenvolvimento, onde a equipe técnica cria e ajusta soluções; homologação, onde se testam mudanças; e produção, onde ocorre a operação real. Essa separação reduz erros, evita impactos desnecessários e ajuda a manter mais controle sobre o que entra em uso.

## 3.4 Ativação de Licenças e Serialização

O licenciamento do SIGMA EAM define quantas pessoas podem usar o sistema e de que forma esse uso acontece. Em vez de chaves instaladas manualmente em cada computador, a ativação é feita no próprio ambiente disponibilizado ao cliente. Isso simplifica a gestão e reduz erros no início da operação.

Tipo de licença	Como funciona	Indicado para
Usuário Nomeado	Cada licença fica vinculada a uma pessoa específica, com acesso individual e contínuo.	Administradores, gestores, planejadores.
Usuário Concorrente	Várias pessoas podem usar o sistema, mas apenas um número limitado ao mesmo tempo, conforme o contrato.	Mantenedores de turno, operadores.
Solicitante Free	Permite registrar solicitações de serviço sem acesso completo aos demais recursos do sistema.	Toda a planta.

## 3.5 Parametrização Inicial do Sistema

A parametrização é a etapa em que o SIGMA EAM deixa de ser um ambiente padrão e passa a refletir a realidade da empresa. É nesse momento que se definem nomes, estruturas, regras, fluxos e referências que farão sentido para a rotina local. Quanto melhor essa etapa for conduzida, mais natural será o uso do sistema depois.

- Definição de idioma, fuso horário, moeda e calendário usados no sistema.
- Identidade visual da empresa, como logomarca e cores principais, quando aplicável.
- Estrutura organizacional (filiais, plantas, áreas, centros de custo).
- Definição da estrutura dos ativos em níveis hierárquicos padronizados.
- Definição dos tipos de manutenção, falhas, causas e ações que serão usados no dia a dia.
- Modelos de planos preventivos com atividades, frequência e recursos previstos.
- Definição de fluxos de aprovação conforme tipo de ordem ou valor envolvido.



# MANUAL DE START-UP

- Escolha dos indicadores que o sistema deverá acompanhar automaticamente.



# MANUAL DE START-UP

## 4. Primeiro Acesso e Onboarding

Onboarding é o processo de entrada de um novo usuário no sistema. Ele reúne as etapas necessárias para que a pessoa deixe de ser apenas cadastrada e passe a usar o SIGMA EAM de forma correta, segura e produtiva. Isso inclui acesso, troca de senha, configuração de segurança e uma orientação inicial sobre como navegar na plataforma.

### 4.1 Criação do Usuário Administrador

O primeiro usuário criado no SIGMA EAM costuma ser o administrador principal. Esse perfil tem papel importante porque será responsável por liberar acessos, ajustar permissões e apoiar a organização inicial do sistema. Por isso, esse cadastro inicial é tratado com mais cuidado e segurança.

17. Recebe os dados iniciais de acesso por um canal seguro.
18. Primeiro acesso pelo endereço oficial do sistema.
19. Troca a senha temporária logo no primeiro acesso.
20. Configura a autenticação em dois passos, quando essa proteção estiver habilitada.
21. Leitura e aceite das regras de uso e privacidade, quando aplicável.
22. Acesso ao painel de administração para configurar os demais usuários.

### 4.2 Senha Padrão Inicial e Obrigatoriedade de Troca

Todo novo usuário recebe uma senha temporária para o primeiro acesso. Essa senha serve apenas como ponto de partida e precisa ser trocada logo no início, para evitar que o acesso continue com uma credencial provisória. A ideia é simples: quanto mais cedo o usuário cria sua própria senha segura, menor o risco de uso indevido.

Regras da senha padrão e da senha definitiva:

- A senha temporária tem validade limitada.
- No primeiro login, o sistema exige a troca da senha antes de continuar.
- A nova senha deve ser forte, combinando letras maiúsculas e minúsculas, números e símbolos.
- A senha não deve usar informações óbvias, como nome do usuário, e-mail ou nome da empresa.
- O sistema evita a reutilização recente de senhas já usadas.
- A troca periódica pode ser exigida conforme a política definida pela empresa.

### 4.3 Configuração de Autenticação Multifator (MFA)

MFA, ou autenticação multifator, é uma camada extra de segurança. Em vez de entrar apenas com senha, o usuário também precisa confirmar a identidade com um segundo passo, como um código gerado no celular. Na prática, isso reduz bastante o risco de acesso indevido, mesmo que alguém descubra a senha.

O SIGMA EAM suporta três métodos de MFA, em ordem de segurança:



# MANUAL DE START-UP

23. Código gerado em aplicativo autenticador no celular. É a opção mais recomendada para o uso diário.
24. Código enviado por SMS ao celular. Pode ser usado quando o aplicativo autenticador não for viável.
25. Código enviado por e-mail, usado principalmente como apoio em recuperação de acesso.

## Por que MFA é obrigatório?

A autenticação multifator é uma das formas mais eficazes de reduzir acessos indevidos em sistemas corporativos. Em linguagem simples, ela dificulta bastante o uso da conta por alguém que conheça apenas a senha. Além disso, quando o processo de login é claro e bem orientado, o usuário consegue acessar o sistema com mais segurança e menos dúvidas.

## 4.4 Tela de Login e Recuperação de Senha

A tela de login foi pensada para facilitar o acesso sem complicar a segurança. Por isso, ela reúne os campos essenciais, mensagens claras e opções de recuperação quando o usuário esquece a senha ou precisa retomar o acesso.

- Campo para digitar o e-mail corporativo.
- Campo de senha com opção para mostrar ou ocultar o que foi digitado.
- Opção de recuperação de senha por e-mail, com validade limitada para maior segurança.
- Opção de entrar com o login corporativo, quando a empresa usar acesso unificado.
- Proteção extra contra tentativas repetidas de acesso automatizado.
- Bloqueio temporário da conta após várias tentativas sem sucesso.

## 4.5 Fluxo de Onboarding Inicial do Usuário

Depois do primeiro acesso seguro, o usuário pode ser guiado por uma apresentação inicial do sistema. Esse apoio é importante porque reduz insegurança, acelera a adaptação e ajuda cada perfil a encontrar mais rapidamente as funções que realmente vai usar.

26. Tela inicial de boas-vindas com identificação do perfil do usuário.
27. Apresentação dos módulos e funções liberados para aquele perfil.
28. Tour guiado pelos principais menus e botões do sistema.
29. Sugestão de vídeo curto com orientações básicas para o perfil.
30. Configuração de preferências pessoais, como idioma, notificações e página inicial.
31. Acesso rápido à central de ajuda e aos canais de suporte.



# MANUAL DE START-UP

## 5. Gestão de Usuários e Segurança

Segurança da informação é parte essencial do funcionamento do sistema. No SIGMA EAM, isso significa garantir que cada pessoa veja apenas o que precisa, consiga executar apenas o que tem autorização para fazer e deixe registro das ações realizadas. Dessa forma, a plataforma fica mais segura, mais organizada e mais confiável para a empresa.

### 5.1 Cadastro de Usuários

O cadastro de usuários normalmente fica sob responsabilidade do administrador do sistema. Esse processo pode ser feito manualmente, em lote ou por integração automática com sistemas corporativos. A escolha depende do tamanho da empresa, da quantidade de pessoas e do nível de automação disponível.

- Manualmente, um a um, pela tela de Gestão de Usuários.
- Em lote, por importação de planilha.
- Automaticamente, por integração com os sistemas de identidade da empresa.

No cadastro de usuário, alguns campos são essenciais para identificar a pessoa, definir seu acesso e relacioná-la corretamente à estrutura da empresa.

Outros campos não são obrigatórios, mas ajudam bastante no controle operacional, na comunicação e na verificação de habilitações técnicas.

#### Por que cadastrar certificações?

Registrar certificações ajuda a empresa a saber se cada profissional está habilitado para executar determinadas atividades. Na prática, isso evita que alguém seja designado para uma tarefa para a qual não possui treinamento ou autorização válida, aumentando a segurança e o controle operacional.

### 5.2 Configuração de Níveis de Acesso (RBAC)

RBAC é uma forma de organizar acessos por perfil. Em vez de configurar permissões pessoa por pessoa o tempo todo, a empresa define perfis como administrador, técnico, solicitante ou gestor, e cada usuário herda as permissões do perfil ao qual pertence. Isso torna a gestão mais simples, mais rápida e menos sujeita a erros.

No SIGMA EAM, cada perfil recebe permissões específicas sobre módulos e ações. Em termos simples, isso define quem pode apenas consultar, quem pode registrar, quem pode alterar e quem pode aprovar.

Permissão	Significado
Visualizar (Read)	Permite enxergar a informação, sem alterá-la.



# MANUAL DE START-UP

Permissão	Significado
Criar (Create)	Permite criar novos registros.
Editar (Update)	Permite modificar registros existentes.
Excluir (Delete)	Permite excluir registros, normalmente com controles adicionais.
Aprovar (Approve)	Permite aprovar fluxos pendentes (ex.: ordens de serviço, compras).
Exportar (Export)	Permite extrair dados para arquivos externos.
Auditar (Audit)	Permite consultar registros de auditoria e histórico de ações.

## 5.3 Política de Permissões e Privilégios

O SIGMA EAM segue dois princípios importantes de segurança. O primeiro é dar a cada usuário apenas o acesso necessário para o seu trabalho. O segundo é separar funções críticas entre pessoas diferentes, evitando que uma única pessoa concentre etapas sensíveis demais no mesmo processo.

**Princípio do Menor Privilégio (Least Privilege):** cada usuário tem apenas as permissões estritamente necessárias para executar suas funções — nada além disso.

**Princípio da Segregação de Funções (SoD):** atividades sensíveis devem ser distribuídas entre pessoas diferentes. Por exemplo: quem solicita não deve ser a única pessoa a aprovar, executar e auditar o mesmo processo.

## 5.4 Política de Senhas Seguras

A política de senhas do SIGMA EAM procura equilibrar segurança e praticidade. O objetivo é evitar senhas fracas, repetidas ou fáceis de adivinhar, sem perder de vista que o usuário precisa conseguir usar o sistema no dia a dia com clareza e previsibilidade.

- Comprimento mínimo: 12 caracteres.
- Complexidade: maiúsculas + minúsculas + números + símbolos.
- O sistema bloqueia senhas muito comuns ou já conhecidas por serem inseguras.
- O sistema guarda referência segura das senhas anteriores para impedir reutilização recente.
- Troca obrigatória a cada 90 dias (configurável).
- As senhas são armazenadas de forma protegida, sem permitir leitura direta do conteúdo original.
- Durante a criação da senha, o sistema mostra se ela está fraca, média ou forte.

## 5.5 Bloqueio Automático por Tentativas Inválidas



# MANUAL DE START-UP

Para evitar tentativas repetidas de descobrir senhas por erro ou por ataque, o sistema aplica travas progressivas quando muitos acessos inválidos acontecem em sequência. Em termos simples, quanto mais tentativas erradas forem feitas, maior será a proteção aplicada temporariamente.

Tentativas	Ação
1 a 2	Mensagem genérica de erro.
3	O sistema passa a pedir uma verificação extra de segurança.
4	O sistema aumenta gradualmente o tempo de espera entre novas tentativas.
5	Bloqueio da conta por 15 minutos.
10 (acumuladas em 24h)	A conta fica bloqueada até nova liberação pelo administrador.

## 5.6 Controle de Sessões e Tempo de Expiração

Além de controlar quem entra no sistema, também é importante controlar por quanto tempo a sessão permanece ativa. Isso ajuda a reduzir riscos quando o usuário esquece o sistema aberto ou quando ocorre alguma situação fora do padrão.

- A sessão pode permanecer ativa durante a jornada normal de uso, conforme a política adotada.
- Sessões sem atividade por muito tempo podem ser encerradas automaticamente.
- A empresa pode limitar a quantidade de sessões ativas por usuário, se desejar.
- Encerramento automático em situações de acesso consideradas fora do padrão de segurança.
- O administrador pode encerrar sessões abertas em caso de incidente ou medida preventiva.

## 5.7 Registro e Auditoria de Acessos (Logs)

O SIGMA EAM registra acessos e ações importantes para que a empresa consiga acompanhar o que foi feito no sistema. Esses registros ajudam a responder perguntas como: quem acessou, o que alterou, quando isso aconteceu e, em alguns casos, de onde veio o acesso. Esse histórico é valioso para segurança, auditoria e investigação de problemas.

Para garantir rastreabilidade, o sistema registra um conjunto mínimo de informações sempre que acessos e ações relevantes acontecem.

- Data, hora e fuso horário da ação.
- Identificação do usuário (nome e ID).
- Endereço IP de origem.



# MANUAL DE START-UP

- Dispositivo e navegador utilizados.
- Tipo de ação (login, logout, criação, alteração, exclusão, exportação).
- Registro afetado (entidade e identificador).
- Valor antes e depois (em alterações de dados sensíveis).

## 5.8 Política de LGPD e Privacidade de Dados

A LGPD é a lei brasileira que define como dados pessoais devem ser tratados com responsabilidade. No contexto do SIGMA EAM, isso significa coletar apenas o necessário, proteger as informações cadastradas e deixar claro por que cada dado está sendo usado. Em termos práticos, a preocupação não é apenas cumprir uma exigência legal, mas também garantir respeito à privacidade das pessoas.

- **Finalidade:** os dados são usados apenas para os objetivos informados pela empresa.
- **Adequação:** o uso dos dados deve ser compatível com a finalidade informada.
- **Necessidade:** deve-se coletar apenas o que realmente for necessário.
- **Livre acesso:** a pessoa pode consultar seus dados quando isso for aplicável.
- **Qualidade dos dados:** as informações devem ser claras, corretas e atualizadas.
- **Transparência:** as regras de uso dos dados devem ser explicadas de forma clara.
- **Segurança:** os dados devem ser protegidos por medidas técnicas e administrativas adequadas.
- **Não discriminação:** os dados não devem ser usados de forma injusta ou discriminatória.
- **Responsabilização:** a empresa deve conseguir demonstrar que segue essas regras na prática.

## 5.9 Configuração de Single Sign-On (SSO)

O SSO permite entrar no SIGMA EAM com o mesmo login já usado em outros sistemas da empresa. Isso reduz a quantidade de senhas que o usuário precisa lembrar e facilita o gerenciamento de acessos pela equipe de TI. Exemplo: se a empresa já usa Microsoft 365 para autenticação, o mesmo acesso pode ser aproveitado no SIGMA.

Essa integração normalmente é configurada entre o SIGMA e o sistema central de identidade da empresa. Embora existam padrões técnicos por trás dessa comunicação, o resultado prático para o usuário é simples: menos senhas, menos retrabalho e mais controle no processo de entrada e saída de pessoas.

## 5.10 Integração com Active Directory / LDAP

Quando a empresa já mantém um diretório corporativo de usuários, como Active Directory ou LDAP, o SIGMA EAM pode aproveitar essas informações para automatizar parte do trabalho de cadastro e controle de acesso. Isso ajuda a manter o sistema alinhado com a estrutura oficial da organização.



# MANUAL DE START-UP

- Atualização automática de usuários ativos, alterações e desligamentos.
- Grupos corporativos que podem ser associados aos perfis do SIGMA.
- Informações da estrutura organizacional, como departamento, cargo e gestor.

## **Vantagem operacional**

A principal vantagem é que o controle de acesso fica mais rápido e mais seguro. Quando um colaborador entra, muda de função ou sai da empresa, essa atualização pode refletir no SIGMA com muito menos esforço manual. Isso reduz o risco de acessos indevidos permanecerem ativos por descuido.



# MANUAL DE START-UP

## 6. Comunicação e Integrações

Na prática empresarial, o SIGMA EAM precisa trocar informações com outros sistemas e serviços já usados pela organização. Isso inclui, por exemplo, ferramentas de gestão empresarial, painéis analíticos, sensores, e-mail e canais de comunicação. Esta seção mostra, de forma mais simples, como essas conexões funcionam e por que elas são importantes para reduzir retrabalho e manter os dados integrados.

### 6.1 Configuração de E-mails SMTP

Para enviar avisos automáticos por e-mail, o SIGMA EAM precisa ser conectado ao serviço de e-mail da empresa. Esses avisos incluem, por exemplo, recuperação de senha, ordens de serviço atribuídas, aprovações pendentes e alertas operacionais. Essa configuração costuma ser feita uma vez pelo administrador e depois passa a funcionar em segundo plano.

- Endereço do servidor de e-mail usado pela empresa.
- Porta de comunicação definida pelo serviço de e-mail.
- Conta de e-mail autorizada para o envio das notificações do sistema.
- Endereço que aparecerá como remetente das mensagens enviadas.
- Ajustes no domínio de e-mail para aumentar a chance de entrega correta e evitar que mensagens caiam como spam.

### 6.2 Configuração de Notificações Automáticas

O SIGMA EAM pode avisar diferentes pessoas por canais diferentes, conforme o tipo de evento e o nível de urgência. O objetivo é garantir que a informação chegue à pessoa certa, no momento certo, sem depender apenas de acompanhamento manual.

Evento	Canal sugerido	Destinatário típico
SS aberta para ativo crítico	E-mail e avisos rápidos configurados pela empresa.	Planejador + Supervisor
OS atribuída ao mantenedor	Push (app) + E-mail	Mantenedor
OS aguardando aprovação	E-mail	Gerente
OS vencida (atraso)	E-mail + Push	Mantenedor + Gerente
Falha crítica detectada por IoT	Aviso imediato pelos canais mais rápidos configurados pela empresa.	Equipe de turno
Estoque mínimo atingido	E-mail	Almoxarife + Comprador
Dashboard semanal	E-mail	Diretoria



# MANUAL DE START-UP

## 6.3 Integração com APIs Externas

A API do SIGMA EAM funciona como uma porta de comunicação para que outros sistemas consigam consultar ou enviar informações de forma automatizada. Isso permite integrar o SIGMA a ERPs, sistemas de produção, painéis analíticos e outras plataformas sem depender de lançamentos manuais repetitivos.

Na prática, a API é útil quando a empresa quer evitar retrabalho e fazer sistemas diferentes trocarem informações automaticamente.

- Integração com ERP para sincronizar informações como centros de custo, fornecedores e materiais.
- Integração com sistemas de qualidade para apoiar o tratamento de não conformidades e desvios.
- Integração com sistemas de produção para registrar automaticamente eventos como paradas.
- Integração com ferramentas externas de análise e visualização de dados.
- Integração com sistemas de RH para manter dados de pessoas e qualificações atualizados.

## 6.4 Configuração de Webhooks

Webhook é um aviso automático que o SIGMA envia para outro sistema quando determinado evento acontece. Em vez de o outro sistema ficar consultando o tempo todo se houve mudança, ele recebe a notificação assim que ela ocorre. Isso ajuda a acelerar integrações e automações.

Alguns exemplos ajudam a visualizar melhor como esse aviso automático pode ser usado no dia a dia.

- Quando uma OS é finalizada, o SIGMA EAM dispara um webhook para o ERP atualizar a baixa de materiais.
- Quando um alarme crítico é gerado, o SIGMA EAM dispara um webhook para a central de monitoramento.
- Quando um plano preventivo é gerado, o sistema pode avisar automaticamente outra ferramenta de trabalho da empresa.

## 6.5 Configuração de Domínios e Links de Acesso

Cada cliente recebe um endereço de acesso próprio para facilitar identificação, organização e segurança. Em alguns casos, a empresa também pode usar um domínio personalizado, desde que faça os ajustes necessários de configuração.

## 6.6 Configuração HTTPS e Certificados SSL/TLS



# MANUAL DE START-UP

Todo o acesso ao SIGMA EAM deve acontecer por conexão segura. Em termos simples, isso significa que as informações trafegam protegidas entre o dispositivo do usuário e o sistema, reduzindo o risco de interceptação ou adulteração de dados durante o uso.

Para manter o acesso protegido, o ambiente deve seguir alguns cuidados básicos de segurança na conexão.

- Uso de versões atuais e seguras do protocolo de conexão.
- Uso de padrões modernos de criptografia para proteger a comunicação.
- Regras que forçam o navegador a usar sempre conexão segura.
- Configurações extras de segurança para reduzir riscos de uso indevido do site.
- Meta de manter um nível alto de segurança na configuração pública do acesso.



# MANUAL DE START-UP

## 7. Operação do Sistema

A partir desta seção, o foco passa a ser o uso prático do SIGMA EAM no dia a dia. Em outras palavras, saímos da preparação do ambiente e entramos na rotina real de operação, registro, acompanhamento e análise das atividades de manutenção e gestão de ativos.

### 7.1 Navegação Geral pelas Telas

A interface do SIGMA EAM foi pensada para ser fácil de aprender e prática no uso diário. Para isso, ela segue três princípios principais:

**Consistência:** as telas seguem um padrão semelhante, o que facilita o aprendizado. Quando o usuário entende a lógica de uma parte do sistema, tende a conseguir se orientar melhor nas demais.

**Acessibilidade:** a interface busca ser clara e utilizável por diferentes perfis de usuário, com atenção a contraste, navegação por teclado e apoio a tecnologias assistivas.

**Eficiência:** as ações mais comuns ficam organizadas para que o usuário chegue até elas com poucos passos, ganhando tempo nas atividades do dia a dia.

A tela é dividida em quatro regiões:

- Parte superior da tela, com busca, notificações e acesso ao perfil do usuário.
- Menu lateral com acesso aos módulos do sistema.
- Área central onde aparecem listas, formulários, relatórios e painéis.
- Painel complementar com histórico, anexos e informações de apoio, quando disponível.

### 7.2 Estrutura dos Menus e Módulos

Os menus do SIGMA EAM são organizados por assunto e função. O que cada pessoa enxerga depende do seu perfil de acesso, para que cada usuário veja apenas o que faz sentido para o seu trabalho.

Módulo	Função principal
Dashboard	Painel inicial com indicadores ajustados ao perfil do usuário.
Ativos	Cadastro dos ativos, sua estrutura, criticidade e histórico de vida útil.
Manutenção	Solicitações, ordens de serviço e planos de manutenção.
Planejamento	Programação das atividades, uso de recursos e controle das pendências.
Materiais	Controle de almoxarifado, peças de reposição e requisições.



# MANUAL DE START-UP

Módulo	Função principal
Compras	Solicitações, cotações, pedidos de compra e fornecedores.
Calibração	Controle de instrumentos, certificados e rastreabilidade das calibrações.
Inspeções	Listas de verificação, inspeções e rondas de rotina.
IoT	Monitoramento em tempo real e apoio à manutenção preditiva.
BI	Análises, relatórios e indicadores para acompanhamento da operação.
IA	Recursos de apoio à decisão, identificação de anomalias e assistente virtual.
Administração	Usuários, acessos e ajustes gerais do sistema.

## 7.3 Cadastro de Dados Mestres

Dados mestres são os cadastros-base que sustentam toda a operação do sistema. Eles não costumam mudar com tanta frequência, mas precisam estar corretos porque servem de referência para ordens de serviço, relatórios, indicadores e análises. Quando esses dados estão incompletos ou inconsistentes, os problemas aparecem em toda a rotina.

- Estrutura organizacional (filiais, plantas, áreas).
- Hierarquia dos ativos, organizada em níveis para facilitar localização e análise.
- Catálogo de falhas, sintomas, causas e ações corretivas padronizadas.
- Base de conhecimento sobre falhas, causas e efeitos para apoiar prevenção e análise.
- Catálogo de materiais e peças sobressalentes.
- Cadastro de serviços contratados de terceiros.
- Catálogo de fornecedores.
- Catálogo de unidades de medida.
- Catálogo de centros de custo.
- Cadastro de turnos e calendários usados na operação e na manutenção.

### Princípio da Verdade Única

Cada informação importante deve ter uma fonte principal e confiável. Se outro sistema já é responsável por aquele dado, o ideal é que o SIGMA o utilize a partir dessa origem, em vez de manter um novo cadastro paralelo. Isso reduz divergências, retrabalho e dúvidas sobre qual informação está correta.



# MANUAL DE START-UP

## 7.4 Fluxos Operacionais Principais

### 7.4.1 Ciclo da Manutenção Corretiva

32. Um usuário percebe o problema e registra uma solicitação no sistema.
33. O planejador analisa a solicitação e, se fizer sentido, transforma o pedido em ordem de serviço.
34. O sistema ou a equipe define quem deve executar o trabalho, considerando disponibilidade e qualificação.
35. O técnico executa o serviço e registra no sistema o que foi feito, quanto tempo levou e quais materiais foram usados.
36. Depois da execução, a ordem é revisada e encerrada.
37. Com isso, o sistema atualiza automaticamente os indicadores ligados ao ativo e à manutenção.

### 7.4.2 Ciclo da Manutenção Preventiva

38. A equipe define o plano preventivo com atividade, frequência, recursos e materiais necessários.
39. O sistema gera automaticamente ordens de serviço conforme calendário, horas de uso, ciclos ou quilometragem.
40. OS preventivas são alocadas e executadas como qualquer OS.
41. Após execução, sistema reprograma a próxima ocorrência.

### 7.4.3 Ciclo da Manutenção Preditiva

42. Sensores acompanham o comportamento do ativo em tempo real, como temperatura, vibração ou pressão.
43. O sistema analisa os dados e identifica sinais de comportamento fora do normal.
44. Quando identifica risco de falha, o sistema gera um alerta para avaliação da equipe.
45. O planejador transforma o alerta em uma ordem de serviço baseada na condição real do ativo.
46. Intervenção é executada antes da falha real, evitando indisponibilidade.

## 7.5 Geração de Relatórios e Dashboards

O SIGMA EAM transforma os registros do dia a dia em informações úteis para acompanhamento e decisão. Isso pode aparecer em relatórios prontos, painéis visuais ou consultas montadas pelo próprio usuário, dependendo da necessidade e do perfil de acesso.

- Relatórios prontos para os principais processos do sistema.
- Painéis visuais adaptados ao perfil de cada usuário.
- Ferramenta para montar consultas e relatórios sem depender de programação.

Entre os indicadores mais usados no acompanhamento da manutenção, o sistema consegue monitorar automaticamente medidas como as abaixo.

- Disponibilidade (Availability).
- MTBF (Mean Time Between Failures).
- MTTR (Mean Time To Repair).



# MANUAL DE START-UP

- MTTF, indicador usado para acompanhar o tempo até a falha em itens não reparáveis.
- Backlog, que mostra o volume de trabalho pendente da manutenção.
- Percentual de cumprimento do plano preventivo.
- Percentual de ordens concluídas dentro do prazo esperado.
- Relação entre custo de manutenção e valor de reposição do ativo.
- OEE, que mostra o aproveitamento global do equipamento.
- Proporção entre manutenção corretiva e preventiva ao longo do período analisado.

## 7.6 Exportação e Importação de Dados

O sistema permite importar e exportar dados em formatos amplamente usados no mercado. Isso facilita a migração de informações, o compartilhamento com outras áreas e a integração com ferramentas externas de análise e gestão.

- Importação de dados em formatos amplamente usados, como planilhas e arquivos estruturados.
- Exportação de dados em formatos adequados para análise, compartilhamento e arquivo.
- Integração com ferramentas externas de análise de dados, quando disponível.
- Importação em lote com verificação de erros para facilitar correções antes do uso.



# MANUAL DE START-UP



# MANUAL DE START-UP

## 7A. Hierarquia e Tagueamento de Ativos no SIGMA

Antes de usar o SIGMA para abrir solicitações, ordens de serviço, planos preventivos ou acompanhar indicadores, é essencial que a estrutura dos ativos esteja bem organizada. O tagueamento é justamente o que permite identificar cada ativo de forma única dentro do sistema. Sem essa organização, fica difícil localizar equipamentos, consolidar históricos e comparar resultados com segurança.

Esta seção apresenta a lógica de organização dos ativos no SIGMA e propõe regras de codificação para tornar o cadastro mais claro, consistente e útil ao longo do tempo. A ideia é ajudar a empresa a identificar cada item sem ambiguidade e a manter rastreabilidade durante todo o ciclo de vida do ativo.

### Conceito-Chave

Tagueamento é o processo de dar a cada ativo um código único e padronizado. Esse código ajuda a localizar o item dentro da empresa, relacionar seu histórico, organizar dados técnicos e tornar os relatórios mais confiáveis. Em termos simples, é como dar um nome técnico e permanente para cada ativo.

### 7A.1 Hierarquia Completa de Ativos no SIGMA

O SIGMA organiza os ativos em uma estrutura em níveis, indo de agrupamentos mais amplos até componentes mais específicos. Essa hierarquia ajuda a localizar cada item, entender seu contexto dentro da operação e registrar ocorrências com mais precisão.

Nível	Entidade SIGMA	Descrição	Exemplo Prático
1	Departamento	Macro divisão da empresa	Manutenção, Produção, Logística
2	Setor	Subdivisão de um departamento	Setor de Pintura, Setor de Usinagem
3	Processo	Etapa produtiva ou processo industrial	Estampagem, Montagem Final, Embalagem
4	Célula/Linha	Agrupamento de máquinas que executam o processo	Linha de montagem ou célula de trabalho
5	Família	Conjunto de ativos com características técnicas comuns	Grupo de ativos do mesmo tipo
6	Máquina	Ativo principal gerido (nível mais alto na hierarquia de ativos)	Uma máquina específica identificada no sistema



# MANUAL DE START-UP

Nível	Entidade SIGMA	Descrição	Exemplo Prático
7	TAG	Localização física ou virtual (sistema/módulo) dentro da máquina	Parte ou sistema interno da máquina
8	Equipamento	Componente específico instalado em uma TAG	Componente específico instalado na máquina

## Boa Prática (ISO 14224)

A referência técnica mais usada para esse tipo de organização recomenda vários níveis hierárquicos para representar ativos industriais. O importante, na prática, é que a empresa adote uma estrutura clara, estável e suficiente para localizar os equipamentos sem complicar desnecessariamente o cadastro.

## Macroestrutura: Departamento → Setor → Processo → Célula

Esses quatro níveis formam a estrutura organizacional da empresa dentro do sistema e devem ser cadastrados antes dos ativos. Eles servem para mostrar onde cada ativo está inserido na operação e permitem filtros e relatórios por área, setor ou processo.

47. Cadastre primeiro os Departamentos (área macro da empresa).
48. Cadastre os Setores vinculados a cada Departamento.
49. Cadastre os Processos executados em cada Setor.
50. Cadastre as Células/Linhas que compõem cada Processo.

## Microestrutura: Família → Máquina → TAG → Equipamento

Esses quatro níveis formam a estrutura técnica dos ativos físicos. A família reúne ativos parecidos; a máquina é a unidade principal acompanhada pelo sistema; a TAG detalha sistemas ou partes internas da máquina; e o equipamento representa o componente específico que pode receber intervenção.

## Exemplo Aplicado

Departamento: LOGÍSTICA → Setor: ARMAZÉM 01 → Processo: MOVIMENTAÇÃO INTERNA → Célula: DOCAS DE EXPEDIÇÃO → Família: EMPILHADEIRAS ELÉTRICAS



# MANUAL DE START-UP

2.5T → Máquina: EMP-001 → TAG: SISTEMA ELÉTRICO → Equipamento: MOTOR DE TRAÇÃO ME-001

## 7A.2 Regras de Tagueamento de Máquinas (Codificação)

Definir um bom código para os ativos é uma das etapas mais importantes da implantação. Quando essa codificação nasce confusa, o problema costuma aparecer depois em relatórios, buscas, históricos e comparações. Por isso, as regras abaixo buscam criar um padrão claro, estável e fácil de manter ao longo do tempo.

### R1. Unicidade Absoluta

Cada código de máquina, TAG ou equipamento deve existir apenas uma vez no sistema. Isso evita confusão no histórico e nos relatórios. Também não é recomendável reaproveitar o código de um ativo antigo em outro novo, porque isso mistura informações de itens diferentes.

### R2. Significado Embutido (Smart Tag)

Sempre que possível, o código deve ajudar o usuário a entender rapidamente o que está sendo identificado. Em outras palavras, o ideal é que ele dê pistas sobre o tipo de ativo, sua localização e sua sequência. Isso reduz dependência de planilhas paralelas e facilita a leitura por quem já conhece a operação.

Segmento	Conteúdo	Tamanho	Exemplo
AA	Tipo/Família do ativo (sigla)	2 caracteres	Exemplos de siglas para o tipo de ativo.
BBB	Localização (setor/célula)	3 caracteres	Exemplos de siglas para a localização do ativo.
CCC	Sequencial numérico	3 dígitos	001, 002, 003 ...
DD	Variante ou revisão (opcional)	2 caracteres	Opcional para indicar uma variante ou revisão do cadastro.

Aplicando o padrão acima, uma empilhadeira do armazém ficaria codificada como EM-ARM-001. Uma bomba centrífuga da utilidade industrial ficaria BB-UTI-007. Esse padrão é



# MANUAL DE START-UP

flexível: cada empresa pode adaptar os segmentos conforme sua realidade, desde que mantenha consistência.

## **R3. Comprimento Padronizado**

Vale definir um tamanho de código que seja suficiente para organizar bem os ativos, mas sem ficar longo demais. Um padrão entre 8 e 15 caracteres costuma funcionar bem. Códigos muito curtos perdem significado; códigos muito longos dificultam digitação e leitura.

## **R4. Separadores Padronizados**

Escolha um único tipo de separador para todos os códigos, como hífen ou ponto, e mantenha esse padrão em toda a empresa. Isso ajuda a leitura e evita variações desnecessárias. O hífen costuma ser a opção mais simples e mais comum.

## **R5. Sem Caracteres Especiais**

Evite usar acentos, espaços e símbolos especiais nos códigos. Esses caracteres podem causar problemas em integrações, importações, exportações e pesquisas no sistema. Um padrão simples, com letras, números e separadores definidos, tende a funcionar melhor.

## **R6. Maiúsculas Sempre**

Manter todos os códigos em letras maiúsculas ajuda a evitar diferenças visuais e inconsistências entre cadastros. Além de facilitar a leitura, isso reduz o risco de que dois códigos pareçam diferentes quando, na prática, deveriam seguir o mesmo padrão.

## **R7. Sequenciais Numéricos com Zeros à Esquerda**

Usar sequências com zeros à esquerda ajuda a manter a ordenação correta nas listas. Por exemplo: 001, 002 e 003 ficam organizados de forma mais consistente do que 1, 2 e 3. Se a empresa tiver muitos ativos do mesmo tipo, pode ser melhor adotar quatro dígitos em vez de três.

## **R8. Etiquetas Físicas (QR Code)**

Sempre que possível, cada máquina, TAG ou equipamento deve receber uma etiqueta física com o código e o QR Code correspondente. Isso facilita localizar o ativo no campo e abrir rapidamente sua ficha técnica e histórico pelo sistema. O material da etiqueta deve ser compatível com o ambiente onde ela ficará instalada.

## **R9. Governança de Cadastro**

O ideal é que poucas pessoas tenham permissão para criar ou excluir códigos de ativos. Assim, o cadastro fica mais controlado e o risco de duplicidade ou criação fora do padrão diminui. Os demais usuários podem consultar e alimentar informações, mas a criação de novos códigos deve seguir uma regra clara.



# MANUAL DE START-UP

## R10. Documentação da Convenção

A forma escolhida para codificar os ativos deve ser registrada em um documento simples e oficial da empresa. Esse registro ajuda no treinamento de novos usuários, dá consistência ao cadastro e serve de referência para revisões futuras e auditorias.

### Antes vs. Depois

Compare os dois casos. No primeiro, nomes como “Bomba 1” ou “Motor da prensa” até parecem simples, mas geram dúvida e pouca padronização. No segundo, códigos como “EM-ARM-001” ou “BB-UTI-007” tornam a identificação mais objetiva e fácil de rastrear. A diferença principal é a clareza.

## 7A.3 Cadastro de TAGs (Sistemas / Módulos da Máquina)

As TAGs representam partes, sistemas ou módulos dentro de uma máquina. Esse nível de detalhamento ajuda a registrar com mais precisão onde ocorreu um problema e permite gerar indicadores não apenas para a máquina inteira, mas também para seus principais conjuntos internos.

### Exemplo de Decomposição em TAGs (Empilhadeira)

- TAG SISTEMA ELÉTRICO — engloba bateria, fiação, painel, sensores elétricos.
- TAG SISTEMA HIDRÁULICO — bomba, mangueiras, válvulas, cilindros.
- TAG SISTEMA DE TRAÇÃO — motor de tração, roda motriz, redutor.
- TAG CABINE — assento, painel, controles, espelhos, faróis.
- TAG ESTRUTURA — chassi, torre, garfos, contrapesos.

### Passos para Cadastro de TAG

51. Após cadastrar a Máquina, acesse o módulo Cadastro de TAGs.
52. Informe um código novo para a TAG (seguindo as regras R1 a R7 da seção anterior).
53. Pressione ENTER.
54. Informe se a parada desta TAG AFETA a produção da máquina (sim/não — esta resposta é usada no cálculo de criticidade).
55. Informe o valor de criticidade da TAG (0 a 10), preferencialmente derivado do Algoritmo de Criticidade (Seção 7B).
56. Preencha a descrição amigável.
57. Vincule a TAG à Máquina correspondente.
58. O sistema preencherá automaticamente os campos da aba LOCALIZAÇÃO com base na Máquina.



# MANUAL DE START-UP

59. Salve o cadastro.

## Informações Cadastráveis em uma TAG

- Fotos e imagens da TAG para facilitar identificação e consulta.
- Sintomas que podem ocorrer naquele sistema ou módulo.
- Peças normalmente usadas nas intervenções daquela TAG.
- Pontos de lubrificação relacionados ao componente ou sistema.
- Indicadores da TAG, como disponibilidade, confiabilidade e tempo médio entre falhas.
- Consulta das ordens e programações ligadas àquela TAG.

## 7A.4 Cadastro de Equipamentos (Componentes)

Equipamento é o componente físico específico instalado dentro de uma TAG. É o nível mais detalhado da hierarquia. Exemplo: dentro do sistema elétrico de uma empilhadeira podem existir componentes como motor, bateria e carregador.

Cadastrar equipamentos pode não ser necessário em ativos muito simples, mas costuma ser bastante útil nos mais críticos. Esse detalhamento ajuda a rastrear trocas de componentes, acompanhar vida útil, organizar melhor o histórico e apoiar análises de falha com mais precisão.

### Quando Cadastrar Equipamento?

- Componente é caro o suficiente para ter histórico individual rastreado.
- O componente pode ser trocado e faz sentido acompanhar sua vida útil separadamente.
- O componente possui identificação própria, como número de série.
- Componente impacta diretamente a disponibilidade ou segurança.
- O componente exige rotina própria de inspeção, calibração ou lubrificação.

#### Regra de Bolso

Uma regra prática é a seguinte: se o item é barato, de troca muito rápida e não faz sentido acompanhar seu histórico individual, normalmente basta tratá-lo como peça de estoque. Já componentes mais relevantes, caros ou críticos costumam justificar cadastro como equipamento.

## 7A.5 Cadastro de Famílias (Replicação de Atributos)

Família é o agrupamento de ativos com características parecidas, como modelo, fabricante ou função. Cadastrar famílias antes das máquinas individuais ajuda a reaproveitar informações comuns, como peças, sintomas e planos preventivos, reduzindo tempo de trabalho e mantendo maior padronização.



# MANUAL DE START-UP

## Vantagens de Usar Família

- Reduz o tempo necessário para cadastrar novos ativos parecidos.
- Mantém consistência de dados entre máquinas equivalentes.
- Facilita a criação de planos preventivos para vários ativos parecidos ao mesmo tempo.
- Permite analisar em conjunto os ativos do mesmo tipo ou modelo.

## Passos para Cadastro de Família

60. Informe um código para a Família (ex: FAM-EMP25 = Família Empilhadeira 2.5t) e pressione ENTER.
61. Informe a descrição amigável (ex: Empilhadeira Elétrica 2.5t Toyota Modelo XYZ).
62. Defina se a família será usada para ativos, pessoas ou peças, conforme a organização adotada.
63. Informe a que nível ela se aplica, como máquina, TAG ou equipamento.
64. Defina uma sigla curta para ajudar na identificação dos ativos dessa família.
65. Informe o valor de Criticidade que será padrão para todos os ativos da família.
66. Informe a Prioridade conforme padrões da empresa.
67. Acrescente imagens, peças, sintomas, serviços e planos preventivos comuns à família.
68. Salve e use a função de replicação para reaproveitar informações comuns nos ativos vinculados.

## 7A.6 Cadastro de Ficha Técnica

A ficha técnica reúne as principais informações do ativo, como dados de placa, características operacionais, documentos e referências do fabricante. Quando ela está bem preenchida, o usuário encontra rapidamente o que precisa no sistema, sem depender de papéis, planilhas ou manuais físicos dispersos.

### Itens Recomendados na Ficha Técnica

- Fabricante, modelo, número de série, ano de fabricação.
- Dados técnicos principais do ativo, conforme seu tipo.
- Características operacionais importantes para uso, análise e manutenção.
- Informações físicas como tamanho e peso, quando fizer sentido para o ativo.
- Informações de compra, como data, valor e fornecedor.
- Datas importantes, como instalação, início de operação e garantia.
- Documentos importantes do ativo, como manuais, certificados e contratos.

### Boa Prática

Uma boa prática é preencher a ficha técnica logo que o ativo entra para a empresa ou antes mesmo de começar a operar. Também vale anexar o manual em formato digital, porque isso facilita consultas futuras e evita perda de documentos importantes.



# MANUAL DE START-UP

## 7A.7 Carga Máquina (Turnos de Operação)

A carga máquina registra quanto tempo cada ativo realmente opera, considerando os turnos e a rotina da empresa. Essa informação é importante porque vários indicadores dependem dela para refletir a realidade. Sem esse cadastro, os cálculos podem perder precisão e dificultar comparações confiáveis.

- MTBF (Mean Time Between Failures) — depende do tempo de operação acumulado.
- MTTR (Mean Time To Repair) — depende do tempo de parada efetivo.
- Disponibilidade — depende da razão entre tempo operando e tempo total.
- Confiabilidade — depende do histórico de falhas no período operacional.

Sem a carga máquina bem cadastrada, os indicadores podem ficar distorcidos e perder valor para comparação e tomada de decisão.



# MANUAL DE START-UP

## 7B. Algoritmo de Criticidade, Status Color e Priorização

A criticidade de um ativo ajuda a definir o quanto ele merece atenção, investimento e controle dentro da rotina de manutenção. Em vez de decidir isso apenas por percepção, o SIGMA propõe uma avaliação estruturada, baseada em critérios objetivos. Assim, a empresa consegue priorizar melhor seus esforços e justificar suas decisões com mais clareza.

### Conceito-Chave

Criticidade e prioridade não são a mesma coisa. A criticidade indica o quanto o ativo é importante para a operação ou para o negócio. Já a prioridade mostra a urgência de uma intervenção específica. Um ativo pode ser muito crítico, mas nem toda atividade ligada a ele será urgente no mesmo nível.

### 7B.1 Algoritmo de Criticidade — As 6 Dimensões

O algoritmo de criticidade do SIGMA avalia o ativo a partir de seis dimensões principais. Em conjunto, essas dimensões ajudam a estimar o impacto de uma falha e o nível de atenção que o ativo exige. O resultado final é expresso em uma escala de 0 a 10 e pode servir de base para políticas de manutenção, estoque e priorização.

#	Dimensão	O que avalia	Norma de Referência
1	Segurança e Meio Ambiente	Risco à integridade de pessoas e ao meio ambiente em caso de falha	ISO 45001 / ISO 14001
2	Qualidade e Produtividade	Impacto da falha sobre a qualidade do produto e sobre a produtividade da operação	ISO 9001 / TPM
3	Taxa de Ocupação	Quão intensamente o ativo é utilizado (% do tempo em operação efetiva)	OEE — Overall Equipment Effectiveness
4	Oportunidade de Operação	Existência de equipamentos redundantes ou rotas alternativas de produção	Referência a métodos de decisão usados em manutenção centrada na confiabilidade.
5	Frequência de Quebra	Histórico de quebras do ativo nos últimos 12 a 24 meses	ABNT NBR 5462 / ISO 14224



# MANUAL DE START-UP

#	Dimensão	O que avalia	Norma de Referência
6	Mantenabilidade	Facilidade e tempo necessário para diagnosticar e reparar o ativo	Referência técnica ligada à facilidade de manutenção e reparo.

## Detalhamento de Cada Dimensão

Para aplicar bem o algoritmo de criticidade, é importante entender o que cada dimensão quer dizer na prática. A seguir, cada uma delas é explicada de forma mais simples, com foco no uso real dentro da manutenção.

- 1. Segurança e meio ambiente:** avalia o dano que uma falha pode causar a pessoas, instalações ou ao ambiente. Exemplo: um ativo que pode provocar choque elétrico, vazamento perigoso ou acidente grave tende a receber nota mais alta nessa dimensão.
- 2. Qualidade e produtividade:** mede o impacto da falha no resultado da operação. Se a parada do ativo reduz produção, gera retrabalho, refugo ou perda de qualidade, a nota tende a ser mais alta.
- 3. Taxa de ocupação:** mostra o quanto o ativo é exigido na rotina. Quanto mais tempo ele opera e quanto menos folga existe na utilização, maior tende a ser seu peso na criticidade.
- 4. Oportunidade de operação:** analisa se existe alternativa quando o ativo falha. Se houver equipamento reserva, redundância ou possibilidade de desviar a produção, a criticidade pode cair. Se não houver substituto, ela tende a subir.
- 5. Frequência de quebra:** considera quantas falhas o ativo já apresentou no período analisado. Equipamentos que quebram com frequência costumam exigir prioridade maior de atenção e ação preventiva.
- 6. Manutenibilidade:** mede a facilidade de reparar o ativo. Quando o diagnóstico é difícil, o acesso é ruim, a peça é rara ou o reparo demora muito, essa dimensão tende a aumentar a criticidade.

## 7B.2 Cálculo da Criticidade e Escala Resultante



# MANUAL DE START-UP

Depois de considerar as diferentes dimensões avaliadas, o SIGMA gera um valor único de criticidade. Esse valor ajuda a classificar o ativo e a orientar decisões práticas, como o tipo de manutenção mais indicado e o nível de atenção que ele deve receber.

Faixa	Classificação	Tipo de Manutenção Recomendada	Política de Estoque
0,0 - 3,0	BAIXA — Ativos não críticos	Corretiva planejada (run-to-failure controlado)	Sem estoque dedicado de sobressalentes
3,1 - 6,0	MÉDIA — Ativos importantes	Preventiva por tempo ou ciclo	Estoque mínimo de sobressalentes essenciais
6,1 - 8,0	ALTA — Ativos críticos	Preventiva + Preditiva (vibração, termografia)	Estoque completo de sobressalentes críticos
8,1 - 10,0	MUITO ALTA — Ativos estratégicos	Preditiva + Monitoramento Online + RCM2	Sobressalentes em estoque + ativo reserva (cold/hot standby)

## Atenção

A criticidade não deve ser definida apenas por uma única área. O ideal é que a avaliação envolva representantes de manutenção, produção, qualidade e segurança, porque cada grupo enxerga impactos diferentes. Isso torna a classificação mais equilibrada e mais aceita por toda a organização.

## 7B.3 Passo a Passo — Executando o Algoritmo de Criticidade no SIGMA

69. Reúna o grupo multidisciplinar (Produção, Qualidade, SMS, Manutenção).
70. Acesse a área do sistema destinada à análise de criticidade.
71. Selecione a máquina (ou TAG) que será avaliada.
72. Para cada dimensão, responda às perguntas usando as opções definidas no sistema.
73. O sistema calcula a criticidade e sugere o nível de atenção e a abordagem de manutenção mais adequada.
74. Revise o resultado em grupo. Se houver consenso, salve.
75. O valor de criticidade é gravado no cadastro da máquina (campo Criticidade).



# MANUAL DE START-UP

76. Esse valor passa a apoiar a priorização das ordens, solicitações e planos de manutenção.

## Boa Prática

Vale revisar a criticidade dos ativos periodicamente ou sempre que houver mudanças relevantes no parque, no processo ou nas exigências da empresa. A criticidade não deve ser tratada como algo definido uma única vez e nunca mais revisto.






## 7B.4 Status Color — Código de Cores de Priorização da OS

O Status Color é a forma visual que o SIGMA usa para mostrar a prioridade das ordens de serviço. Em vez de depender apenas de leitura detalhada, o usuário consegue identificar rapidamente o nível de urgência por meio de cores. Isso facilita a organização da rotina e a tomada de decisão no dia a dia.

### Configurando o Cálculo de Peso da OS

77. Acesse a área de parâmetros usada para configurar as ordens de serviço.
78. Abra a parte do sistema onde se definem os pesos e faixas de prioridade.
79. Defina quais fatores entram no cálculo da prioridade, como criticidade, tipo de OS, urgência e tempo de espera.
80. Associe cada faixa de peso a uma cor para facilitar a leitura da prioridade.
81. Salve. A partir de agora, todas as novas OSs receberão automaticamente uma cor com base no cálculo.

### Exemplo de Faixas Recomendadas (Status Color)

Faixa de Peso	Cor	Significado Operacional	Ação Esperada
0 - 24	 Verde	Prioridade Baixa	Programar em janela livre, sem urgência
25 - 49	 Amarelo	Prioridade Média	Executar dentro da semana
50 - 74	 Laranja	Prioridade Alta	Executar dentro de 48 horas
75 - 99	 Vermelho	Crítica	Executar dentro de 24 horas, mobilizar equipe
100 - 120	 Vermelho Esc.	Emergencial	Atendimento imediato, paralisar outras OSs



# MANUAL DE START-UP

## Como o SIGMA Usa o Status Color

Na prática, o sistema usa essas cores para organizar listas de ordens, destacar prioridades no aplicativo e facilitar a leitura rápida em painéis e impressões. Assim, a equipe entende mais rapidamente o que precisa de atenção primeiro.

## 7B.5 Fluxo de Cálculo da Prioridade da OS

O fluxo abaixo mostra como o SIGMA junta as informações cadastradas para chegar à prioridade final de cada ordem de serviço e, por consequência, à cor exibida no sistema.

82. Primeiro, o sistema parte do cadastro correto do ativo e de sua estrutura.
83. Depois, considera a criticidade já definida para o ativo.
84. Também leva em conta o tipo da ordem de serviço e a prioridade atribuída.
85. A solicitação é aberta com o ativo, o problema percebido e a urgência informada por quem registrou.
86. Se necessário, a equipe aplica a matriz GUT para refinar a urgência da ordem de serviço.
87. Após análise e aprovação, a solicitação se transforma em ordem de serviço.
88. O sistema junta as informações principais e calcula a prioridade final da ordem.
89. Por fim, o sistema atribui a cor da prioridade conforme as regras configuradas.
90. A equipe passa a organizar a execução respeitando essa ordem de prioridade.

## 7B.6 Matriz GUT — Gravidade, Urgência, Tendência

A matriz GUT é uma ferramenta simples para ajudar a ordenar problemas quando várias demandas parecem importantes ao mesmo tempo. Ela avalia três pontos: gravidade, urgência e tendência de piora. Assim, a equipe consegue decidir com mais critério o que deve ser tratado primeiro.

### As 3 Dimensões da GUT

Antes de atribuir notas, vale entender o significado de cada letra da GUT. A ferramenta fica mais útil quando todos usam o mesmo critério ao avaliar uma situação.

**Gravidade:** mede o tamanho do impacto do problema. Quanto maior o dano potencial para segurança, custo, produção ou qualidade, maior a gravidade.

**Urgência:** mostra quão rápido é preciso agir. Um problema pode ser grave, mas não necessariamente exigir ação imediata; a urgência ajuda a separar essas situações.



# MANUAL DE START-UP

**Tendência:** indica o quanto o problema deve piorar com o tempo se nada for feito. Quanto mais rápido ele se agrava, maior tende a ser a nota.

## Escala de Pontuação GUT

Pontos	Gravidade	Urgência	Tendência
5	Extremamente grave	Ação imediata necessária	Se nada for feito, piora rapidamente
4	Muito grave	Precisa de ação rápida	Vai piorar em curto prazo
3	Grave	Importante mas com prazo	Vai piorar em médio prazo
2	Pouco grave	Pode esperar um pouco	Vai piorar a longo prazo
1	Sem gravidade	Não tem urgência	Não vai piorar / pode melhorar sozinho

O resultado da GUT é obtido multiplicando gravidade, urgência e tendência. Quanto maior o valor final, maior a necessidade de atenção. O SIGMA pode usar esse resultado como parte do cálculo da prioridade da ordem de serviço.

### Quando Usar GUT

A GUT é especialmente útil quando existem muitas ordens importantes ao mesmo tempo, quando a empresa precisa priorizar projetos de melhoria ou quando é necessário decidir por onde começar novas iniciativas de manutenção.

## 7B.7 Integração: Criticidade → Tagueamento → OS → Indicadores

O maior ganho aparece quando cadastro de ativos, criticidade, ordens de serviço e indicadores funcionam de forma integrada. Quando essas partes conversam entre si, o sistema deixa de ser apenas um local de registro e passa a apoiar decisões operacionais e gerenciais com mais segurança.

- Priorização visual de OSs por cor (Status Color), sem dependência da memória do gestor.
- Geração automática de OSs preventivas em ativos com criticidade  $\geq 6,0$ .
- Alertas e escalonamentos automáticos para OSs vermelhas/emergenciais não atendidas no prazo.
- Dashboards gerenciais com indicadores agregados por nível de criticidade.
- Comparação de MTBF e MTTR entre ativos parecidos para identificar oportunidades de melhoria.
- Decisões objetivas de investimento em sobressalentes (estoque alinhado à criticidade).



# MANUAL DE START-UP

- Subsídios para decisões de substituição de ativos (substituir ou continuar mantendo?).

## **Mensagem Final desta Seção**

Quando a empresa organiza bem seus ativos, define criticidade de forma consistente e usa prioridades visuais de maneira padronizada, a manutenção ganha mais clareza, rastreabilidade e capacidade de decisão. Em outras palavras, o sistema passa a apoiar uma gestão mais madura e baseada em evidências.



# MANUAL DE START-UP

## 7C. Fluxos e Organogramas de PCM

Esta seção reúne três diagramas que ajudam a visualizar como o PCM funciona dentro do SIGMA. Eles complementam os textos explicativos e servem como apoio rápido para gestores, planejadores, consultores e novos usuários durante a implantação e a rotina de uso.

Os três diagramas trabalham em camadas complementares:

- Diagrama 1 — Panorama Geral Básico: a visão estratégica do PCM, com todos os atores e fluxos macro do sistema.
- Diagrama 2 — Hierarquia Entre Cadastros: a visão técnica da estrutura de dados, mostrando como cada cadastro depende dos demais.
- Diagrama 3 — DFC (Diagrama de Fluxo de Cadastramento): a sequência prática de implantação, em 4 fases, do mais básico ao mais avançado.

### Como Usar Estes Diagramas

Esses diagramas podem ser usados como material de apoio em treinamentos, reuniões e na organização visual da equipe de PCM. A ideia é facilitar consultas rápidas e ajudar as pessoas a entenderem melhor como os processos se conectam dentro do sistema.

### 7C.1 Diagrama 1 — Panorama Geral Básico do PCM

Este diagrama apresenta uma visão geral do PCM. Ele mostra como solicitantes, mantenedores, gestores, ativos, peças, fornecedores, departamentos e indicadores se relacionam dentro do SIGMA. É um bom ponto de partida para entender o funcionamento do sistema antes de entrar em detalhes de cada módulo.

FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

Panorama Geral - Básico

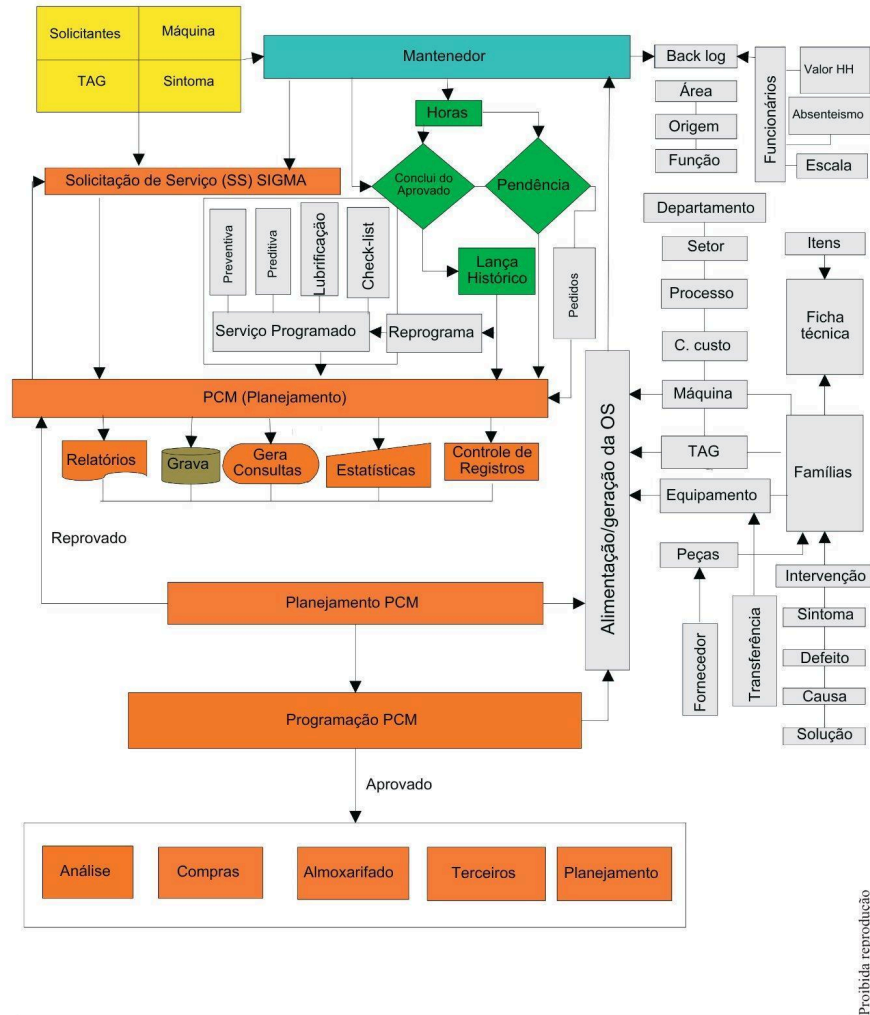


Figura 7C.1 — Panorama Geral Básico do PCM no SIGMA (fonte: Rede Industrial)

## Leitura do Diagrama (da esquerda para a direita, de cima para baixo)

A leitura pode ser feita acompanhando os principais elementos que entram na solicitação inicial e depois observando como eles avançam pelo processo.

- SOLICITANTES — quem percebe e reporta o problema (operador, supervisor, qualquer usuário cadastrado).
- MÁQUINA — o ativo onde ocorreu o problema (vinculado ao cadastro feito conforme Seção 7A).



# MANUAL DE START-UP

- TAG — a localização específica do problema dentro da máquina (sistema/módulo).
- SINTOMA — a manifestação observada (ruído, vazamento, parada, desvio de qualidade etc.).

Esses quatro elementos alimentam a Solicitação de Serviço (SS), que é a porta de entrada da demanda de manutenção. Depois disso, o PCM analisa a solicitação e decide se ela deve seguir, ser ajustada ou ser tratada de outra forma.

Depois que a ordem é liberada, o mantenedor executa o serviço e registra no sistema as principais informações da intervenção.

91. Registra as horas trabalhadas na execução do serviço.
92. Define se o serviço foi concluído ou se ficou alguma pendência.
93. Se conclui, o sistema registra o histórico da intervenção.
94. Se houver pendência, o processo volta para análise, aprovação ou espera de material.

## Fluxos Periféricos Importantes

**Peças e fornecedores:** quando a execução exige material, o fluxo se conecta ao cadastro de peças, fornecedores e compras. Isso garante rastreabilidade e ajuda a evitar imprevistos na manutenção.

**Custos e centro de custo:** cada intervenção pode ser associada a custos de mão de obra, material e serviço externo. Isso permite acompanhar quanto a manutenção consome e onde esse gasto acontece.

**Histórico técnico:** tudo o que é registrado nas ordens de serviço forma uma memória do ativo. Esse histórico é essencial para entender padrões de falha, apoiar diagnósticos futuros e melhorar decisões de manutenção.

**Indicadores e gestão:** depois que os dados entram no sistema, eles passam a alimentar relatórios, dashboards e análises. É essa ligação que transforma o registro operacional em apoio real à tomada de decisão.

### Insight Estratégico

O ponto central do diagrama é a geração da ordem de serviço. É ela que conecta os cadastros com a operação real. Por isso, se ativos, peças, intervenções e equipes não estiverem bem organizados antes, todo o restante do fluxo perde qualidade e confiabilidade.



# MANUAL DE START-UP

## Aplicação Prática

- Use este diagrama na reunião de kick-off para alinhar as áreas envolvidas na implantação.
- Em treinamentos de mantenedores, foque na parte central do diagrama, onde aparecem execução, horas, pendências e histórico.
- Nos treinamentos de solicitantes, destaque apenas a parte ligada à abertura da solicitação.
- Nos treinamentos de mantenedores, destaque a parte da execução, horas, pendências e histórico.
- Nos treinamentos de gestores, apresente o diagrama completo com foco na visão geral e nos principais desdobramentos da ordem.

# MANUAL DE START-UP

## 7C.2 Diagrama 2 — Hierarquia Entre Cadastros

Enquanto o Diagrama 1 mostra o fluxo da operação, o Diagrama 2 ajuda a entender como os cadastros se conectam e dependem uns dos outros. Ele é especialmente útil para quem organiza a implantação, prepara integrações ou revisa a base de dados do sistema.

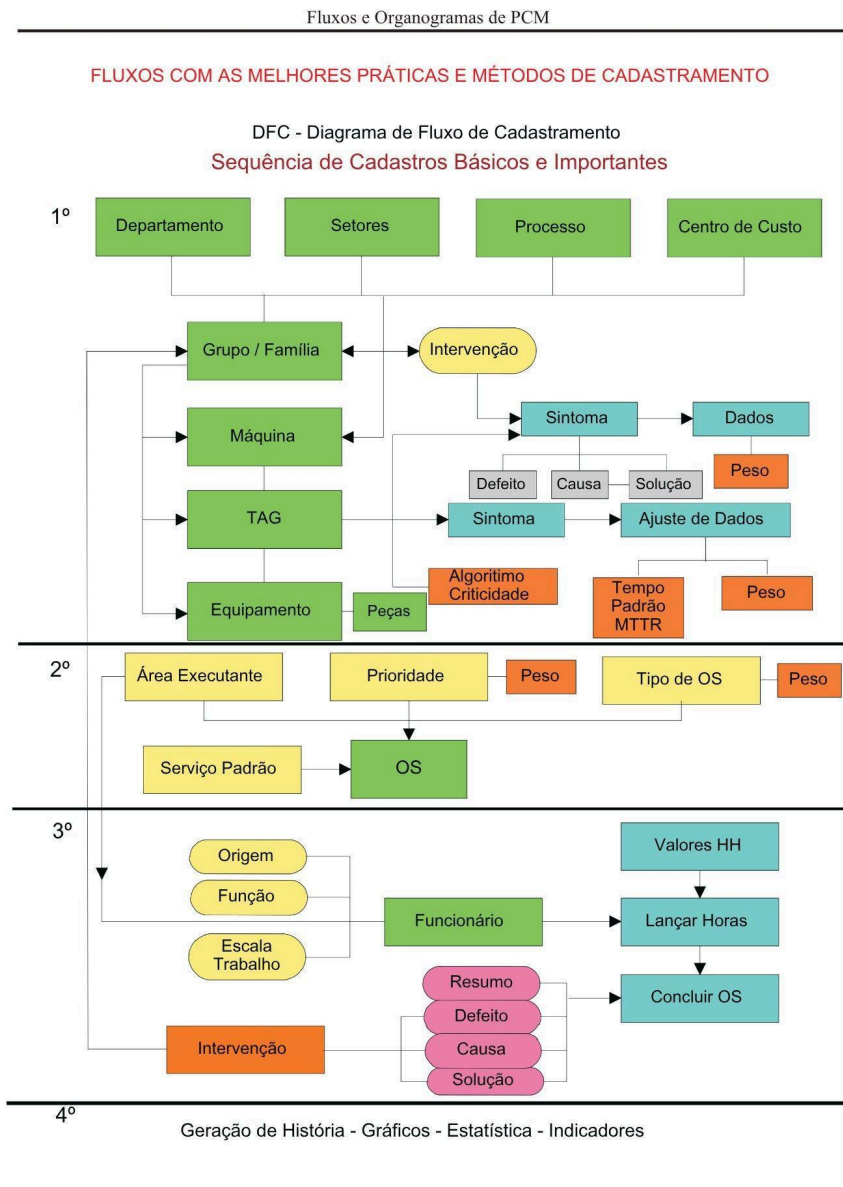


Figura 7C.2 — Hierarquia Entre Cadastros do SIGMA (fonte: Rede Industrial)

### As 4 Famílias Lógicas do Diagrama



# MANUAL DE START-UP

Para facilitar o entendimento, o diagrama agrupa os cadastros em quatro blocos principais, cada um com uma função dentro da operação.

**1. Estrutura física dos ativos:** reúne máquinas, TAGs, equipamentos, famílias e demais elementos usados para localizar e descrever tecnicamente os ativos.

**2. Estrutura humana e operacional:** envolve funcionários, equipes, funções, tempos de trabalho e demais elementos ligados à execução das atividades de manutenção.

**3. Estrutura de conhecimento técnico:** inclui sintomas, defeitos, causas, soluções, intervenções e dados que ajudam a padronizar diagnósticos e respostas.

**4. Estrutura administrativa e de apoio:** reúne fornecedores, peças, custos, centros de custo e demais cadastros que dão suporte financeiro e logístico à manutenção.

Alguns cadastros têm papel central porque conectam diferentes partes do sistema e ajudam a transformar dados isolados em gestão integrada.

## Pontos de Convergência (Atenção Especial)

- O histórico reúne informações do ativo, da equipe e da execução, servindo de base para análises futuras.
- A ordem de serviço é o ponto em que cadastro, equipe e execução se encontram na prática.
- Família e ficha técnica ajudam a reaproveitar informações e manter padronização entre ativos parecidos.
- O cadastro de fornecedor ajuda a rastrear a origem de peças e componentes usados na manutenção.
- Os custos consolidados ajudam a entender o impacto financeiro da manutenção.

### Insight Estratégico

Este diagrama ajuda a entender por que a ordem dos cadastros faz tanta diferença. Antes de operar bem o sistema, é preciso estruturar a base de dados principal. Só depois disso a abertura e a gestão das ordens de serviço passam a funcionar com consistência.

## Aplicação Prática

- Use este diagrama como lista de verificação dos cadastros básicos antes de liberar o sistema para uso.
- Em projetos de migração, ele ajuda a definir a ordem correta de carga dos dados.
- Em auditorias internas, o diagrama ajuda a mostrar como a empresa organiza dados, ativos e processos de manutenção.
- As equipes de TI podem usá-lo para entender a lógica da base antes de implementar integrações.



# MANUAL DE START-UP

# MANUAL DE START-UP

## 7C.3 Diagrama 3 — DFC: Sequência Prática de Cadastramento (4 Fases)

O DFC, ou Diagrama de Fluxo de Cadastramento, mostra uma sequência prática para implantar o SIGMA de forma organizada. Ele divide o processo em quatro fases, começando pela base estrutural e avançando até a etapa em que o sistema já consegue gerar informações úteis para gestão.

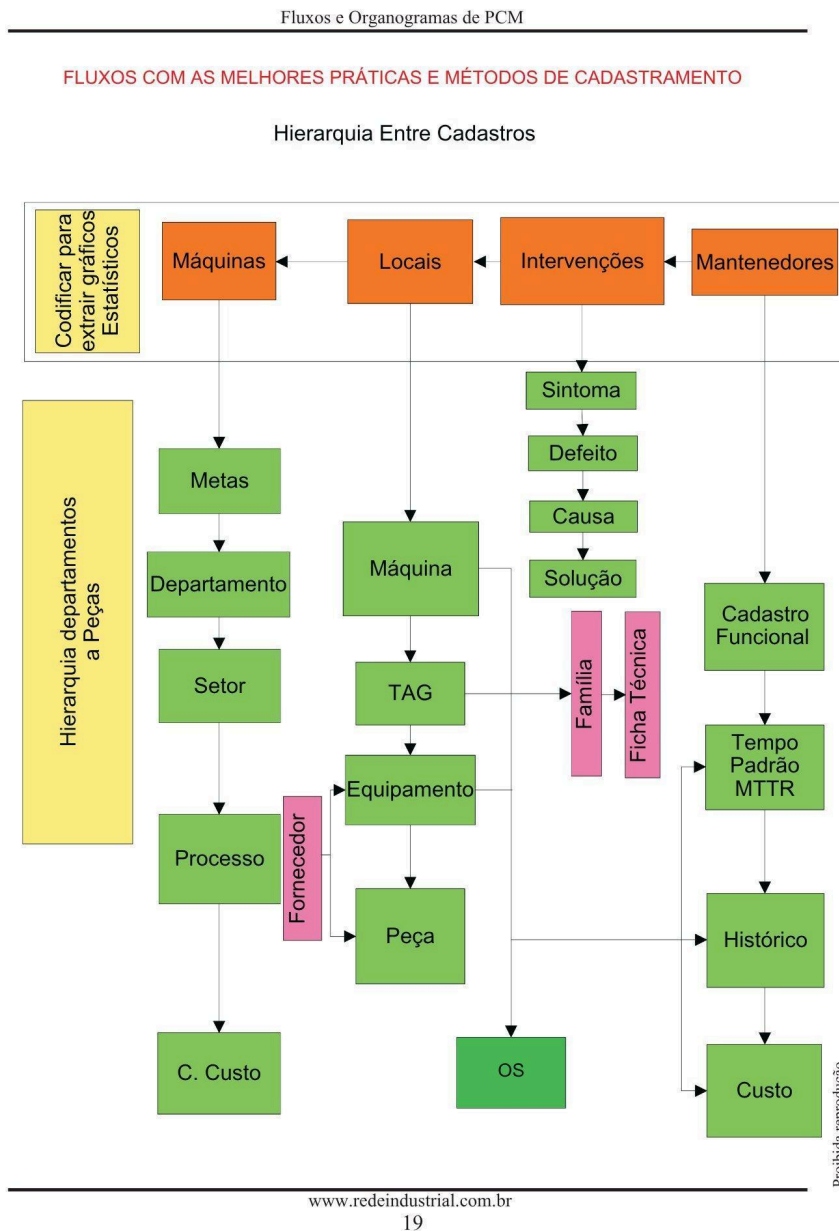


Figura 7C.3 — DFC: Diagrama de Fluxo de Cadastramento (fonte: Rede Industrial)



# MANUAL DE START-UP

## Fase 1 — Cadastros Estruturais (Topo do Diagrama)

Esta é a fase de base da implantação. Nela são cadastradas as estruturas principais sem as quais o restante do sistema não funciona bem. Por isso, antes de avançar para as próximas etapas, essa parte precisa estar consistente.

95. Cadastro da estrutura organizacional, como departamentos, setores, processos e centros de custo.
96. Cadastro de grupos e famílias para reunir ativos com características parecidas.
97. Cadastro do conhecimento técnico usado para diagnóstico, como sintomas, defeitos, causas e soluções.
98. PEÇAS — vinculadas a Equipamentos via cadastro de Fornecedor.
99. Cadastro das peças e vínculo com equipamentos e fornecedores.
100. Aplicação do algoritmo de criticidade para definir o nível de atenção de cada ativo.
101. Definição das pontuações usadas para ajudar no cálculo de prioridade.
102. Ajuste dos tempos esperados de reparo e dos pesos usados nas análises e priorizações.

### Atenção — Erro Comum

Um erro comum é tentar começar a usar o sistema antes que os cadastros básicos estejam prontos. Quando isso acontece, surgem ordens de serviço mal vinculadas, sintomas sem padrão e indicadores pouco confiáveis. Em termos simples: se a base não estiver organizada, o restante do processo perde qualidade.

## Fase 2 — Cadastros de Apoio à OS (Faixa do Meio Superior)

Depois de organizar a base, a implantação avança para os cadastros que sustentam a emissão padronizada das ordens de serviço. Aqui entram definições que ajudam o sistema a tratar cada demanda com mais consistência e prioridade adequada.

103. Definição das áreas ou equipes responsáveis pela execução dos serviços.
104. Definição das prioridades da ordem de serviço e dos pesos usados no cálculo da urgência.
105. Definição dos tipos de ordem de serviço, como corretiva, preventiva, preditiva e inspeção.
106. Cadastro de serviços padrão para agilizar atividades recorrentes.
107. Geração da ordem de serviço já com as informações básicas corretamente organizadas.

## Fase 3 — Cadastros Operacionais (Faixa do Meio Inferior)

Com as ordens de serviço já em uso, a Fase 3 concentra os cadastros e registros ligados à execução e ao fechamento das atividades.

108. Cadastro de informações básicas da equipe, como função, origem e escala de trabalho.
109. Definição dos custos de mão de obra usados nas análises do sistema.
110. Registro do tempo efetivamente gasto na execução da ordem.



# MANUAL DE START-UP

111. Registro da intervenção com problema observado, causa identificada e solução aplicada.
112. Resumo final da execução para alimentar o histórico e apoiar análises futuras.
113. Encerramento da ordem para liberar o uso das informações em relatórios e indicadores.

## Fase 4 — Geração de Histórico, Indicadores e Estatísticas (Base do Diagrama)

A quarta fase não trata de novos cadastros, mas dos resultados que passam a ser gerados quando as etapas anteriores estão bem alimentadas.

- Histórico completo por ativo (todas as intervenções, peças, tempos, custos).
- Gráficos e indicadores gerenciais para acompanhar falhas, tempo de reparo, disponibilidade e pendências.
- Informações para apoiar decisões como manter, substituir, reforçar equipe ou treinar pessoas.
- Indicadores de desempenho da manutenção e da confiabilidade dos ativos.

### Estimativa de Cronograma

Em uma implantação bem conduzida, as fases podem avançar em paralelo parcial, mas a lógica principal deve ser respeitada. Em termos simples: primeiro se organiza a base, depois se padroniza a emissão das ordens, em seguida se estrutura a execução e, por fim, o sistema começa a entregar indicadores confiáveis. Essa sequência reduz retrabalho e acelera a maturidade do uso.

## Aplicação Prática

- Use este diagrama como referência para planejar a implantação.
- Marque o andamento de cada fase para facilitar a gestão visual do projeto.
- Apresente este diagrama nas reuniões de acompanhamento da implantação.
- Use-o em treinamentos de líderes e gestores para mostrar a evolução da implantação.
- Em avaliações de maturidade, o diagrama ajuda a mostrar o estágio atual da implantação.

## 7C.4 Síntese Integrada — Os Três Diagramas Trabalhando Juntos

Os três diagramas se complementam. Juntos, eles ajudam a entender a visão geral, a estrutura dos dados e a sequência prática de implantação e uso.

Diagrama	Camada	Público	Quando Usar
1 — Panorama Geral	ESTRATÉGICA: o que entra, o que sai, quem faz o quê	Gestores, alta administração, kick-off de projeto	Reuniões de alinhamento e visão executiva



# MANUAL DE START-UP

Diagrama	Camada	Público	Quando Usar
2 — Hierarquia	TÉCNICA: estrutura de dados e dependências entre cadastros	Consultor, TI, líder PCM, auditor	Modelagem, integrações, auditorias, migrações
3 — DFC (4 Fases)	OPERACIONAL: ordem prática de execução da implantação	Equipe de implantação, líder PCM, project manager	Cronograma, milestones, treinamento de novos usuários

## Mensagem Final desta Seção

Estes três diagramas são patrimônio intelectual da Rede Industrial e refletem mais de duas décadas de aprendizado em implantações reais. Quando bem assimilados, eles transformam o usuário do SIGMA em um agente consciente da arquitetura completa do sistema — e não apenas em um operador de telas. A recomendação é REVISITAR estes três diagramas a cada 6 meses, sempre revendo o que evoluiu na implantação e o que ainda precisa ser maturado.



# MANUAL DE START-UP

## 7D. Visão Estratégica do PCM — Fluxos de Gestão

Os 10 diagramas desta seção mostram a VISÃO ESTRATÉGICA do PCM (Planejamento e Controle de Manutenção). Eles vão além das telas do SIGMA e abordam o pensamento gerencial que sustenta toda a operação de manutenção: como organizar tarefas, como construir calendários, como padronizar, como conduzir a mudança organizacional necessária à implantação de um PCM maduro. Estes diagramas representam o conhecimento acumulado em décadas de implantações pela Rede Industrial e espelham as melhores práticas mundiais — TPM (Total Productive Maintenance), RCM2 (Reliability Centered Maintenance), TQC (Total Quality Control) e teoria comportamental de mudança organizacional (Hersey-Blanchard).

### Como Usar Esta Seção

Diferente da Seção 7C (Fluxos Operacionais do SIGMA), esta seção responde a perguntas DE GESTÃO: "Quais são meus objetivos como PCM?", "Como construo um calendário anual?", "Como conduzo a mudança cultural durante a implantação?". É indicada para gerentes, líderes do PCM, coordenadores de manutenção e consultores de implantação. Pode também servir de material de apoio para cursos internos de pós-graduação ou MBA em Gestão de Manutenção.

### 7D.1 Diagrama 1 — Visão Sistemática das Tarefas de Manutenção

Este diagrama apresenta os QUATRO GRANDES OBJETIVOS que todo PCM maduro deve perseguir simultaneamente. É o ponto de partida estratégico — sem clareza sobre esses objetivos, a manutenção fica reativa e dispersa. Cada um dos quatro objetivos se desdobra em sub-tarefas práticas listadas na coluna central, e essas por sua vez se desdobram em técnicas operacionais (coluna direita).

## FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

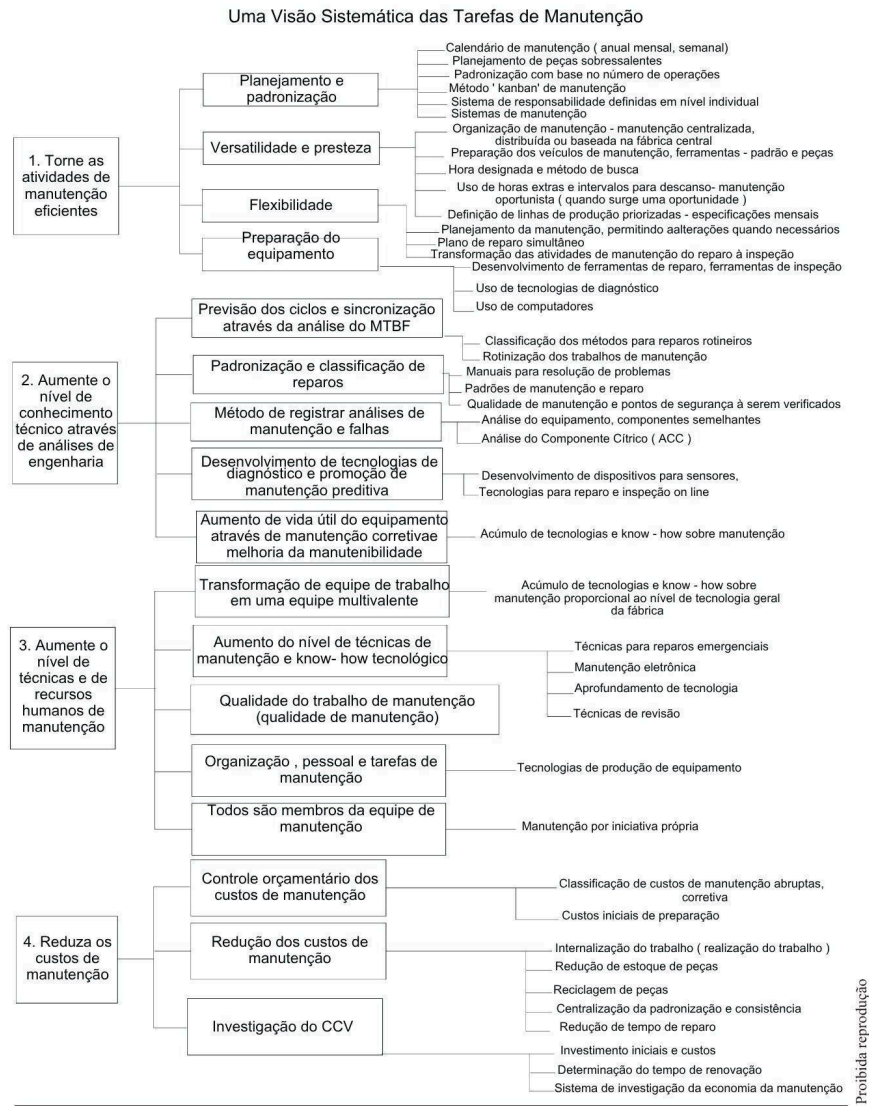


Figura 7D.1 — Visão Sistemática das Tarefas de Manutenção (fonte: Rede Industrial)

## Os 4 Objetivos Estratégicos do PCM



# MANUAL DE START-UP

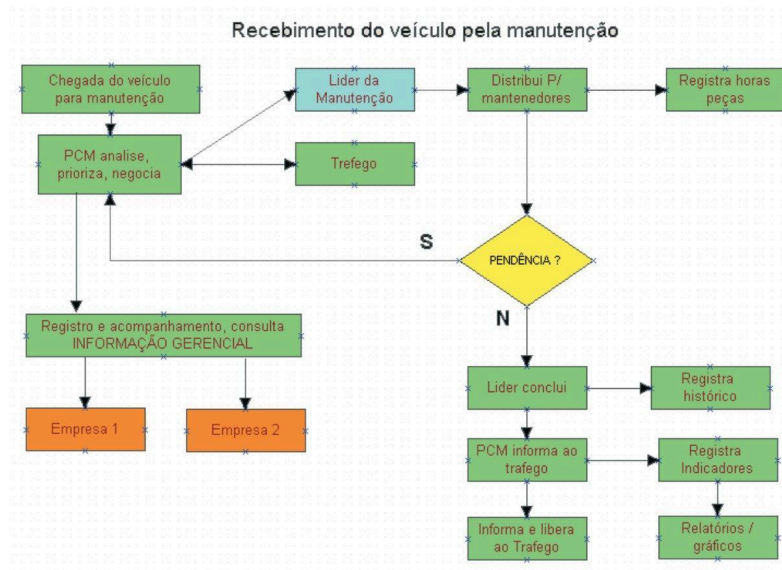
## Insight Estratégico

Os 4 objetivos NÃO são independentes — eles se reforçam. Aumentar conhecimento técnico (Obj. 2) viabiliza ganhos de eficiência (Obj. 1); equipe melhor preparada (Obj. 3) executa com qualidade e reduz custos (Obj. 4). Um PCM imaturo costuma focar apenas no Objetivo 4 (reduzir custos) e termina sacrificando os outros — resultado: custos sobem por quebras imprevisíveis. PCMs maduros equilibram os 4.

## 7D.2 Diagrama 2 — Fluxo Prático: Recebimento do Veículo pela Manutenção

Este diagrama exemplifica, em um caso CONCRETO (manutenção de frota), todo o ciclo de uma OS: da chegada do veículo até a geração de relatórios e indicadores. Embora o exemplo seja de frota, o fluxo se aplica a qualquer ativo industrial — basta substituir "veículo" pelo seu equivalente (máquina, motor, bomba).

FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM



Proibida reprodução

Figura 7D.2 — Recebimento do Veículo pela Manutenção (fonte: Rede Industrial)

## Sequência de Etapas

114. CHEGADA do veículo para manutenção (gatilho do fluxo).
115. PCM analisa, prioriza e negocia com o Líder da Manutenção.
116. Líder DISTRIBUI a tarefa para os mantenedores apropriados.
117. Mantenedores executam e REGISTRAM horas e peças (lançamento real-time).
118. Decisão (losango amarelo): EXISTE PENDÊNCIA?
119. Se SIM (pendência) — retorna para PCM analisar (loop de tratativa).



# MANUAL DE START-UP

120. Se NÃO — Líder CONCLUI a OS e REGISTRA HISTÓRICO.
121. PCM INFORMA AO TRÁFEGO e libera o veículo para operação.
122. Sistema REGISTRA INDICADORES e gera RELATÓRIOS/GRÁFICOS gerenciais.
123. Acompanhamento paralelo: Registro/Consulta de INFORMAÇÃO GERENCIAL pode ser feito a qualquer momento pelas Empresas 1 e 2 (estrutura multi-empresa).

## Aplicação Universal

Este fluxo, com pequenas adaptações de nomenclatura, é a SEQUÊNCIA-PADRÃO de qualquer atendimento de manutenção: Recepção → Análise/Priorização → Distribuição → Execução → Decisão de Pendência → Conclusão → Registro → Indicadores. Vale para frotas (caminhões, empilhadeiras, veículos), para máquinas fixas (prensa, injetora), para utilidades (compressor, bomba) e para predial (ar-condicionado, iluminação).

## 7D.3 Diagrama 3 — Sistema Operacional para Calendário de Manutenção

Como nasce um Calendário Anual de Manutenção? Este diagrama responde a essa pergunta. Ele mostra as QUATRO FASES sucessivas que permitem construir, ajustar e implementar o calendário: Coleta de informações, Ajustes, Planejamento, e Implementação/Verificação. Note que o lado esquerdo do diagrama (faixa vertical) indica claramente cada uma dessas fases.

## FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

Um sistema Operacional para um Calendário de Manutenção

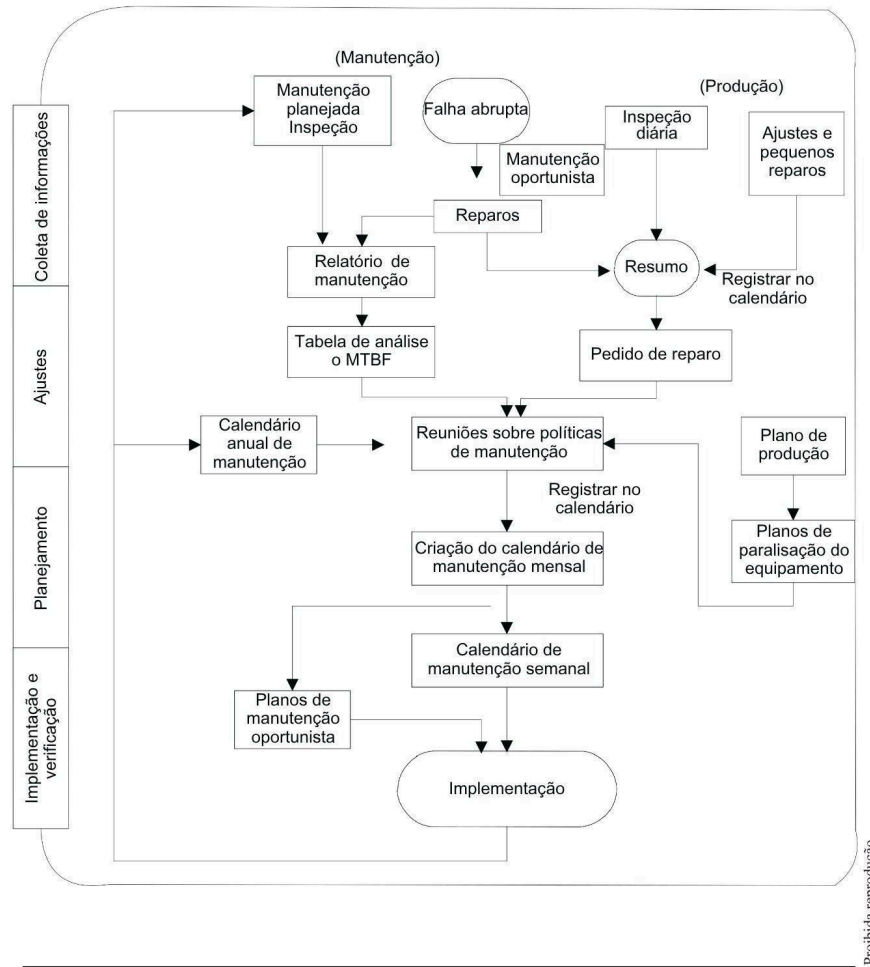


Figura 7D.3 — Sistema Operacional para Calendário de Manutenção (fonte: Rede Industrial)

### As 4 Fases do Calendário



# MANUAL DE START-UP

## **Boa Prática**

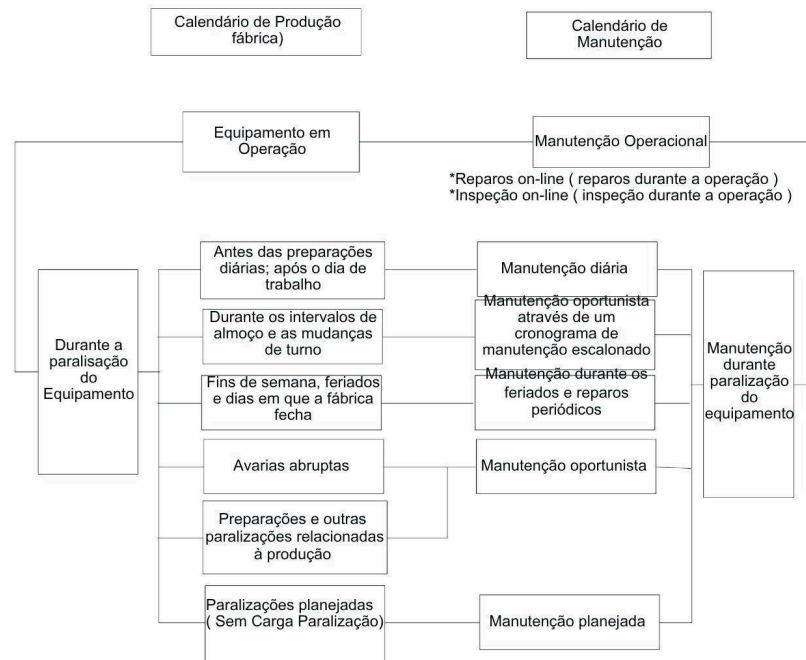
O Calendário Anual deve ser construído em REUNIÃO INTERDISCIPLINAR (Manutenção + Produção + Qualidade + Comercial) no último trimestre do ano anterior. Reuniões trimestrais de revisão garantem aderência. NÃO trate o calendário como documento estático — é uma ferramenta VIVA que se ajusta conforme o realizado.

## **7D.4 Diagrama 4 — Calendário da Produção e Manutenção**

Como CONCILIAR o calendário de produção com o calendário de manutenção? Este diagrama responde mostrando como cada estado do equipamento mapeia para um tipo específico de manutenção. É um "mapa de janelas de oportunidade" — toda parada (programada ou não) é uma chance de manutenção, se for bem aproveitada.

## FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

### Calendário da Produção e Manutenção



Proibida reprodução

www.redeindustrial.com.br

9

Figura 7D.4 — Calendário da Produção e Manutenção (fonte: Rede Industrial)

### Janelas de Manutenção

- EQUIPAMENTO EM OPERAÇÃO → Manutenção Operacional (reparos e inspeções on-line, durante a operação).
- ANTES das preparações diárias / APÓS o dia de trabalho → Manutenção Diária.
- INTERVALOS de almoço / mudanças de turno → Manutenção Oportunista (cronograma escalonado).



# MANUAL DE START-UP

- FINS DE SEMANA, FERIADOS, fábrica fechada → Manutenção durante feriados e reparos periódicos.
- AVARIAS ABRUPTAS → Manutenção Oportunista (aproveita-se a quebra para verificar itens correlatos).
- PREPARAÇÕES e paralisações relacionadas à produção → janela combinada produção/manutenção.
- PARALISAÇÕES PLANEJADAS (Sem Carga, Sem Paralisação programada) → Manutenção Planejada (a mais nobre).

## **Cultura TPM (Total Productive Maintenance)**

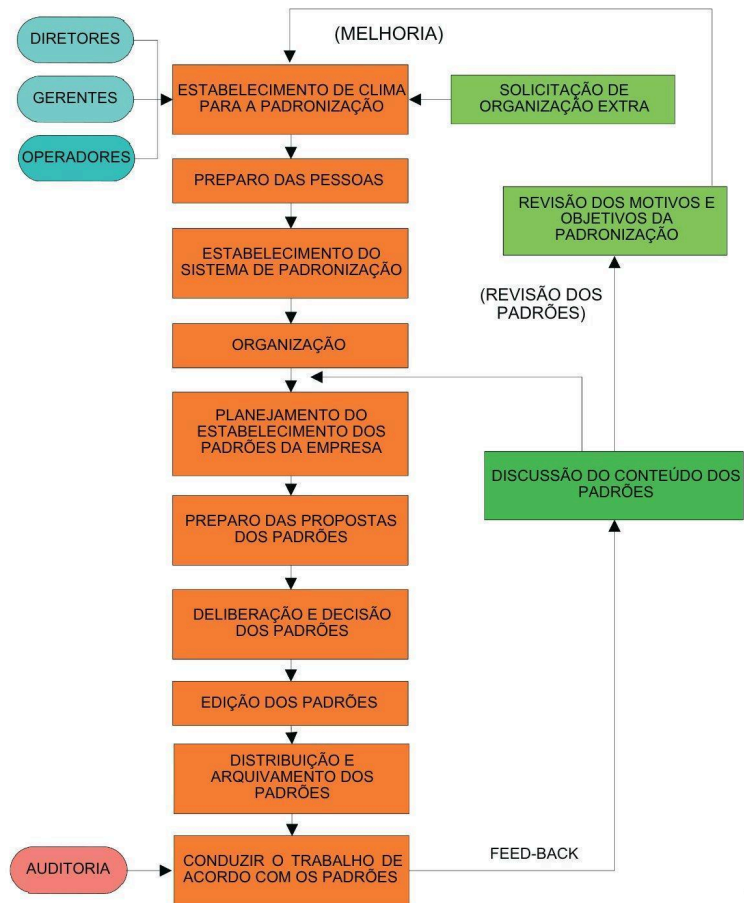
O grande princípio do TPM japonês é: TODO tempo de inatividade do equipamento é uma OPORTUNIDADE de manutenção. PCMs maduros têm protocolos pré-cadastrados no SIGMA para cada tipo de janela. Quando o equipamento para por almoço, há uma OS leve já pronta para o mantenedor executar.

## **7D.5 Diagrama 5 — Procedimentos para a Padronização na Manutenção**

Padronização é o que separa uma manutenção amadora de uma manutenção de classe mundial. Este diagrama mostra o PROCESSO COMPLETO de criação de padrões internos do PCM, desde o estabelecimento do clima organizacional até a auditoria de cumprimento. É baseado nos princípios de TQC (Total Quality Control) de Kaoru Ishikawa, adaptados ao contexto da manutenção.

## FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

### Procedimentos para a Padronização na Manutenção



www.redeindustrial.com.br

10

Proibida reprodução

Figura 7D.5 — Procedimentos para a Padronização na Manutenção (fonte: Rede Industrial)

## As 9 Etapas da Padronização

124. ESTABELECIMENTO DE CLIMA PARA A PADRONIZAÇÃO — envolvimento de DIRETORES, GERENTES e OPERADORES (lado esquerdo, em azul). Sem esse "clima", qualquer padrão falha por falta de adesão.
125. PREPARO DAS PESSOAS — treinamento conceitual sobre POR QUE padronizar (não apenas como).



# MANUAL DE START-UP

126. ESTABELECIMENTO DO SISTEMA DE PADRONIZAÇÃO — definição de quem aprova, quem revisa, quem distribui, quem audita.
127. ORGANIZAÇÃO — estrutura formal (geralmente comitê multidisciplinar do PCM).
128. PLANEJAMENTO DO ESTABELECIMENTO DOS PADRÕES DA EMPRESA — calendário com prazos.
129. PREPARO DAS PROPOSTAS DOS PADRÕES — primeira redação técnica.
130. DELIBERAÇÃO E DECISÃO DOS PADRÕES — DISCUSSÃO DO CONTEÚDO (caixa verde lateral). Aqui há feedback de melhoria entrando.
131. EDIÇÃO DOS PADRÕES — formatação final.
132. DISTRIBUIÇÃO E ARQUIVAMENTO DOS PADRÕES — publicação oficial.
133. CONDUZIR O TRABALHO DE ACORDO COM OS PADRÕES — execução em produção, com AUDITORIA (caixa rosa lateral) gerando FEEDBACK e SOLICITAÇÃO DE ORGANIZAÇÃO EXTRA (melhoria contínua).

## Ciclo PDCA Embutido

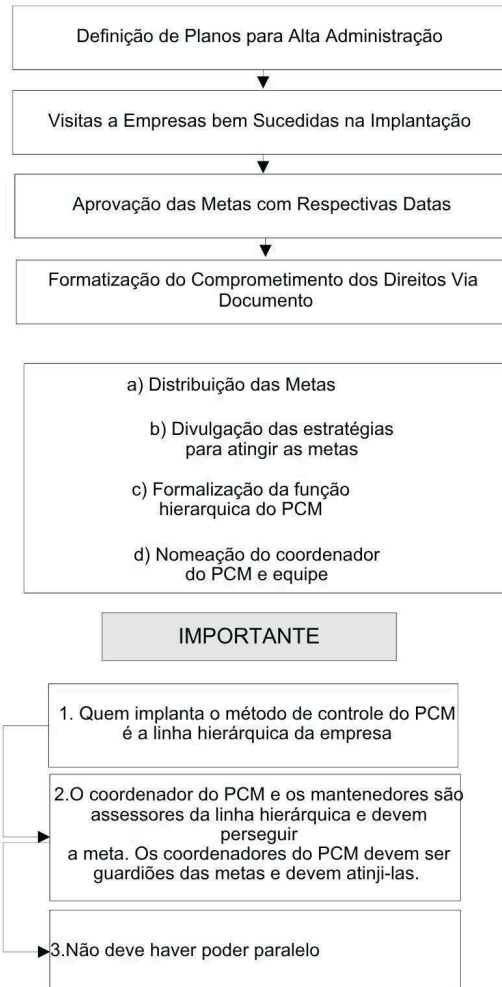
Note que o fluxo é circular: a auditoria produz feedback que retroalimenta a Revisão dos Motivos e Objetivos, que por sua vez gera Solicitação de Organização Extra, que reinicia o ciclo. É o PDCA aplicado à própria política de padronização. Padrões NÃO são definitivos — evoluem com a maturidade do PCM.

## 7D.6 Diagrama 6 — Procedimentos Iniciais para Implantação do PCM

Implantar PCM em uma empresa que nunca teve estrutura formal de gestão de manutenção é um projeto de TRANSFORMAÇÃO ORGANIZACIONAL. Este diagrama mostra os 4 procedimentos iniciais OBRIGATÓRIOS, mais 4 atribuições do líder e 3 princípios INNEGOCIÁVEIS.

## FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

### Procedimentos Iniciais Para Implantação do PCM



Proibida reprodução

www.redeindustrial.com.br

11

Figura 7D.6 — Procedimentos Iniciais Para Implantação do PCM (fonte: Rede Industrial)

## Os 4 Procedimentos Iniciais

134. DEFINIÇÃO DE PLANOS para a Alta Administração (apresentação formal da proposta de PCM).
135. VISITAS A EMPRESAS BEM SUCEDIDAS na implantação (benchmarking).
136. APROVAÇÃO DAS METAS com respectivas datas (formalização).
137. FORMATIZAÇÃO DO COMPROMETIMENTO via documento (contrato interno).



# MANUAL DE START-UP

## As 4 Atribuições do Líder do PCM

- a) Distribuição das metas pelos níveis hierárquicos.
- b) Divulgação das estratégias para atingir as metas.
- c) Formalização da função hierárquica do PCM (organograma oficial).
- d) Nomeação do coordenador do PCM e da equipe.

## Os 3 Princípios INNEGOCIÁVEIS (caixa IMPORTANTE)

138. Quem implanta o método de controle do PCM é a LINHA HIERÁRQUICA da empresa. Não pode ser delegado para consultoria externa sem que a hierarquia interna seja a dona do processo.
139. O coordenador do PCM e os mantenedores são ASSESSORES da linha hierárquica e devem perseguir a meta. Os coordenadores do PCM devem ser os GUARDIÕES das metas e devem atingi-las.
140. NÃO DEVE HAVER PODER PARALELO. Uma organização com dois "chefes" da manutenção (oficial e oficioso) compromete toda a implantação. Resolução de disputa de poder DEVE preceder o início da implantação.

### Erro Comum

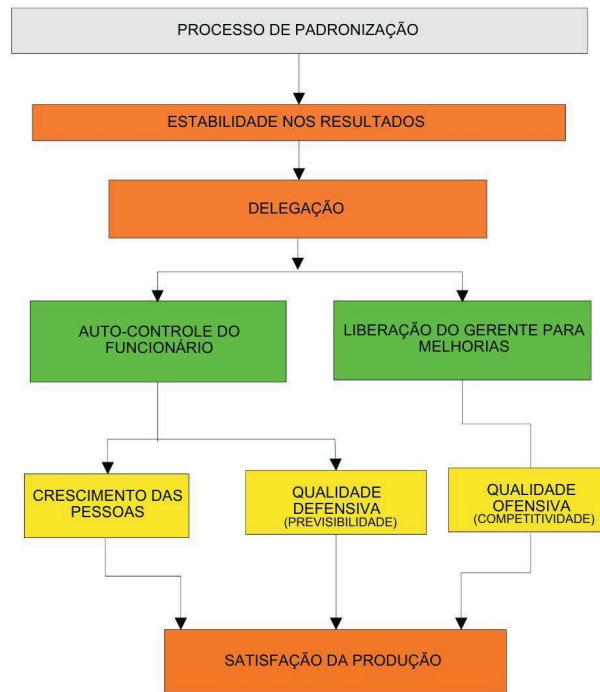
Muitas implantações falham por tratar o PCM como projeto isolado de uma única área. PCM é um projeto da EMPRESA toda — Produção, Manutenção, Suprimentos, RH, TI e Diretoria. Se isso não estiver claro desde o início, o projeto se transforma em "projeto do pessoal da manutenção" e perde sustentação política.

## 7D.7 Diagrama 7 — A Importância da Padronização na Manutenção

Por que padronizar é vital? Este diagrama responde com uma cadeia causal clara: padronização gera ESTABILIDADE nos resultados, que viabiliza DELEGAÇÃO, que libera as pessoas em duas direções complementares — auto-controle do funcionário e liberação do gerente para focar em melhorias. Ambas terminam em SATISFAÇÃO DA PRODUÇÃO.

## FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

### A Importância da Padronização na Manutenção



Proibida reprodução

www.redeindustrial.com.br

12

Figura 7D.7 — A Importância da Padronização na Manutenção (fonte: Rede Industrial)

### Cadeia Causal da Padronização

141. PROCESSO DE PADRONIZAÇÃO → ESTABILIDADE NOS RESULTADOS. Sem padrão, cada vez é uma vez; com padrão, o resultado é previsível.
142. ESTABILIDADE NOS RESULTADOS → DELEGAÇÃO. Você só delega o que está padronizado; o resto fica preso ao chefe.
143. DELEGAÇÃO → 2 caminhos paralelos: AUTO-CONTROLE do funcionário (verde) e LIBERAÇÃO do gerente para melhorias (verde).



# MANUAL DE START-UP

144. AUTO-CONTROLE → CRESCIMENTO DAS PESSOAS + QUALIDADE DEFENSIVA (previsibilidade).
145. LIBERAÇÃO DO GERENTE → QUALIDADE OFENSIVA (competitividade).
146. Os 3 desfechos (Crescimento, Qualidade Defensiva, Qualidade Ofensiva) convergem em SATISFAÇÃO DA PRODUÇÃO.

## Conceito-Chave

Padronização não é burocracia — é LIBERTAÇÃO. Quanto mais padrão, MENOS o chefe precisa correr atrás. Mais tempo livre para o que realmente importa: melhorar o sistema. Empresas com baixo nível de padronização condenam os gerentes ao papel de "bombeiros" — apagando incêndios em vez de pensar estrategicamente.

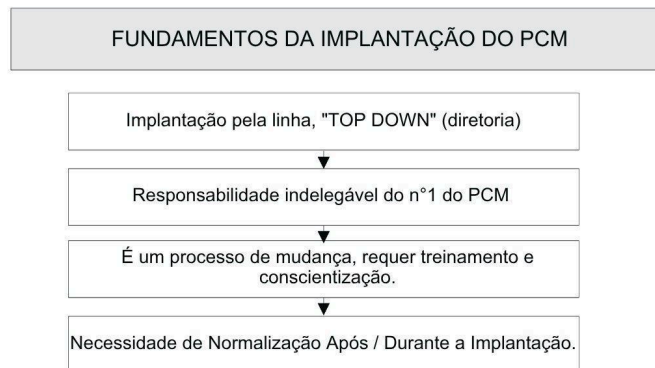
## 7D.8 Diagrama 8 — Diagrama de Hersey: Dificuldades ao Implantar PCM

Implantar PCM é um processo de MUDANÇA COMPORTAMENTAL — não apenas técnica. O Diagrama de Hersey (Hersey-Blanchard, Liderança Situacional) explica a progressão natural pela qual qualquer indivíduo passa quando precisa adotar uma nova prática. É essencial entender essa curva para conduzir a implantação sem frustração.

FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

Diagrama de Hersey

Dificuldades ao Implantar o PCM X Técnicas



Proibida reprodução

Figura 7D.8 — Diagrama de Hersey + Fundamentos da Implantação do PCM (fonte: Rede Industrial)

## Os 4 Estágios da Mudança Comportamental

147. CONHECIMENTO (PESSOA APRENDE) — fácil e rápido. Cursos, manuais, vídeos. Estágio amarelo claro, no canto inferior esquerdo.
148. CONSCIENTIZAÇÃO (PREDISPÕE-SE A MUDAR) — leva tempo e exige convencimento. A pessoa SABE mas ainda não decidiu agir.
149. COMPORTAMENTO INDIVIDUAL (APLICA O CONHECIMENTO) — a pessoa começa a fazer diferente. Verde claro no diagrama.



# MANUAL DE START-UP

150. COMPORTAMENTO DO GRUPO (GRUPO MUDA O COMPORTAMENTO) — todo o grupo absorve a nova prática como cultura. Verde escuro, área maior do diagrama.

Os eixos do diagrama deixam claro o trade-off: o eixo VERTICAL é a DIFICULDADE CRESCENTE (Conhecimento é fácil, Comportamento do Grupo é difícil); o eixo HORIZONTAL é o TEMPO NECESSÁRIO (Conhecimento se ganha rápido, Comportamento do Grupo leva meses ou anos). Por isso a IMPLANTAÇÃO COMPLETA do PCM demora — não porque o sistema seja complicado, mas porque a mudança cultural exige tempo.

## Fundamentos da Implantação do PCM

- Implantação pela LINHA, top-down (Diretoria → Gerência → Operação).
- Responsabilidade INDELEGÁVEL do nº 1 do PCM.
- É um PROCESSO DE MUDANÇA — requer treinamento E conscientização.
- Necessidade de NORMALIZAÇÃO após e durante a implantação.

### Implicação Prática

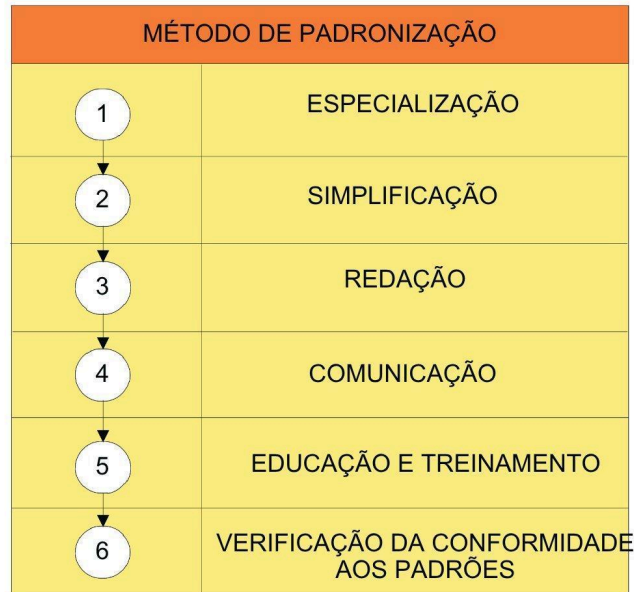
Quando seus mantenedores resistem a usar o SIGMA, eles NÃO estão sabotando — estão simplesmente no estágio 2 (Conscientização) e não no estágio 3 (Comportamento Individual). A solução NÃO é cobrar mais, é trabalhar o convencimento e mostrar valor pessoal da mudança. Cobrança no estágio 2 só gera rejeição.

## 7D.9 Diagrama 9 — Método de Padronização: Redação das Normas do PCM

Como se REDIGE um padrão de manutenção? Este diagrama apresenta as 6 etapas sequenciais do método. É um processo iterativo que parte do conhecimento especializado e termina na verificação de conformidade do que foi feito em campo.

FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

Método de Padronização - Redação das Normas do PCM



Proibida reprodução

Figura 7D.9 — Método de Padronização — Redação das Normas do PCM (fonte: Rede Industrial)

## As 6 Etapas do Método

151. ESPECIALIZAÇÃO — quem domina o assunto rascunha a versão técnica inicial.
152. SIMPLIFICAÇÃO — torna acessível para quem vai executar (não usuário técnico).
153. REDAÇÃO — formatação clara, linguagem direta, ilustrações quando necessário.
154. COMUNICAÇÃO — divulgação ampla para todos que serão afetados.
155. EDUCAÇÃO E TREINAMENTO — capacitação prática nos novos padrões.



# MANUAL DE START-UP

156. VERIFICAÇÃO DA CONFORMIDADE AOS PADRÕES — auditoria de aderência (sem isso, padrão vira papel).

## **Boa Prática**

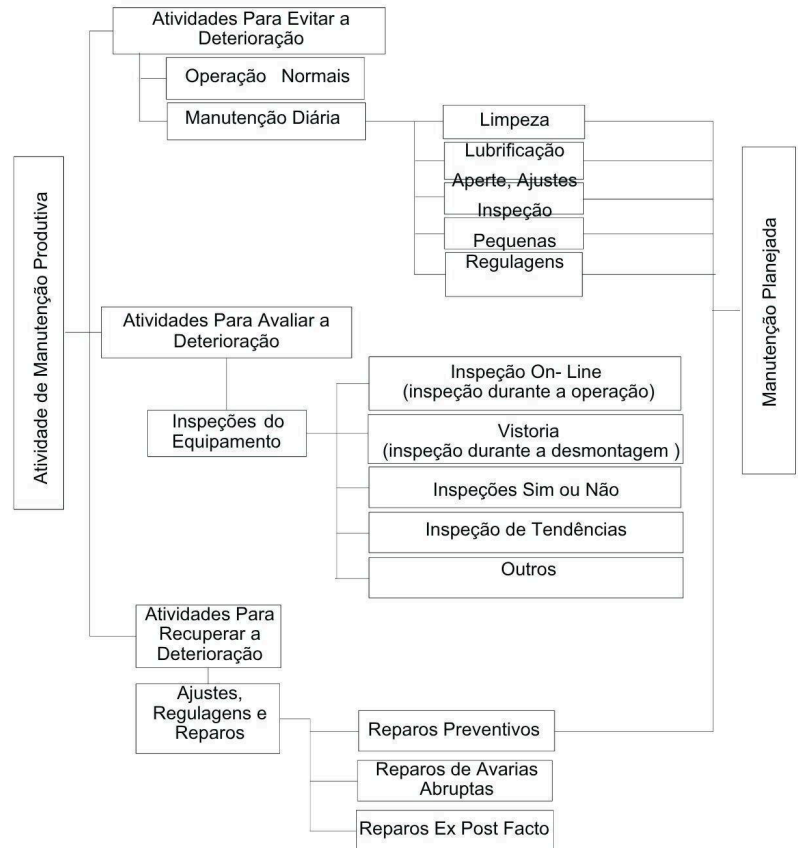
Cada padrão do PCM deve ter um RESPONSÁVEL nomeado, uma DATA DE VIGÊNCIA, e uma DATA DE PRÓXIMA REVISÃO. Padrões "perpétuos" tendem a virar obsoletos e ignorados. Norma viva = norma com prazo de validade explícito.

## **7D.10 Diagrama 10 — Medidas Contra a Deterioração do Equipamento**

Toda a manutenção pode ser organizada em torno de UM ÚNICO objetivo: combater a DETERIORAÇÃO natural dos equipamentos. Este diagrama categoriza as ações em três tipos: Evitar, Avaliar e Recuperar. Cada tipo se desdobra em práticas específicas. É o esquema-mestre da TPM (Total Productive Maintenance) japonesa.

## FLUXOS QUE MOSTRAM UMA VISÃO ESTRATÉGICA DO PCM

### Medidas Contra a Deterioração do Equipamento



Proibida reprodução

www.redeindustrial.com.br

15

Figura 7D.10 — Medidas Contra a Deterioração do Equipamento (fonte: Rede Industrial)

## As 3 Famílias de Ações



# MANUAL DE START-UP

As ações ALIMENTAM dois eixos verticais: ATIVIDADES DE MANUTENÇÃO PRODUTIVA (esquerda) — o macro-conceito da TPM — e MANUTENÇÃO PLANEJADA (direita) — calendário e ordens de serviço programadas. Toda a estrutura está integrada num sistema único.

## Insight Estratégico

PCMs imaturos focam APENAS no item 3 (Recuperar). Resultado: muita correção, pouca prevenção, baixo investimento em conhecimento. PCMs maduros invertem a pirâmide: 70% Evitar, 20% Avaliar, 10% Recuperar. É a clássica curva da Disponibilidade de Classe Mundial.

## 7D.11 Síntese da Visão Estratégica do PCM

Os 10 diagramas desta seção formam um corpo coerente de pensamento gerencial. Lidos em conjunto, eles respondem a 4 grandes perguntas:

Pergunta Gerencial	Diagramas que Respondem
O QUE eu preciso fazer no PCM?	7D.1 (4 objetivos), 7D.10 (3 famílias de ação)
COMO eu organizo o tempo da manutenção?	7D.3 (calendário), 7D.4 (janelas)
COMO eu padronizo e mantenho a qualidade?	7D.5 (procedimentos), 7D.7 (importância), 7D.9 (método)
COMO eu conduzo a IMPLANTAÇÃO do PCM em si?	7D.2 (fluxo de OS), 7D.6 (procedimentos iniciais), 7D.8 (mudança comportamental)

## Recomendação de Estudo

Não tente absorver os 10 diagramas de uma vez. Leia 1 por semana, em reunião com a equipe do PCM, discutindo como cada conceito se aplica à realidade local. Em 10 semanas, sua equipe terá internalizado todo o pensamento estratégico necessário para conduzir um PCM de classe mundial.



# MANUAL DE START-UP

## 7E. Melhores Práticas e Métodos de Cadastramento

Os 8 diagramas desta seção complementam a Seção 7A (Hierarquia e Tagueamento) com detalhes OPERACIONAIS e métodos práticos de como executar o cadastramento no SIGMA. Enquanto a Seção 7A estabelece as REGRAS de tagueamento, a 7E mostra COMO essas regras se materializam nos formulários e nas árvores do sistema. São diagramas de uso DIÁRIO pelo PCM e pelo administrador do SIGMA.

### Como Usar Esta Seção

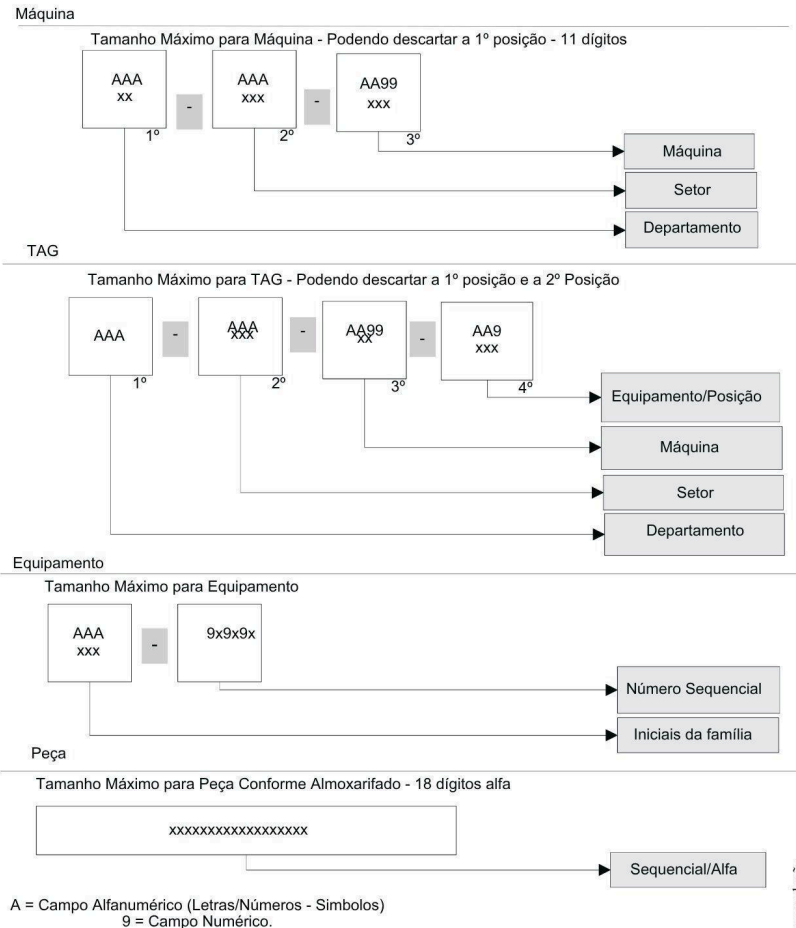
Imprima estes 8 diagramas em A3 e mantenha-os à mão durante a fase de cadastramento inicial (Fase 1 do DFC, Seção 7C.3). Cada diagrama serve como um checklist visual rápido — quando o usuário tiver dúvida sobre como estruturar um código, qual árvore montar primeiro, ou que itens vincular numa ficha técnica, consulte o diagrama correspondente em vez de adivinhar.

### 7E.1 Diagrama 1 — Metodologia de Padronização de Códigos de TAGs, Máquinas e Equipamentos

Este diagrama é o MAPA visual das regras de tagueamento da Seção 7A.2. Ele mostra a estrutura de codificação em 4 níveis distintos: Máquina, TAG, Equipamento e Peça. Cada nível tem um padrão específico de campos alfanuméricos (A) e numéricos (9), com separadores hífen entre segmentos.

## FLUXOS COM AS MELHORES PRÁTICAS E MÉTODOS DE CADASTRAMENTO

Metodologia e Técnicas para Padronização de Códigos de TAG's, Máquinas e Equipamentos



Proibida reprodução

Figura 7E.1 — Metodologia de Padronização de Códigos (fonte: Rede Industrial)

## Estrutura de Codificação por Nível



# MANUAL DE START-UP

A LEGENDA na parte inferior do diagrama define a convenção: A = Campo Alfanumérico (Letras/Números/Símbolos) e 9 = Campo Numérico. Esta convenção é a mesma usada em normas internacionais como KKS e em sistemas como SAP PM, garantindo interoperabilidade quando o SIGMA é integrado a um ERP.

## **Boa Prática**

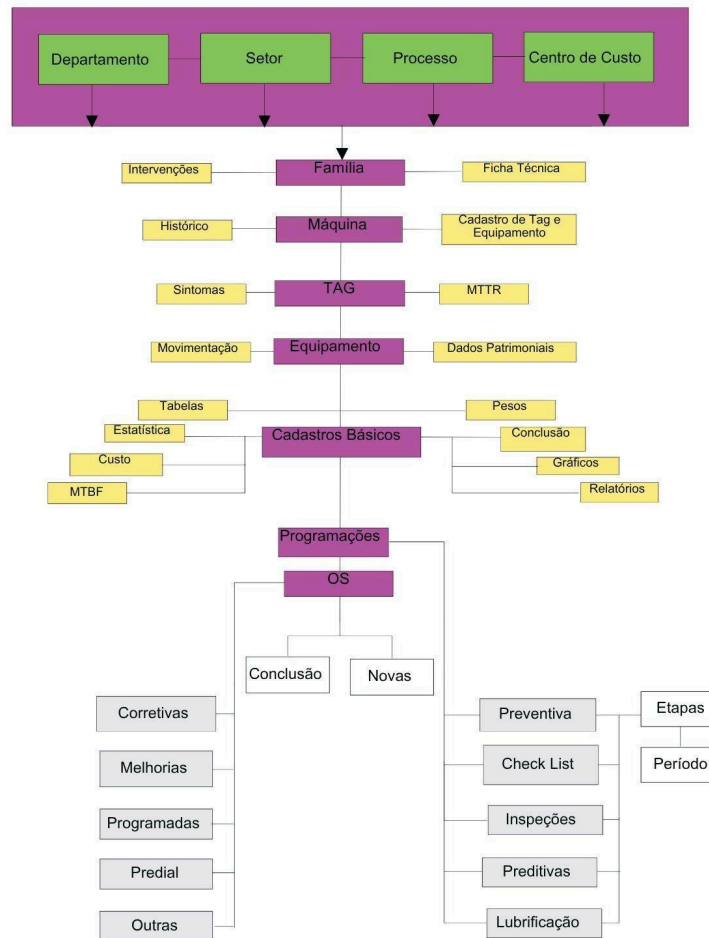
Antes de iniciar o cadastramento massivo no SIGMA, documente em um "Manual de Padronização de Códigos" interno da empresa qual é o significado de CADA campo alfanumérico para a realidade local. Exemplo: "MTR = Motor; BMB = Bomba; INJ = Injetora". Esse manual elimina dúvidas e garante consistência mesmo com troca de pessoal no PCM.

## **7E.2 Diagrama 2 — Árvore Cadastral Básica do PCM**

Este diagrama é a VISÃO HIERÁRQUICA COMPLETA da árvore cadastral do SIGMA — desde o nível mais alto (Departamento/Setor/Processo/Centro de Custo) até o nível operacional final (OS e seus tipos). Os blocos roxos formam a coluna principal descendente; as caixas amarelas laterais são os atributos vinculados a cada nível.

FLUXOS COM AS MELHORES PRÁTICAS E MÉTODOS DE CADASTRAMENTO

Árvore Cadastral (Básica do PCM)



www.redeindustrial.com.br

18

Proibida reprodução

Figura 7E.2 — Árvore Cadastral Básica do PCM (fonte: Rede Industrial)

## Os 7 Níveis da Árvore (de cima para baixo)

157. CABEÇA ROXA: Departamento + Setor + Processo + Centro de Custo (estrutura organizacional).
158. FAMÍLIA — agrupa ativos similares; vinculada a INTERVENÇÕES e FICHA TÉCNICA.
159. MÁQUINA — vinculada a HISTÓRICO e CADASTRO DE TAG E EQUIPAMENTO.
160. TAG — vinculada a SINTOMAS e MTTR.



# MANUAL DE START-UP

161. EQUIPAMENTO — vinculado a MOVIMENTAÇÃO e DADOS PATRIMONIAIS.
162. CADASTROS BÁSICOS — vinculados a 6 atributos: Tabelas, Pesos, Estatística, Conclusão, Custo, Gráficos, Relatórios, MTBF.
163. PROGRAMAÇÕES + OS — a saída operacional. OS pode ser Nova ou Conclusão.

## Os 2 Grupos de Tipos de OS

- OSs CORRETIVAS (lado esquerdo do diagrama): Corretivas, Melhorias, Programadas, Predial, Outras.
- OSs SISTEMÁTICAS (lado direito): Preventiva (com Etapas e Período), Check List, Inspeções, Preditivas, Lubrificação.

### Insight Estratégico

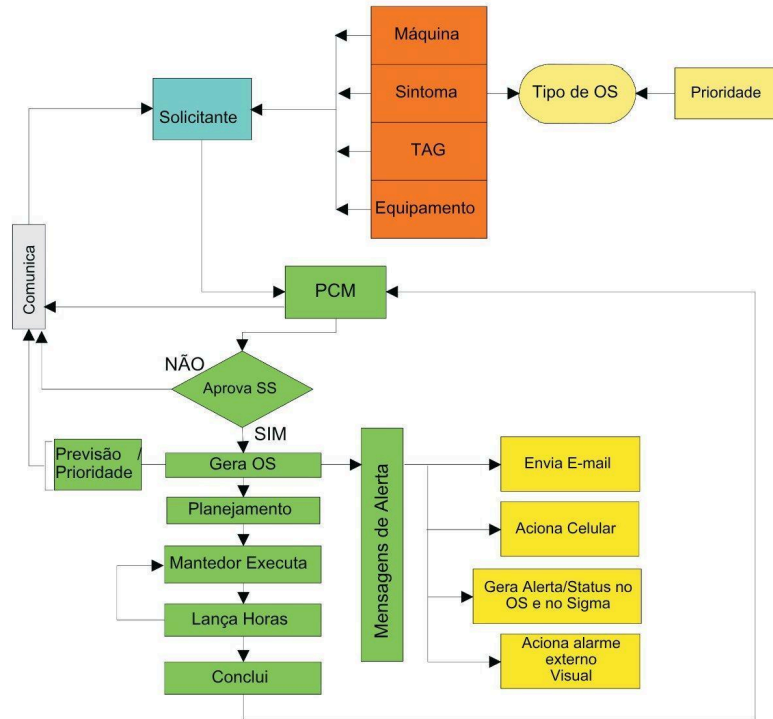
Note o destaque visual: os 7 níveis da coluna principal são em ROXO, indicando que são as entidades-mestras (master data). As caixas AMARELAS são atributos. Quando um cadastro-mestre (Máquina, TAG) é alterado, todos os atributos vinculados herdam a mudança. Por isso a importância de cadastrar de CIMA PARA BAIXO — começar pelo Departamento, terminar pelos atributos.

## 7E.3 Diagrama 3 — Fluxo Completo: Solicitação de Serviço até Abertura de OS

Este diagrama detalha o fluxo COMPLETO da Solicitação de Serviço (SS) — desde o momento em que o Solicitante identifica o problema até a emissão automática de alertas (e-mail, celular, alarme visual). É um dos fluxos mais executados no SIGMA — todos os dias, em qualquer empresa que usa o sistema.

FLUXOS COM AS MELHORES PRÁTICAS E MÉTODOS DE CADASTRAMENTO

SS - Solicitação de Serviços Até Abertura de OS



Proibida reprodução

Figura 7E.3 — SS - Solicitação de Serviços Até Abertura de OS (fonte: Rede Industrial)

### Fluxo Completo (passo a passo)

164. SOLICITANTE identifica problema — preenche SS informando Máquina + Sintoma + TAG + Equipamento (caixa laranja). Também escolhe Tipo de OS (corretiva, preventiva, urgência etc.) e Prioridade (caixa amarela).
165. Sistema envia para o PCM (caixa verde central).
166. PCM analisa — losango: APROVA SS?



# MANUAL DE START-UP

167. Se NÃO — sistema comunica ao Solicitante (caixa cinza COMUNICA na lateral esquerda) com justificativa.
168. Se SIM — sistema captura PREVISÃO/PRIORIDADE (caixa azul claro) e GERA OS.
169. OS entra em PLANEJAMENTO (definição de mantenedor, peças, tempo).
170. MANTENEDOR EXECUTA o serviço.
171. Mantenedor LANÇA HORAS trabalhadas (loop possível: pode executar e lançar várias vezes ao longo da OS).
172. Mantenedor CONCLUI a OS.
173. Em paralelo a TODAS as etapas a partir da geração da OS, o sistema dispara MENSAGENS DE ALERTA pelos 4 canais (caixa central verde escuro).

## Os 4 Canais de Alerta Automático

- Envia E-MAIL — para o Solicitante e o Líder.
- Aciona CELULAR — push notification do SIGMA Android ou SMS.
- Gera ALERTA/STATUS na OS e no SIGMA — visível em dashboards e listagens.
- Aciona ALARME EXTERNO VISUAL — para casos críticos, integração com sirenes ou painéis luminosos no chão de fábrica.

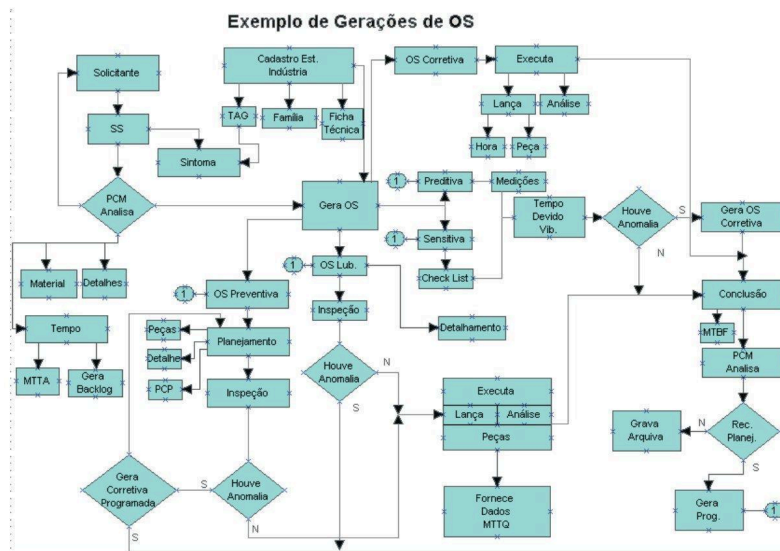
### Boa Prática

Configure os alertas com critério: alertas excessivos viram "barulho de fundo" e são ignorados. Use a estratégia da Seção 7B.4 (Status Color) — apenas OSs vermelhas e emergenciais devem disparar alarme externo visual. OSs amarelas merecem e-mail; verdes, apenas listagem.

## 7E.4 Diagrama 4 — Exemplo Completo: Gerações de OS (Todos os Tipos)

Este é o diagrama mais COMPLEXO do material — não pela dificuldade, mas pela abrangência. Ele mostra TODOS os caminhos possíveis de geração e execução de OS no SIGMA: Corretiva, Preventiva, Preditiva, Sensitiva, Lubrificação e Check-list. Cada um tem seu fluxo específico, mas todos convergem no bloco "Conclusão → MTBF → PCM Analisa".

FLUXOS COM AS MELHORES PRÁTICAS E MÉTODOS DE CADASTRAMENTO



Proibida reprodução

Figura 7E.4 — Exemplo de Gerações de OS (fonte: Rede Industrial)

## Os 6 Caminhos de OS



# MANUAL DE START-UP

## Indicadores Calculados pelo Fluxo

- MTBF (Mean Time Between Failures) — calculado pela Conclusão das OSs corretivas.
- MTTA (Mean Time To Attend) — calculado pelo tempo entre abertura e início (Backlog).
- MTTQ (Mean Time To Quality) — qualidade do reparo, alimentado pelos dados das OSs Preventivas com inspeção que NÃO encontraram anomalia (sucesso da prevenção).

### Insight Estratégico

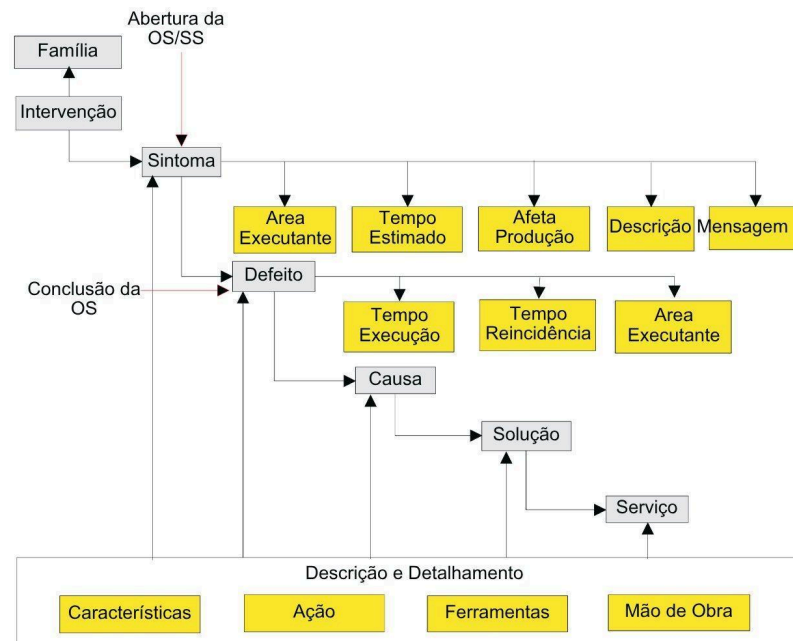
O diagrama mostra um sistema MADURO de PCM — onde TODOS os tipos de OS estão integrados e alimentam os mesmos indicadores. A maioria das empresas começa implantando apenas Corretiva; o salto para a maturidade vem quando Preventiva, Preditiva e Sensitiva passam a ser executadas com regularidade e seus dados alimentam de volta o sistema. É a essência do RCM2 (Reliability Centered Maintenance) em ação.

## 7E.5 Diagrama 5 — Criação da Árvore de Intervenções

A Árvore de Intervenções é o cadastro que materializa a sequência clássica Sintoma → Defeito → Causa → Solução → Serviço dentro do SIGMA. Esta árvore é o que permite que a manutenção evolua do AMADORISMO ("chamo, alguém vem ver") para a PROFSSIONALIZAÇÃO ("diagnóstico estruturado e reparo padronizado"). Equivale ao FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) implementado em software.

## FLUXOS COM AS MELHORES PRÁTICAS E MÉTODOS DE CADASTRAMENTO

Criação da Árvore de Intervenções - Sintoma, Defeito, Causa, Solução e Serviço



Proibida reprodução

Figura 7E.5 — Criação da Árvore de Intervenções (fonte: Rede Industrial)

### A Cascata Sintoma → Defeito → Causa → Solução → Serviço

174. FAMÍLIA → INTERVENÇÃO (caixa cinza superior esquerdo): toda família de ativos tem sua árvore de intervenções típicas.
175. ABERTURA DA OS/SS (seta vermelha superior) → registra SINTOMA observado.
176. SINTOMA dispara 5 atributos amarelos: Área Executante, Tempo Estimado, Afeta Produção, Descrição, Mensagem.
177. Da inspeção inicial, o mantenedor identifica o DEFEITO (caixa cinza central).



# MANUAL DE START-UP

178. DEFEITO dispara 3 atributos amarelos: Tempo Execução, Tempo Reincidência, Área Executante.
179. Do defeito, identifica-se a CAUSA RAIZ (caixa cinza).
180. Da causa, define-se a SOLUÇÃO (caixa cinza).
181. A solução invoca um SERVIÇO padronizado (caixa cinza inferior).
182. Cada elemento da cascata é descrito pela caixa DESCRIÇÃO E DETALHAMENTO: Características, Ação, Ferramentas, Mão de Obra.
183. A CONCLUSÃO DA OS (seta vermelha esquerda) realimenta a árvore, confirmando ou ajustando os tempos e a frequência de cada combinação.

## Conceito-Chave

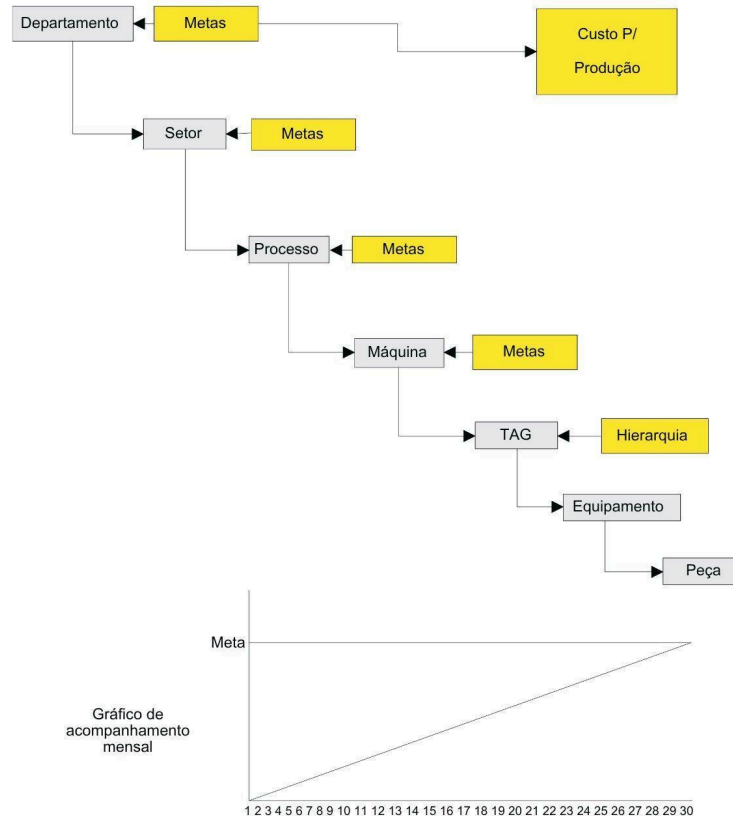
Esta árvore deve ser construída ANTES de operar o SIGMA. Fontes para sua construção: manual do fabricante (catálogos de falhas típicas), histórico registrado no sistema anterior, conhecimento tácito dos mantenedores experientes (entrevistas). Quanto mais rica a árvore, MAIS RÁPIDO o atendimento e MAIS PRECISA a análise causal posterior.

## 7E.6 Diagrama 6 — Criação da Árvore Industrial de TAGs e Equipamentos

Este diagrama mostra o FLUXO DE CADASTRO da árvore industrial, com destaque especial para as METAS que devem ser definidas em CADA nível. É a árvore da Seção 7A.1 vista pelo ângulo gerencial: cada nó da árvore tem uma meta a perseguir.

## FLUXOS COM AS MELHORES PRÁTICAS E MÉTODOS DE CADASTRAMENTO

Criação da Árvore Industrial de TAG's e Equipamentos



Proibida reprodução

www.redeindustrial.com.br

23

Figura 7E.6 — Criação da Árvore Industrial de TAGs e Equipamentos (fonte: Rede Industrial)

### Hierarquia e Atributos

184. DEPARTAMENTO (caixa cinza superior) ← META do Departamento (caixa amarela) → ALIMENTA Custo por Produção (caixa amarela grande direita).
185. SETOR (caixa cinza) ← META do Setor (caixa amarela).
186. PROCESSO (caixa cinza) ← META do Processo (caixa amarela).
187. MÁQUINA (caixa cinza) ← META da Máquina (caixa amarela).
188. TAG (caixa cinza) ← HIERARQUIA da TAG (caixa amarela).



# MANUAL DE START-UP

189. EQUIPAMENTO (caixa cinza).

190. PEÇA (caixa cinza).

O GRÁFICO DE ACOMPANHAMENTO MENSAL (parte inferior do diagrama) mostra como cada meta é monitorada ao longo dos 30 dias do mês. Linha reta diagonal indica a meta linear; a linha real do mês deve seguir essa diagonal.

## Cultura de Metas

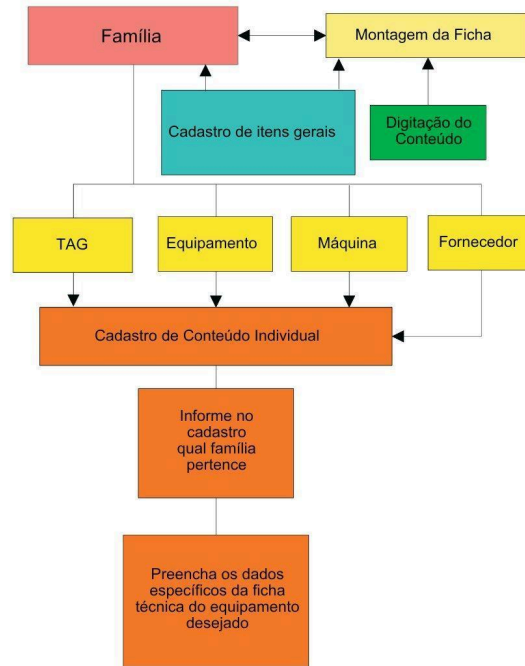
Diferente de outros sistemas, no SIGMA cada NÍVEL da árvore tem META INDIVIDUAL. O Departamento de Logística pode ter meta de Disponibilidade de 95%, enquanto uma TAG crítica pode ter meta de MTBF mínimo de 720 horas. A consolidação dessas metas individuais determina o desempenho da empresa como um todo. NÃO USE meta única global — cada nível precisa da sua.

## 7E.7 Diagrama 7 — Ficha Técnica: Abrangência e Hierarquia

A Ficha Técnica é o documento que armazena TODOS os dados de placa, manual e características técnicas do ativo. Este diagrama mostra como a Ficha Técnica é MONTADA — partindo do conceito de FAMÍLIA, montando um padrão geral de itens, e depois preenchendo o conteúdo individual de cada ativo (Máquina, TAG, Equipamento, Fornecedor).

FLUXOS COM AS MELHORES PRÁTICAS E MÉTODOS DE CADASTRAMENTO

Ficha Técnica - Abrangência e Hierarquia



Proibida reprodução

Figura 7E.7 — Ficha Técnica: Abrangência e Hierarquia (fonte: Rede Industrial)

## Fluxo de Montagem

191. FAMÍLIA (caixa rosa superior) ↔ MONTAGEM DA FICHA (caixa amarela superior direita). Estabelece-se o vínculo família ↔ ficha-padrão.
192. CADASTRO DE ITENS GERAIS (caixa azul claro central) — define quais ATRIBUTOS a ficha vai conter (Potência, Tensão, RPM, Pressão, Vazão etc.).
193. DIGITAÇÃO DO CONTEÚDO (caixa verde) — preenche os VALORES desses atributos para a família como um todo (defaults).



# MANUAL DE START-UP

194. Os atributos são herdados pelos 4 níveis amarelos: TAG, EQUIPAMENTO, MÁQUINA, FORNECEDOR.
195. CADASTRO DE CONTEÚDO INDIVIDUAL (caixa laranja) — onde se SOBRESCREVEM os defaults para cada ativo específico.
196. Informar no cadastro qual FAMÍLIA o ativo pertence (caixa laranja inferior).
197. Preencher os DADOS ESPECÍFICOS da ficha técnica do equipamento desejado (caixa laranja final).

## Boa Prática

Use o conceito de "ficha padrão da família" para acelerar o cadastramento de vários ativos similares. Se você tem 50 motores elétricos do mesmo modelo, cadastre UMA ficha padrão para a família "Motores 5cv 220V" e depois apenas ajuste o número de série e a data de instalação de cada motor individual. Reduz tempo de cadastro em ~90%.

## 7E.8 Diagrama 8 — Técnicas de Formação de Ficha Técnica Inteligente

Este diagrama formaliza o conceito de "FICHA TÉCNICA INTELIGENTE" — uma ficha que NÃO é apenas um cadastro estático de dados, mas um documento estruturado, padronizado, hierarquizado e que se auto-organiza por família. As 3 ETAPAS do método são apresentadas na lateral esquerda do diagrama.

## FLUXOS COM AS MELHORES PRÁTICAS E MÉTODOS DE CADASTRAMENTO

Técnicas de Formação de Ficha Técnica Inteligente para Equipamentos, TAG's e Peças

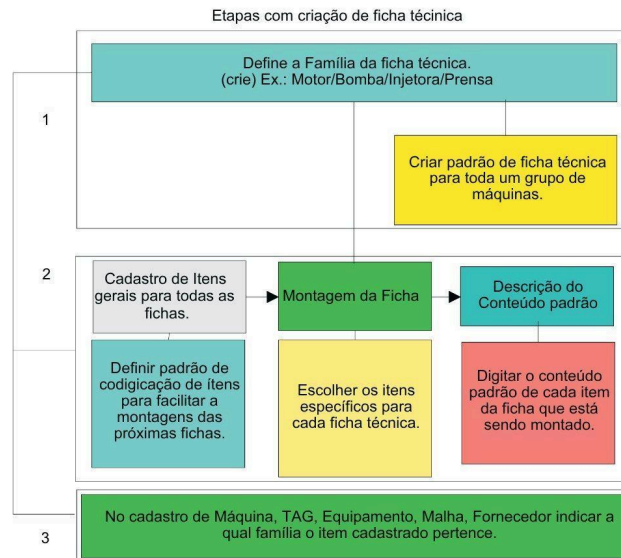


Figura 7E.8 — Ficha Técnica Inteligente para Equipamentos, TAGs e Peças (fonte: Rede Industrial)

### As 3 Etapas de Construção



# MANUAL DE START-UP

## Por Que "Inteligente"?

A ficha é chamada de INTELIGENTE porque tem 3 propriedades automáticas: (1) Herança — quando você atribui um ativo a uma família, ele herda os campos da ficha-padrão; (2) Default — se algum campo não foi preenchido individualmente, o SIGMA usa o valor padrão da família; (3) Propagação — quando você atualiza a ficha-padrão de uma família, TODOS os ativos vinculados podem opcionalmente receber a atualização. É a essência do princípio DRY (Don't Repeat Yourself) aplicado a cadastros de manutenção.

## 7E.9 Síntese das Melhores Práticas de Cadastramento

Os 8 diagramas desta seção formam um manual TÉCNICO-OPERACIONAL completo para o responsável pelo cadastramento no SIGMA. Lidos em sequência, eles respondem a 4 perguntas práticas:

Pergunta Operacional	Diagramas que Respondem
COMO codifico meus ativos?	7E.1 (codificação) + 7E.2 (árvore)
COMO funciona a SS no dia-a-dia?	7E.3 (fluxo SS) + 7E.4 (todos os tipos de OS)
COMO estruturo o conhecimento técnico?	7E.5 (intervenções) + 7E.6 (metas por nível)
COMO organizo as fichas técnicas?	7E.7 (abrangência) + 7E.8 (ficha inteligente)

## Recomendação de Implementação

Trate os diagramas 7E.1 e 7E.2 como BASE — devem ser definidos antes de qualquer cadastro real. Os 7E.5 e 7E.7-8 podem ser feitos em paralelo, enquanto o cadastramento de ativos avança. Os 7E.3 e 7E.4 só fazem sentido quando todo o cadastro básico já estiver operacional — eles são fluxos de USO, não de preparação.

## 7E.10 Visão Integrada das Seções 7A a 7E

Com a inclusão das Seções 7C (Fluxos PCM), 7D (Visão Estratégica) e 7E (Práticas de Cadastramento), o manual passa a integrar OPERAÇÃO, ESTRATÉGIA e PRÁTICA — os três pilares de qualquer PCM de classe mundial:



# MANUAL DE START-UP

Camada	Seção	Foco	Quando Consultar
Operação	7A — Tagueamento	Regras de codificação	Antes do primeiro cadastro
Operação	7B — Criticidade	Algoritmo de criticidade e Status Color	Definição de prioridades
Operação	7C — Fluxos PCM	3 diagramas oficiais do SIGMA	Treinamento e kick-off
Estratégia	7D — Visão Estratégica	10 diagramas de gestão	Planejamento gerencial
Prática	7E — Cadastramento	8 diagramas técnico-operacionais	Implementação diária

## Mensagem Final

Estes 21 diagramas (3 da Seção 7C + 10 da 7D + 8 da 7E), em conjunto, formam o MAIS COMPLETO acervo iconográfico já publicado sobre PCM em língua portuguesa. Patrimônio intelectual da Rede Industrial, validados em centenas de implantações ao longo de mais de duas décadas. Usá-los como referência permanente é um diferencial competitivo para qualquer organização que adote o SIGMA.

## 8. Boas Práticas de Codificação e Governança

Esta seção é direcionada principalmente aos profissionais de TI do cliente que vão integrar o SIGMA EAM ao ecossistema corporativo, mas seu conhecimento é útil para qualquer usuário que queira entender a robustez técnica da plataforma.

### 8.1 Padrões de Codificação e Nomenclatura

O SIGMA EAM é desenvolvido segundo padrões de engenharia de software amplamente reconhecidos:

- Clean Code (Robert C. Martin) — código legível, sem ambiguidades, autoexplicativo.
- SOLID (princípios de orientação a objetos).
- 12-Factor App (princípios para aplicações em nuvem).
- Conventional Commits (padrão de mensagens de commit no Git).
- Semantic Versioning (versionamento semântico: MAJOR.MINOR.PATCH).

### 8.2 Controle de Versionamento de Código

Todo o código do SIGMA EAM é versionado em Git, com pipeline CI/CD (integração e entrega contínuas) que automatiza:



# MANUAL DE START-UP

- Testes unitários, de integração e end-to-end (cobertura mínima de 80%).
- Análise estática de código (SonarQube).
- Análise de segurança (SAST — Static Application Security Testing, DAST — Dynamic Application Security Testing).
- Análise de dependências (SCA — Software Composition Analysis).
- Build automatizado e empacotamento em containers Docker.
- Deploy automatizado em ambientes Dev, HML e PRD via Kubernetes.

## 8.3 Política de Atualização e Patches

As atualizações do SIGMA EAM seguem o modelo Continuous Delivery:

- Patches de segurança críticos: aplicados em até 24 horas após disponíveis.
- Correções funcionais (bugs): aplicados em janelas semanais.
- Novas funcionalidades: liberadas em ciclos mensais.
- Atualizações de versão maior (major): planejadas com antecedência mínima de 30 dias e comunicadas formalmente.
- Todas as atualizações são primeiro aplicadas em HML, validadas, e depois aplicadas em PRD.
- Aplicação em PRD sempre em janelas fora do horário comercial brasileiro, com rollback automático em caso de falha.

## 8.4 Padronização de Banco de Dados

O banco de dados do SIGMA EAM (PostgreSQL 15+) segue padrões formais:

- Modelagem em terceira forma normal (3NF), com desnormalização controlada para performance.
- Nomenclatura consistente (snake\_case, sufixos padronizados).
- Índices em todas as chaves estrangeiras e colunas de busca frequente.
- Particionamento de tabelas históricas grandes (apontamentos, leituras IoT).
- Constraints (PK, FK, UNIQUE, CHECK) garantem integridade referencial.
- Triggers de auditoria automática em tabelas sensíveis.

## 8.5 Tratamento de Erros e Logs Técnicos

Toda exceção é tratada com:

- Captura estruturada com stack trace completo.
- Classificação por severidade (DEBUG, INFO, WARN, ERROR, FATAL).
- Envio para sistema centralizado de observabilidade (Elastic Stack ou equivalente).



# MANUAL DE START-UP

- Mascaramento automático de dados pessoais e segredos.
- Mensagem amigável ao usuário, sem expor detalhes técnicos.
- Identificador único de erro (correlation ID) para suporte rastreável.

## 8.6 Procedimentos de Backup e Restauração

Tipo	Frequência	Retenção	Local
Backup completo	Diário	30 dias	Mesma região
Backup incremental	A cada 4 horas	7 dias	Mesma região
Backup de transações (WAL)	Contínuo	7 dias	Mesma região
Backup geográfico	Diário	90 dias	Região alternativa
Backup arquivado	Mensal	7 anos	Storage frio

Testes de restauração são realizados trimestralmente para garantir que os backups são realmente recuperáveis — atendendo à recomendação "3-2-1" de boas práticas (3 cópias, em 2 mídias diferentes, sendo 1 em local geograficamente distante).



# MANUAL DE START-UP

## 9. Suporte e Continuidade

Implantar um sistema é apenas o começo. Manter a operação saudável, com suporte rápido em momentos de necessidade e com planos contingenciais para situações extremas, é o que diferencia uma plataforma de classe mundial de uma simples ferramenta.

### 9.1 Procedimentos de Suporte Técnico

O suporte da Rede Industrial é estruturado em três níveis (modelo ITIL — Information Technology Infrastructure Library):

Nível	Característica	Responsabilidade
N1 — Atendimento	Primeira linha. Triagem, dúvidas funcionais, problemas conhecidos.	Recebe o chamado, classifica e resolve casos simples.
N2 — Especialista	Segunda linha. Análise técnica, configurações avançadas.	Casos que exigem análise de logs e parametrizações.
N3 — Engenharia	Terceira linha. Desenvolvimento e arquitetura.	Bugs de produto, customizações, escalações críticas.

#### 9.1.1 Canais de Atendimento

- Portal do cliente (<https://suporte.redeindustrial.com.br>) — abertura e acompanhamento de chamados 24×7.
- E-mail dedicado ([suporte@redeindustrial.com.br](mailto:suporte@redeindustrial.com.br)).
- Telefone (em horário comercial).
- Chatbot integrado ao SIGMA EAM (com IA para casos comuns).
- Linha de emergência (24×7) para incidentes críticos em produção.

### 9.2 SLA — Acordo de Nível de Serviço

O SLA é o compromisso formal da Rede Industrial sobre tempo de resposta e resolução de chamados, classificados por severidade:

Severidade	Descrição	Tempo de resposta	Tempo de solução
Crítica (S1)	Sistema indisponível para todos os usuários.	15 min	4 horas
Alta (S2)	Funcionalidade crítica indisponível; sem workaround.	1 hora	8 horas
Média (S3)	Funcionalidade afetada com workaround disponível.	4 horas	3 dias
Baixa (S4)	Dúvida ou solicitação de melhoria.	8 horas	10 dias



# MANUAL DE START-UP

Severidade	Descrição	Tempo de resposta	Tempo de solução
	<b>Disponibilidade contratual</b> O SIGMA EAM tem disponibilidade contratual mínima de 99,5% (mensurada mensalmente) — equivalente a menos de 3,6 horas de indisponibilidade por mês. Janelas de manutenção planejadas, comunicadas com antecedência mínima de 5 dias úteis, não contam para a indisponibilidade.		

## 9.3 Plano de Contingência e Recuperação de Desastres

Um Plano de Continuidade de Negócios (BCP — Business Continuity Plan) e seu componente técnico, o Plano de Recuperação de Desastres (DRP — Disaster Recovery Plan), seguem as recomendações da ISO 22301 (Sistemas de Gestão de Continuidade de Negócios):

- **RTO (Recovery Time Objective):** tempo máximo aceitável para retomada do serviço após um desastre. Contratual: 4 horas.
- **RPO (Recovery Point Objective):** volume máximo aceitável de perda de dados. Contratual: 1 hora.

Cenários previstos:

- Falha de hardware no data center primário — fail-over automático para nó redundante.
- Indisponibilidade de toda a região de nuvem — ativação manual do site de recuperação em região alternativa.
- Comprometimento de segurança (ransomware) — isolamento da instância, restauração do último backup limpo, análise forense.
- Erro humano (deleção em massa) — restauração ponto-no-tempo via backup transacional (PITR — Point-In-Time Recovery).

O DRP é testado semestralmente em ambiente simulado, com participação do cliente quando contratado o serviço estendido.



# MANUAL DE START-UP

## 10. Configuração de IoT e Dispositivos Inteligentes

IoT (Internet of Things — Internet das Coisas) é, em termos simples, a capacidade de "as máquinas falarem com os sistemas". Sensores instalados em motores, bombas, esteiras e tanques enviam dados em tempo real para o SIGMA EAM, que os converte em insights operacionais — quando um motor está vibrando além do normal, quando uma bomba está consumindo corrente excessiva, quando um tanque está chegando ao limite.

Este capítulo descreve, em linguagem acessível, como a IoT é configurada no SIGMA EAM, mesmo para quem nunca viu um sensor industrial antes.

### 10.1 Cadastro de Dispositivos IoT

Cada dispositivo IoT é um "ativo" especial no SIGMA EAM, com características próprias:

- Identificador único (MAC Address, número de série).
- Tipo (sensor de vibração, sensor de temperatura, horímetro, medidor de energia).
- Fabricante e modelo.
- Localização (ativo monitorado, posição física).
- Status de conectividade (online, offline, degradado).
- Firmware vigente e histórico de atualizações.

### 10.2 Configuração de Endpoints IoT

"Endpoint" é o ponto de comunicação entre o dispositivo e o SIGMA EAM. Para cada dispositivo, configura-se:

- URL ou broker de destino dos dados.
- Credenciais de autenticação (certificado X.509 ou chave compartilhada).
- Frequência de envio (segundos, minutos).
- Buffering local em caso de perda de conexão.

### 10.3 Configuração de Protocolos (MQTT, HTTP, TCP/IP, Modbus)

Cada protocolo tem uma finalidade específica. O SIGMA EAM suporta os principais protocolos industriais e IoT:

Protocolo	Uso típico	Característica
MQTT	IoT moderno, sensores wireless, baixo consumo.	Publish/Subscribe, leve, com QoS.
HTTP/REST	Integração com sistemas e APIs externas.	Universal, mas mais pesado que MQTT.



# MANUAL DE START-UP

Protocolo	Uso típico	Característica
TCP/IP raw	Equipamentos antigos com protocolo proprietário.	Conexão direta socket-a-socket.
Modbus RTU/TCP	Padrão industrial clássico (CLPs, inversores).	Protocolo serial/Ethernet, mestre-escravo.
OPC UA	Automação industrial moderna.	Padrão IEC 62541, com segurança nativa.
BACnet	Building Automation (HVAC, iluminação).	Padrão ANSI/ASHRAE 135.

## 10.4 Parametrização de Gateways Industriais

Gateway é um "tradutor" que fica fisicamente na planta, coletando dados dos dispositivos (que falam Modbus, por exemplo) e os enviando ao SIGMA EAM em formato padronizado (MQTT/JSON). Características parametrizáveis:

- Lista de dispositivos conectados e seus mapeamentos.
- Buffer local (em caso de perda de comunicação com a nuvem).
- Lógicas de pré-processamento (filtros, médias, alarmes locais).
- Política de segurança (autenticação mútua, criptografia).
- Janela de atualização de firmware.

## 10.5 Configuração de Sensores Inteligentes e Horímetros Web

Sensores inteligentes mais comuns na manutenção preditiva:

- Sensores de vibração (medem aceleração em 3 eixos — análise de rolamentos, desalinhamento, desbalanceamento).
- Sensores de temperatura (termopares, RTDs, infravermelhos).
- Sensores de corrente elétrica e qualidade de energia.
- Sensores de pressão e vazão.
- Medidores de nível (ultrassônicos, radar).
- Sensores de ultrassom (detecção de vazamento e cavitação).
- Sensores de partículas no óleo (degradação de lubrificantes).
- Horímetros web — contam horas de operação em tempo real para acionamento automático de manutenções preventivas.

## 10.6 Mapeamento de Tags e Variáveis



# MANUAL DE START-UP

"Tag" no contexto IoT é o nome único de uma variável medida (ex.: BOMBA-001.TEMP\_MANCAL\_LD = temperatura do mancal lado direito da Bomba 001). Cada tag é cadastrada com:

- Nome único e descritivo.
- Unidade de medida.
- Limites de operação (mínimo aceitável, máximo aceitável).
- Limites de alarme (warning, critical).
- Limites de proteção (intertravamento, se aplicável).
- Vínculo ao ativo, ao componente e ao modo de falha potencial.

## 10.7 Coleta de Dados em Tempo Real e Frequência

A frequência de coleta deve equilibrar resolução analítica e consumo de banda/armazenamento:

Tipo de variável	Frequência típica
Temperatura ambiente	1 minuto
Temperatura crítica de mancal	1 a 10 segundos
Vibração para análise espectral	1 a 5 minutos (com captura de waveform sob demanda)
Corrente e energia	10 segundos
Status binário (ligado/desligado)	Por evento
Horímetro	1 minuto

## 10.8 Configuração de Alarmes de Dispositivos

Alarmes são gerados automaticamente quando um valor monitorado ultrapassa os limites configurados. O SIGMA EAM segue o padrão ISA-18.2 (Management of Alarm Systems for the Process Industries):

- Classificação por severidade (alta, média, baixa).
- Deadband (banda morta) para evitar alarmes intermitentes.
- Latch (alarme permanece sinalizado até reconhecimento).
- Supressão temporária (durante paradas planejadas).
- Notificação multicanal (push, e-mail, SMS, WhatsApp).
- Histórico para análise de alarme rate e flood.

## 10.9 Monitoramento Online de Conectividade



# MANUAL DE START-UP

Painel "Saúde da Frota IoT" mostra em tempo real:

- Quantidade de dispositivos online vs. offline.
- Qualidade do sinal (RSSI, latência).
- Última comunicação por dispositivo.
- Versão de firmware por dispositivo.
- Alertas de bateria fraca (sensores wireless).

## 10.10 Configuração OTA (Over-The-Air Update)

OTA é a capacidade de atualizar o firmware de um dispositivo IoT remotamente, sem intervenção física. O SIGMA EAM gerencia campanhas OTA com:

- Segmentação por modelo e versão.
- Deploy escalonado (canary release — 5%, 25%, 100%).
- Rollback automático em caso de falha.
- Assinatura digital do firmware (impede instalação de firmware adulterado).
- Janela de atualização configurável (somente em horários de baixa criticidade operacional).

## 10.11 Controle de Firmware

Todos os firmwares disponíveis são catalogados com:

- Versão (semver).
- Notas de versão (changelog).
- Dispositivos compatíveis.
- Hash SHA-256 para verificação de integridade.
- Assinatura digital.

## 10.12 Redundância e Failover IoT

Para ativos críticos, recomenda-se redundância em camadas:

- Dois gateways operando em modo ativo-passivo.
- Conexões de internet redundantes (link primário + 4G de backup).
- Brokers MQTT em cluster (alta disponibilidade).
- Buffer local persistente nos gateways (não perde dados em caso de interrupção).

## 10.13 Segurança da Comunicação entre Dispositivos



# MANUAL DE START-UP

A segurança IoT segue as melhores práticas da IEC 62443 (Segurança em Sistemas de Automação Industrial) e da OWASP IoT Top 10:

- Autenticação mútua via certificados X.509.
- Criptografia TLS 1.3 em todas as comunicações.
- Princípio de zero-trust (cada dispositivo prova sua identidade a cada conexão).
- Segmentação de rede industrial (purdue model — DMZ entre IT e OT).
- Auditoria de eventos de segurança nos dispositivos.
- Hardening dos dispositivos (desabilitar portas e serviços desnecessários).



# MANUAL DE START-UP

## 11. Plataforma de Business Intelligence (BI)

Business Intelligence (BI) é a capacidade de transformar dados em decisões. Enquanto a operação cotidiana gera milhares de eventos, ordens de serviço e leituras de sensores, o BI organiza essa enxurrada em painéis claros e indicadores estratégicos para a tomada de decisão.

### 11.1 Plataforma BI Integrada

O SIGMA EAM inclui um módulo BI nativo, baseado em tecnologia OLAP (Online Analytical Processing), com capacidade analítica completa. Para clientes que já possuem ferramentas externas (Power BI, Tableau, Qlik, Grafana), o SIGMA EAM oferece conectores nativos.

### 11.2 Integração com Data Warehouse

Data Warehouse (DW) é o "depósito histórico" — um banco de dados otimizado para grandes volumes de consultas analíticas, sem impactar o sistema transacional. O SIGMA EAM mantém um DW próprio em arquitetura moderna (modelo Lakehouse), com:

- Camada bronze — dados brutos.
- Camada prata — dados limpos e padronizados.
- Camada ouro — dados agregados, prontos para análise.

### 11.3 Configuração de ETL/ELT

ETL (Extract-Transform-Load) e seu primo moderno ELT (Extract-Load-Transform) são os processos que movem e transformam dados entre sistemas. No SIGMA EAM, são configuráveis:

- Fontes de dados (banco transacional, IoT, ERP, planilhas).
- Frequência de carga (tempo real, microbatch, batch diário).
- Regras de transformação (limpeza, enriquecimento, deduplicação).
- Controle de qualidade (testes automáticos de consistência).
- Linhagem de dados (data lineage) — rastreabilidade de cada métrica até sua origem.

### 11.4 Parametrização de Dashboards Gerenciais

Dashboards são organizados em três níveis hierárquicos, alinhados à pirâmide de gestão (modelo ISA-95):



# MANUAL DE START-UP

Nível	Público	Conteúdo típico	Frequência de atualização
Operacional	Mantenedores, supervisores	OS em execução, alarmes ativos, ronda do turno.	Tempo real
Tático	Planejadores, gerentes	Backlog, aderência ao plano, MTBF/MTTR por equipe.	Diário
Estratégico	Diretoria	Disponibilidade global, CMVR, ROA, riscos.	Mensal

## 11.5 Criação de Indicadores Estratégicos (KPIs)

Os KPIs disponíveis no SIGMA EAM seguem as definições da SMRP (Society for Maintenance & Reliability Professionals) e do EFNMS (European Federation of National Maintenance Societies), constituindo um padrão internacional para benchmarking. Os principais incluem:

- Disponibilidade (Availability) —  $A = \text{uptime} / (\text{uptime} + \text{downtime})$ .
- MTBF — Tempo Médio Entre Falhas.
- MTTR — Tempo Médio de Reparo.
- Taxa de Falha ( $\lambda$ ) — falhas por unidade de tempo.
- Backlog em homem-hora (referência: 2 a 4 semanas de trabalho).
- Aderência ao Plano Preventivo (referência classe mundial:  $\geq 90\%$ ).
- PM Compliance (compliance da manutenção preventiva  $\pm 10\%$  da data planejada).
- Schedule Compliance (cumprimento do cronograma semanal — referência:  $\geq 85\%$ ).
- CMVR — Custo de Manutenção / Valor de Reposição (referência: 2% a 3% ao ano).
- Wrench Time (tempo de chave inglesa — tempo efetivamente trabalhando vs. tempo na OS — referência:  $\geq 55\%$ ).
- OEE — Eficácia Global do Equipamento (referência classe mundial:  $\geq 85\%$ ).

## 11.6 Configuração de Relatórios Automáticos e Agendamentos

Qualquer relatório ou dashboard pode ser agendado para envio automático por e-mail, em formato PDF, XLSX ou link interativo. Frequências suportadas: horária, diária, semanal, mensal, trimestral, anual.

## 11.7 Configuração de Cubos Analíticos

Cubo OLAP (Online Analytical Processing) é uma estrutura multidimensional que permite analisar dados sob várias perspectivas simultaneamente (dimensões) — por exemplo, custo de manutenção por planta, por mês, por tipo de OS, por equipe. O SIGMA EAM oferece cubos pré-configurados para os principais cenários de análise.



# MANUAL DE START-UP

## 11.8 Painéis Executivos em Tempo Real

Para a alta direção, o SIGMA EAM disponibiliza painéis executivos em modo "war room" — telas grandes, contraste alto, atualização em tempo real, com semáforos visuais (verde/amarelo/vermelho) para os principais KPIs.

## 11.9 Controle de Permissões Analíticas

Permissões granulares determinam quem enxerga o quê:

- Por planta, área, equipamento.
- Por classificação de criticidade.
- Por nível organizacional.
- Por dimensão financeira (centro de custo, conta contábil).

## 11.10 Integração com Power BI, Grafana e Tableau

Para empresas que já investiram em ferramentas externas de BI, o SIGMA EAM oferece conectores certificados:

- Power BI: conector nativo Microsoft, autenticação OAuth, refresh agendado.
- Tableau: extrator JDBC com cubos pré-modelados.
- Qlik Sense: conector REST com cache inteligente.
- Grafana: integração via API REST e via Prometheus para métricas de tempo real.

## 11.11 Configuração de Inteligência Operacional e Análise Preditiva

Indicadores leading (antecedentes) — aqueles que projetam o futuro, em oposição aos lagging (atrasados, que medem o passado) — são essenciais para a tomada de decisão antecipada. O SIGMA EAM oferece:

- Projeção de backlog (semanas adiante).
- Projeção de demanda de mão de obra.
- Projeção de consumo de peças.
- Projeção de risco de falha por ativo.
- Projeção de custo orçamentário.

## 11.12 Configuração de Alertas Analíticos Automáticos

Diferente dos alarmes IoT (que reagem a leituras instantâneas), os alertas analíticos reagem a tendências e padrões:

- "OS corretivas neste mês excedem em 30% a média histórica".



# MANUAL DE START-UP

- "Backlog vem crescendo há 4 semanas consecutivas".
- "CMVR ultrapassou o limite estratégico de 3%".
- "Custo de OS desta equipe está 20% acima da meta".

## 11.13 Governança e Qualidade de Dados Analíticos

Dado ruim gera análise ruim. O SIGMA EAM monitora continuamente a qualidade dos dados analíticos, conforme as dimensões do DAMA-DMBOK (Data Management Body of Knowledge):

- Completude (campos preenchidos vs. campos obrigatórios).
- Consistência (mesma informação em fontes diferentes).
- Acurácia (dado corresponde à realidade).
- Atualidade (dado não está obsoleto).
- Validade (dado respeita os domínios definidos).
- Unicidade (sem duplicidades).



# MANUAL DE START-UP

## 12. Plataforma de Inteligência Artificial

Inteligência Artificial (IA) aplicada à manutenção não é mais ficção científica — é a fronteira atual da gestão de ativos de classe mundial. O SIGMA EAM incorpora modelos de IA preditiva e generativa que aprendem com o histórico operacional da empresa para antecipar problemas, recomendar ações e apoiar decisões.

### 12.1 Cadastro da Plataforma IA Integrada

A plataforma de IA do SIGMA EAM é nativa e não exige conhecimento técnico do usuário final. Os modelos são treinados em segundo plano, usando os dados próprios do cliente (jamais misturados com dados de outros clientes — exigência da LGPD).

### 12.2 Configuração de Modelos de IA

Modelos disponíveis no SIGMA EAM, por categoria:

Categoria	Modelos típicos	Uso prático
Regressão	Random Forest, XGBoost, Gradient Boosting	Estimar MTBF, custo, tempo de execução.
Classificação	Logistic Regression, Neural Networks	Classificar criticidade de SS, tipo de falha.
Séries Temporais	ARIMA, Prophet, LSTM	Prever indicadores futuros.
Deteção de Anomalias	Isolation Forest, Autoencoders	Identificar comportamentos fora do padrão em sensores.
NLP (Linguagem Natural)	Modelos transformers	Classificar relatos livres em SS e extrair causas/soluções.
IA Generativa	Modelos LLM	Assistente virtual, geração de procedimentos, resumos.

### 12.3 Parametrização de Algoritmos Analíticos

Para cada modelo, são parametrizáveis (com valores padrão sensatos para uso "out of the box"):

- Janela de treinamento (quantidade de histórico utilizado).
- Frequência de retreinamento.
- Métrica de qualidade aceitável (acurácia mínima,  $R^2$ , F1-score).
- Limiar de confiança para emitir recomendação.
- Conjunto de features (variáveis de entrada).



# MANUAL DE START-UP

## 12.4 IA Preditiva — Manutenção Preditiva

A IA preditiva combina dados de sensores IoT, histórico de OS e características do ativo para prever falhas antes que elas aconteçam. Ela responde a perguntas como:

- Quando este equipamento provavelmente vai falhar?
- Qual a probabilidade de falha nas próximas 30 dias?
- Qual o modo de falha mais provável?
- Qual a melhor janela para intervenção preventiva?

### Resultado típico em empresas que adotam IA preditiva

Estudos da Deloitte e do Departamento de Energia dos EUA mostram que manutenção preditiva baseada em IA reduz custos de manutenção em 25 a 30%, reduz falhas inesperadas em até 70% e aumenta a disponibilidade em até 20%, comparadas a estratégias puramente reativas ou preventivas.

## 12.5 IA Generativa — Assistente Virtual

O assistente virtual integrado ao SIGMA EAM utiliza modelos de linguagem para conversar em português com o usuário e:

- Responder dúvidas sobre o sistema ("como abro uma OS?").
- Buscar informações no histórico ("quais foram as últimas falhas da Bomba 005?").
- Gerar resumos de OS, RCAs e relatórios.
- Sugerir causas e soluções com base em casos similares anteriores.
- Auxiliar na redação de procedimentos.
- Traduzir relatos técnicos em linguagem gerencial.

## 12.6 Treinamento de Modelos com Dados Históricos

Quanto mais dado de qualidade, melhor o modelo. Recomenda-se ter pelo menos:

- 12 meses de histórico de OS para modelos de previsão de falhas.
- 6 meses de leituras IoT contínuas para detecção de anomalias.
- 100 ou mais ocorrências de cada modo de falha para modelos de classificação.

## 12.7 Análise Automática de Falhas

Quando uma OS é finalizada, a IA analisa automaticamente:

- Se o modo de falha registrado é coerente com a descrição.
- Se há padrão de reincidência.



# MANUAL DE START-UP

- Se a solução adotada é a mais frequente para casos similares.
- Se o tempo de reparo está dentro do esperado.

## 12.8 Motor de Recomendações Inteligentes

O motor de recomendações sugere proativamente:

- "Considere antecipar a próxima preventiva do Motor 023 — tendência de vibração elevada".
- "OS recorrente na Bomba 010 sugere análise de causa raiz".
- "Peça X tem giro de estoque baixo — revisar política de reposição".
- "Equipe A tem produtividade 15% acima da média — investigar boas práticas".

## 12.9 Aprendizado Contínuo (Machine Learning)

Os modelos não são estáticos. À medida que novos dados chegam, eles são reavaliados:

- Monitoramento contínuo de performance (drift detection).
- Retreinamento automático em ciclos definidos.
- Validação em conjunto de teste antes da promoção ao ambiente produtivo.
- Versão de cada modelo é rastreada (MLOps).
- Feedback humano (Human-in-the-Loop) refina o modelo.

## 12.10 Análise Comportamental e Criticidade Automática

A IA pode reclassificar automaticamente a criticidade de um ativo com base no comportamento observado — um ativo que era classe C, mas começou a apresentar comportamento errático, pode ser elevado automaticamente para B, sob aprovação do gestor.

## 12.11 Integração IA + Manutenção Preditiva

O fluxo integrado funciona assim:

198. Sensores IoT coletam dados em tempo real.
199. IA identifica desvio do padrão normal.
200. Modelo preditivo estima janela provável de falha.
201. Sistema gera alerta com classificação de criticidade.
202. Planejador converte o alerta em OS preventiva sob condição.
203. Após execução, o resultado retroalimenta o modelo, melhorando previsões futuras.

## 12.12 Geração Automática de Insights Operacionais



# MANUAL DE START-UP

Todo dia, o assistente virtual do SIGMA EAM gera um resumo executivo com:

- Top 5 anomalias detectadas.
- Top 3 recomendações de ação.
- Comparativo com o dia anterior.
- Riscos emergentes.
- Oportunidades de economia.

## 12.13 Auditoria Operacional Assistida por IA

A IA monitora padrões anômalos de uso do sistema que podem indicar não-conformidade:

- OS com tempo de execução desproporcional.
- Apontamentos inconsistentes.
- Aprovações fora de horário comercial sem justificativa.
- Uso excessivo de "causa não identificada".



# MANUAL DE START-UP

## 13. Recursos de Follow-up e Workflow Inteligente

Workflow é o fluxo formalizado de aprovações, etapas e responsáveis pelos quais uma tarefa transita até sua conclusão. Follow-up é o acompanhamento proativo dessas tarefas para evitar que algo "fique parado". Juntos, formam a espinha dorsal da governança operacional do SIGMA EAM.

### 13.1 Configuração de Follow-up Automático

O SIGMA EAM acompanha automaticamente o tempo de permanência de uma tarefa em cada etapa. Quando o tempo definido é ultrapassado, o sistema executa uma ou mais ações:

- Notificar o responsável atual.
- Notificar o supervisor imediato.
- Escalar para o próximo nível hierárquico.
- Marcar o item com indicador visual (badge "atrasado").
- Gerar registro em log de SLA.

### 13.2 Regras de Escalonamento de Atividades

Escalonamento é a transferência automática de uma tarefa ao nível superior quando o tempo-limite é vencido. As regras são configuráveis por:

- Tipo de tarefa (OS, SS, aprovação, calibração).
- Criticidade do ativo associado.
- Hierarquia organizacional.
- Horário (regras diferentes para horário comercial e fora dele).
- Calendário de feriados e exceções.

### 13.3 Configuração de Fluxos de Aprovação

Cada tipo de documento (OS, requisição de compra, alteração de plano preventivo) pode ter seu próprio fluxo de aprovação, com regras como:

- Aprovação por valor (até R\$ 1.000 — supervisor; até R\$ 10.000 — gerente; acima — diretor).
- Aprovação por criticidade do ativo.
- Aprovação por tipo de risco (NR-10, NR-13, NR-33, NR-35).
- Aprovação dupla obrigatória (segregação de funções).
- Substituição automática em caso de ausência (delegação temporária).



# MANUAL DE START-UP

## 13.4 Controle de Pendências Operacionais

Painel central de pendências mostra ao usuário:

- Tudo que aguarda sua ação.
- Tudo que ele delegou e aguarda ação de terceiros.
- Tudo que está prestes a vencer o SLA.
- Histórico do que foi resolvido nos últimos 30 dias.

## 13.5 Workflows Automatizados

BPMN 2.0 (Business Process Model and Notation) é o padrão internacional para modelagem de processos de negócio. O SIGMA EAM permite que processos operacionais sejam desenhados visualmente em notação BPMN e executados automaticamente.

Exemplos típicos:

- Fluxo padrão de SS → OS → Execução → Encerramento → Aprovação financeira.
- Fluxo de OS com permissão de trabalho (PT) integrada — SS, análise de risco, emissão de PT, execução, encerramento.
- Fluxo de modificação de plano preventivo (PROC — Procedure of Operational Change).
- Fluxo de RCA pós-falha crítica.

## 13.6 Encaminhamento Automático de Tarefas

O sistema atribui automaticamente uma OS ao mantenedor mais adequado, com base em:

- Qualificações exigidas vs. certificações vigentes.
- Disponibilidade na agenda.
- Proximidade geográfica do ativo.
- Carga de trabalho atual.
- Histórico de produtividade em tarefas similares.

## 13.7 Regras de SLA e Vencimentos

Para cada tipo de OS, define-se o SLA esperado:

Tipo de OS	SLA típico	Indicador
Corretiva — Ativo Crítico	4 horas para início	Tempo de resposta
Corretiva — Ativo Não Crítico	24 horas para início	Tempo de resposta
Preventiva	± 10% da data planejada	Aderência
Inspeção regulatória	Conforme legislação	Compliance



# MANUAL DE START-UP

Tipo de OS	SLA típico	Indicador
Calibração	Antes do vencimento do certificado	Vigência metrológica

## 13.8 Controle Automático de Reincidências

O SIGMA EAM detecta automaticamente quando uma falha se repete em um curto intervalo de tempo:

- Bloqueia o encerramento simples (exige RCA completo).
- Notifica engenharia de confiabilidade.
- Atualiza a classificação do ativo (criticidade dinâmica).
- Recomenda revisão do plano preventivo associado.

## 13.9 Configuração de Checkpoints Operacionais

Checkpoints são marcos formais dentro de um processo — momentos em que o sistema pausa para validação humana antes de prosseguir. Particularmente úteis em fluxos críticos como permissão de trabalho a quente, espaço confinado e bloqueio e etiquetagem (LOTO).

## 13.10 Rastreamento de Status em Tempo Real

Cada OS, SS ou pendência tem um "timeline" visual mostrando todas as transições de estado, com data, hora, responsável e duração em cada etapa. Excelente para análise de gargalos do processo (Process Mining).



# MANUAL DE START-UP

## 14. Notificações e Comunicação Automatizada

Uma boa notificação chega ao destinatário certo, no canal certo, na hora certa, com a informação certa. Notificações em excesso geram "fadiga de alertas" (alarm fatigue) e fazem o usuário ignorar até as mensagens importantes. O SIGMA EAM oferece controle fino para evitar esse problema.

### 14.1 Notificações por E-mail

E-mail é o canal padrão para notificações não-urgentes. Cada usuário pode definir:

- Categorias de evento que deseja receber.
- Frequência (imediata, resumo diário, resumo semanal).
- Horário de silêncio ("não me incomode entre 22h e 6h").
- Cópia para o gestor.

### 14.2 Notificações Push (Mobile)

Push é o alerta que aparece na tela do celular mesmo com o aplicativo fechado. Indicado para:

- OS atribuídas ao mantenedor.
- Alarmes críticos.
- Aprovações pendentes do gestor.
- SS em ativos críticos.

### 14.3 Integração com WhatsApp Corporativo

Por meio da WhatsApp Business API oficial, o SIGMA EAM envia notificações estruturadas. Indicado para:

- Alertas críticos em horários não comerciais.
- Confirmações simples (responder "OK" ou "NÃO PODE").
- Lembretes de aprovação.

#### **Atenção sobre conformidade**

O WhatsApp Business API é o único canal oficial autorizado para uso corporativo. Bots não-oficiais via WhatsApp Web violam termos de uso e podem ter as contas bloqueadas. A integração no SIGMA EAM utiliza exclusivamente a API oficial.

### 14.4 SMS Automatizado



# MANUAL DE START-UP

Reservado para situações em que o usuário não tem smartphone ou está fora de cobertura de internet (regiões remotas, plantas isoladas).

## 14.5 Alertas Críticos em Tempo Real

Alertas classificados como críticos seguem regra especial:

- Notificação em todos os canais disponíveis simultaneamente.
- Ignoram horário de silêncio.
- Exigem confirmação de leitura (acknowledgment).
- Escalonam automaticamente se não confirmados em 5 minutos.

## 14.6 Regras de Envio por Prioridade

Prioridade	Canais	Janela	Confirmação
Baixa	E-mail	Apenas horário comercial	Não exigida
Média	E-mail + Push	24/7	Não exigida
Alta	Push + E-mail + SMS	24/7	Recomendada
Crítica	WhatsApp + Push + SMS + Ligação automatizada	24/7	Obrigatória

## 14.7 Configuração de Grupos de Destinatários

Para evitar configurar destinatários individualmente em cada regra, podem ser criados grupos: "Plantão Mecânico", "Coordenadores de Turno", "Equipe de Eletricistas Habilitados NR-10", "Diretoria Industrial". Esses grupos são tipicamente sincronizados com o Active Directory.

## 14.8 Escalonamento Automático de Alertas

Quando um alerta crítico não é reconhecido no tempo definido, o sistema escala automaticamente:

204. Mantenedor de plantão (0 a 5 minutos).
205. Supervisor de turno (5 a 10 minutos).
206. Gerente de manutenção (10 a 20 minutos).
207. Diretor industrial (acima de 20 minutos).

## 14.9 Histórico de Notificações

Todas as notificações enviadas são registradas, com:



# MANUAL DE START-UP

- Data, hora e canal.
- Status de entrega (entregue, lido, respondido).
- Conteúdo enviado (mascarado conforme política de privacidade).
- Ações tomadas pelo destinatário.

Esse histórico serve como evidência para auditorias e investigações.



# MANUAL DE START-UP

## 15. Recursos de Piloto Automático Operacional

"Piloto automático" é o conjunto de funções do SIGMA EAM que reduzem a carga sobre o operador humano automatizando decisões repetitivas e previsíveis — sempre sob supervisão e sob regras claramente definidas. A inspiração é o conceito de "sistemas de apoio à decisão" da engenharia aeronáutica: a tecnologia voa o avião, mas o piloto continua no comando.

### 15.1 Ações Automáticas do Sistema

Quando uma condição definida é atingida, o sistema executa uma ação sem necessidade de intervenção manual:

- Abertura automática de OS preventiva por horímetro/ciclo/quilometragem.
- Reposição automática de estoque (gera RC quando atinge ponto de pedido).
- Bloqueio automático de equipamento em alarme crítico.
- Encerramento automático de OS rotineira validada por checklist.
- Atualização automática de status do ativo (em operação, em manutenção, parado).

### 15.2 Parametrização de Respostas Automáticas

Cada ação automática tem três níveis configuráveis:

**Modo "Sugerir":** o sistema apenas sugere a ação ao usuário, que decide se executa.

**Modo "Aprovar":** o sistema propõe a ação com tudo preenchido; basta o usuário aprovar.

**Modo "Executar":** o sistema executa autonomamente e apenas notifica.

### 15.3 Execução Automática de Rotinas Operacionais

Rotinas configuráveis para execução automática:

- Geração de OS preventivas semanais.
- Distribuição automática de OS pendentes para a equipe do dia.
- Fechamento contábil mensal da manutenção.
- Geração e envio de relatórios gerenciais.
- Limpeza de logs antigos.
- Sincronização com ERP (turno noturno).

### 15.4 Geração Automática de Ordens de Serviço

Gatilhos para geração automática de OS:

- Vencimento de plano preventivo no calendário.



# MANUAL DE START-UP

- Vencimento por horímetro/ciclo/quilometragem.
- Alarme IoT classificado como acionador automático.
- Alerta preditivo da IA acima do limiar de confiança.
- Solicitação aprovada (conversão SS → OS).

## 15.5 Acionamento Automático de Equipes

Em situações pré-definidas, o sistema aciona automaticamente equipes:

- Alarme crítico fora do horário comercial → equipe de plantão.
- Acidente registrado → equipe SESMT + supervisor.
- Falha de utilidade (energia, ar comprimido, água) → equipe de utilidades + emergência.

## 15.6 Automatização de Planos de Manutenção

Planos de manutenção podem ser não apenas executados, mas também otimizados automaticamente:

- Ajuste de periodicidade conforme MTBF observado (frequência dinâmica).
- Mudança de tipo (de fixa para condicional, baseada em IoT).
- Reagrupamento para janelas únicas (reduz paradas).
- Sugestão de eliminação de tarefas sem efeito comprovado (ALARP — As Low As Reasonably Practicable).

## 15.7 Ajuste Automático de Parâmetros Operacionais

Para ativos integrados a sistemas de automação industrial, o SIGMA EAM pode propor (e, com autorização, executar) ajustes em parâmetros operacionais — por exemplo, reduzir a rotação de uma bomba que apresenta sinais iniciais de cavitação.

## 15.8 Controle Automático de Anomalias

Toda anomalia detectada passa por um fluxo automatizado:

208. Detecção (IoT, IA, inspeção).
209. Classificação por criticidade.
210. Notificação ao responsável.
211. Abertura de OS ou alerta preditivo.
212. Acompanhamento automático até resolução.
213. Análise pós-evento (RCA assistido por IA).



# MANUAL DE START-UP

## 15.9 Autoaprendizado Operacional

À medida que o sistema processa ocorrências reais, ele aprende:

- Quais ações foram efetivamente eficazes para cada modo de falha.
- Quais combinações de sintomas costumam preceder qual falha.
- Quanto tempo cada tipo de OS costuma realmente levar.
- Quais peças são realmente consumidas em cada tipo de intervenção.

## 15.10 Tomada de Decisão Assistida por IA

Para decisões complexas, o SIGMA EAM oferece um "copiloto" que apresenta ao gestor:

- As opções viáveis com seus prós e contras.
- A recomendação do modelo com nível de confiança.
- O histórico de decisões similares e seus resultados.
- O impacto financeiro estimado de cada opção.
- Os riscos associados a cada caminho.

### **Princípio do Humano no Comando**

Por design, o SIGMA EAM nunca substitui a decisão humana em questões que envolvam segurança das pessoas, meio ambiente, conformidade legal ou impacto financeiro relevante. A IA assiste, recomenda e automatiza o trivial — mas o ser humano mantém o controle final. Este princípio segue a ISO/IEC 22989 e a futura regulamentação brasileira de IA.



# MANUAL DE START-UP

## 16. Análise PDCA e Melhoria Contínua

O ciclo PDCA (Plan-Do-Check-Act), formulado por Walter Shewhart e popularizado por William Edwards Deming, é a base da melhoria contínua na qualidade. Aplicado à manutenção, ele transforma cada falha em aprendizado e cada aprendizado em ganho permanente. O SIGMA EAM incorpora o PDCA como motor central da sua filosofia operacional.

### 16.1 Configuração de Ciclos PDCA

Cada ciclo PDCA no SIGMA EAM tem as quatro fases formalizadas:

Fase	Significado	O que o SIGMA EAM apoia
P — Plan (Planejar)	Identificar o problema e planejar a solução.	Registro do problema, definição da meta, plano de ação detalhado.
D — Do (Executar)	Implementar o plano em escala piloto.	Execução das ações, registro de evidências, fotos, medidas.
C — Check (Verificar)	Medir resultados vs. meta planejada.	Coleta automática de indicadores antes e depois.
A — Act (Agir)	Padronizar o que funcionou; replanejar o que não.	Atualização de procedimentos, planos preventivos e padrões.

### 16.2 Registro de Problemas e Não Conformidades

Toda não conformidade — uma OS que não atingiu o resultado esperado, uma falha recorrente, um desvio em auditoria — pode iniciar um ciclo PDCA. O registro contém:

- Descrição objetiva do problema (o quê, onde, quando, quem identificou).
- Evidências (fotos, leituras, relatos).
- Impacto (segurança, produção, custo, qualidade, meio ambiente).
- Classificação ABC de criticidade.
- Vinculação ao ativo, sistema, componente.

### 16.3 Análise de Causa Raiz (RCA)

RCA (Root Cause Analysis) é o método para descobrir não apenas o que causou a falha, mas o porquê. O SIGMA EAM suporta as principais metodologias internacionais:

- **5 Porquês (5 Whys):** perguntar "por quê?" sucessivamente até chegar à causa fundamental. Originário do Sistema Toyota de Produção.
- **Diagrama de Ishikawa (Espinha de Peixe):** agrupa causas em 6 categorias — Método, Máquina, Material, Mão de Obra, Medida, Meio Ambiente (6 Ms).



# MANUAL DE START-UP

- **Árvore de Falhas (FTA — Fault Tree Analysis):** padrão IEC 61025, mapeia logicamente como eventos básicos combinam-se até a falha principal.
- **FMEA (Failure Mode and Effects Analysis):** padrão MIL-STD-1629 e SAE J1739, analisa modos de falha, efeitos e severidade, calculando RPN (Risk Priority Number).
- **Apollo RCA:** metodologia causal baseada em condições e ações, com cadeias "causa-efeito" rastreáveis.

## 16.4 Plano de Ação Corretiva e Preventiva (CAPA)

Para cada causa raiz identificada, define-se ação corretiva (elimina a causa atual) e ação preventiva (impede a recorrência). O SIGMA EAM registra:

- Descrição da ação.
- Responsável.
- Prazo.
- Recursos necessários.
- Critério de eficácia (como saberemos que funcionou).

## 16.5 Monitoramento de Eficácia das Ações

Após a implementação, o sistema acompanha automaticamente os indicadores associados durante um período de validação (tipicamente 90 dias):

- A falha voltou a ocorrer?
- Os indicadores melhoraram?
- O custo foi efetivamente reduzido?
- A solução causou efeitos colaterais não previstos?

## 16.6 Controle de Indicadores de Melhoria Contínua

Painel próprio de melhoria contínua mostra:

- Quantidade de PDCA's abertos, em andamento e concluídos.
- Taxa de eficácia (PDCA's que atingiram a meta).
- Tempo médio de ciclo (do problema à padronização).
- Economia gerada (custos evitados).
- Top 10 problemas recorrentes.

## 16.7 Auditoria de Execução do PDCA

A cada ciclo PDCA concluído, um auditor independente (interno ou externo) pode revisar:



# MANUAL DE START-UP

- Se a causa raiz foi corretamente identificada.
- Se as ações foram adequadas à causa.
- Se as evidências comprovam a eficácia.
- Se a padronização foi efetivamente realizada.

## 16.8 Integração com Gestão da Qualidade

O módulo PDCA do SIGMA EAM integra-se a sistemas de gestão da qualidade certificados pela ISO 9001 — sincronizando RNCs (Registros de Não Conformidade) e fechando o ciclo entre manutenção, qualidade e produção.

## 16.9 Histórico Evolutivo de Problemas Recorrentes

Para cada modo de falha, o sistema mantém o "livro de vida":

- Histórico de todas as ocorrências.
- Todas as RCAs realizadas.
- Todas as ações implementadas.
- Efetividade ao longo do tempo.
- Lições aprendidas (lessons learned).

## 16.10 Dashboard de Maturidade Operacional

Inspirado em modelos como o PAS 55 e o ISO 55001 Self-Assessment, o dashboard de maturidade avalia a organização em dimensões como:

- Liderança e estratégia de ativos.
- Planejamento e ciclo de vida.
- Pessoas e competências.
- Informação e dados.
- Tomada de decisão.
- Melhoria contínua.

A pontuação vai de 1 (ad hoc) a 5 (otimizado), com plano de evolução sugerido pelo sistema.



# MANUAL DE START-UP

## 17. Recursos RPA (Robotic Process Automation)

RPA (Automação Robótica de Processos) consiste em programar "robôs de software" — pequenos programas que executam tarefas repetitivas com a mesma precisão de um humano, mas sem cansaço, sem férias e sem erro de digitação. O SIGMA EAM oferece capacidades RPA nativas para automatizar atividades que tipicamente consomem horas da equipe.

### 17.1 Configuração de Robôs Automatizados

Cada robô tem identidade própria no sistema:

- Nome (ex.: "Robô de Cadastro de Materiais").
- Descrição do que faz.
- Proprietário (pessoa responsável).
- Credenciais (com permissões mínimas necessárias).
- Calendário de execução.

### 17.2 Criação de Fluxos RPA

Os fluxos RPA são desenhados visualmente (low-code/no-code) com componentes prontos:

- Conectores de entrada (leitor de e-mail, planilha, API).
- Conectores de saída (criar OS, criar requisição, atualizar cadastro).
- Componentes de decisão (se/então/senão).
- Componentes de loop (para cada item, faça).
- Componentes de exceção (em caso de erro).
- Componentes de notificação (sucesso/falha).

### 17.3 Integração RPA com Sistemas Externos

RPA é especialmente útil quando o sistema externo não possui API moderna. Estratégias suportadas:

- Integração via API REST (preferencial).
- Integração via banco de dados (consulta direta).
- Integração via troca de arquivos (FTP, SFTP, e-mail).
- Automação de interface (UI Automation) como último recurso, simulando uso humano.

### 17.4 Automação de Tarefas Repetitivas

Exemplos clássicos de tarefas automatizáveis com RPA:



# MANUAL DE START-UP

- Cadastro em lote de novos colaboradores (a partir de planilha do RH).
- Sincronia de centros de custo com o ERP.
- Importação diária de leituras de medidores.
- Conciliação de notas fiscais de serviços.
- Atualização de catálogo de fornecedores.
- Carga de planos de manutenção a partir de manuais de fabricantes.

## 17.5 Captura Automática de Dados

Robôs especializados em "OCR + IA" extraem dados de documentos não estruturados:

- Notas fiscais (XML e PDF).
- Certificados de calibração.
- Relatórios de inspeção em PDF.
- Manuais técnicos.
- Boletins de manutenção do fabricante (TSB, service letters).

## 17.6 Robôs para Processamento Documental

Casos comuns:

- Robô que recebe certificado de calibração por e-mail, extrai metadados e cadastra no SIGMA EAM.
- Robô que classifica e-mails recebidos no canal de manutenção e abre SS automáticas.
- Robô que gera mensalmente os relatórios contratuais para clientes B2B.

## 17.7 Automação de Cadastros e Validações

Ao receber uma planilha de cadastro, o robô:

214. Valida formato e tipos de dados.
215. Verifica duplicidades.
216. Consulta fontes oficiais (CNPJ na Receita Federal, CEP nos Correios).
217. Cadastra os registros válidos.
218. Gera relatório dos registros rejeitados com motivo.

## 17.8 Monitoramento de Execução dos Robôs

Painel "Centro de Controle RPA" mostra:

- Status de cada robô (em execução, ocioso, em erro).
- Próxima execução agendada.



# MANUAL DE START-UP

- Estatísticas de produtividade (itens processados, tempo médio, taxa de erro).
- Histórico de execuções com logs detalhados.

## 17.9 Tratamento de Exceções Automatizadas

Quando o robô encontra uma situação inesperada, segue protocolo configurável:

- Tentar novamente (até N vezes, com espera exponencial).
- Pular o item e continuar.
- Parar e notificar o responsável.
- Encaminhar para fila de "intervenção humana".

## 17.10 Logs e Auditoria das Execuções RPA

Toda execução de robô gera trilha auditável:

- Data, hora e duração.
- Quantidade de itens processados.
- Itens com sucesso, falha e exceção.
- Recursos consumidos.
- Identidade do robô e versão do fluxo.

## 17.11 Orquestração de Múltiplos Robôs

Quando vários robôs precisam trabalhar em conjunto, o orquestrador coordena:

- Sequência de execução.
- Dependências entre tarefas.
- Compartilhamento de filas de trabalho.
- Balanceamento de carga.
- Failover (se um robô cair, outro assume).

## 17.12 Integração RPA + IA + BI

A combinação dos três cria fluxos verdadeiramente inteligentes:

219. RPA coleta dados de fontes diversas.
220. IA classifica, valida e enriquece os dados.
221. BI consolida e apresenta os resultados.
222. Recomendações geradas pelo BI alimentam novos fluxos RPA.



# MANUAL DE START-UP

## 17.13 Configuração de Automações Condicionais

Robôs com lógica condicional sofisticada:

- Se valor de OS > R\$ 10.000, encaminhar para diretoria.
- Se mantenedor disponível em < 1h, manter alocação; senão, redistribuir.
- Se estoque < ponto de pedido em fornecedor crítico, abrir RC urgente.

## 17.14 Agendamento de Execuções

Robôs podem ser agendados em padrões cron:

- Todo dia útil às 06:00.
- Toda segunda-feira às 08:00.
- A cada 4 horas, em horário comercial.
- Sob demanda, disparado por evento (webhook).

## 17.15 Indicadores de Produtividade dos Robôs

KPIs específicos para a operação RPA:

- FTE Equivalente (Full-Time Equivalent — quantas pessoas o robô substituiu em tarefas repetitivas).
- ROI do robô (economia gerada / custo de implementação).
- Taxa de sucesso (% de execuções sem erro).
- Tempo médio de processamento por item.
- Disponibilidade do robô.



# MANUAL DE START-UP

## 18. Configurações Avançadas

Esta última seção reúne configurações de alto nível, normalmente operadas pela equipe de TI ou pelo Administrador-Mestre, mas cujo conhecimento ajuda qualquer usuário a entender a robustez técnica do SIGMA EAM.

### 18.1 Monitoramento em Tempo Real

Telemetria contínua de toda a plataforma: latência de resposta, taxa de erros, uso de CPU, memória e disco, tempo médio de transação. Dashboards técnicos disponíveis ao Administrador e ao time da Rede Industrial 24x7.

### 18.2 Logs Analíticos com IA

Os logs do sistema são analisados por modelos de IA que detectam padrões anômalos (picos de erro, tentativas de acesso suspeitas, queries pesadas) e disparam alertas proativos antes que o usuário perceba o problema.

### 18.3 Rastreamento de Auditoria Completa

Cada ação sensível no sistema (criação, alteração, exclusão, exportação, login privilegiado) é registrada de forma imutável (append-only), com retenção mínima de 5 anos, atendendo às exigências da LGPD, ISO/IEC 27001 e SOX.

### 18.4 Configuração Multiempresa / Multiplanta

O SIGMA EAM suporta nativamente operação em múltiplas empresas (CNPJs distintos) e múltiplas plantas dentro de uma mesma empresa. Cada planta tem sua própria configuração de turnos, equipes, planos de manutenção e regras operacionais, mantendo consolidação corporativa para a alta gestão.

### 18.5 Gestão de Permissões por Unidade

Usuários podem ter perfis diferentes em unidades diferentes — um técnico pode ser "executor" na planta de Novo Hamburgo e "observador" na planta de Caxias do Sul. As permissões são combinadas por contexto.

### 18.6 API REST e Documentação Swagger

A API REST do SIGMA EAM segue o padrão OpenAPI 3.0. Toda a documentação é navegável em [https://api.\[cliente\].sigmaeam.com.br/swagger](https://api.[cliente].sigmaeam.com.br/swagger) e inclui exemplos prontos para teste. Autenticação via OAuth 2.0 ou tokens estáticos com escopo limitado.



# MANUAL DE START-UP

## 18.7 Integração com ERP

Conectores certificados para os principais ERPs do mercado brasileiro (SAP S/4HANA, TOTVS Protheus, Oracle E-Business, Microsoft Dynamics, Sankhya, Senior). A integração tipicamente cobre: centros de custo, fornecedores, materiais, requisições de compra, ordens de compra, recebimentos, baixa de estoque, contas a pagar.

## 18.8 Política de Retenção de Dados

Em conformidade com a LGPD (princípio da necessidade), os dados são retidos por períodos definidos:

Tipo de dado	Retenção mínima	Após o prazo
Operacional (OS, SS)	5 anos	Arquivado em storage frio
IoT (alta frequência)	90 dias (granular) + 5 anos (agregado)	Agregação automática
Logs de acesso	1 ano (online) + 5 anos (frio)	Arquivado em storage frio
Logs de auditoria	5 anos online + 5 anos frio	Arquivado em storage frio
Dados pessoais inativos (LGPD)	Conforme finalidade	Anonimizado ou excluído

## 18.9 Gestão de Atualizações Automáticas

Atualizações de software seguem a janela de manutenção do cliente, com comunicação prévia, testes em homologação e capacidade de rollback. Padrão: zero-downtime deployment com blue-green ou canary release.

## 18.10 Indicadores de Saúde do Sistema

Painel "SIGMA Health" para o Administrador:

- Disponibilidade dos últimos 30 dias.
- Tempo médio de resposta por módulo.
- Volume de transações por hora.
- Usuários ativos simultâneos.
- Status dos serviços críticos.

## 18.11 Configuração de Filas e Serviços Assíncronos

Tarefas pesadas (relatórios grandes, importações em lote, processamento IoT) são executadas em background, em filas processadas por workers escaláveis (RabbitMQ / Kafka).



# MANUAL DE START-UP

## 18.12 Escalabilidade Cloud

Arquitetura cloud-native baseada em Kubernetes permite escalonamento automático horizontal — mais usuários simultâneos = mais instâncias automaticamente provisionadas. Sem intervenção manual, sem limite prático.

## 18.13 Observabilidade e Telemetria

Padrão OpenTelemetry com três pilares:

- Logs — registros estruturados de eventos.
- Métricas — números agregados (taxa, latência, contagem).
- Traces — rastreamento de transações através de múltiplos serviços.

## 18.14 Configuração de Alertas Críticos de Infraestrutura

Alertas técnicos para a equipe de operações da Rede Industrial e, opcionalmente, para o time de TI do cliente: indisponibilidade, latência elevada, espaço em disco, falhas de banco, queda de gateways IoT.

## 18.15 Política DevSecOps

Segurança incorporada em todas as etapas do desenvolvimento, não apenas no final:

- SAST (análise estática de código).
- DAST (análise dinâmica em ambiente de teste).
- SCA (análise de dependências de terceiros).
- Pipeline com gates de segurança — não passa para produção sem aprovação automática.
- Pentest anual por empresa terceirizada certificada.

## 18.16 Gestão de Chaves e Segredos

Segredos (senhas, tokens, chaves API) nunca ficam no código ou em arquivos texto. São armazenados em cofres dedicados (HashiCorp Vault ou AWS Secrets Manager), com rotação automática periódica.

## 18.17 Hardening de Servidores

Servidores são configurados pelo princípio de superfície mínima de ataque:

- Apenas serviços estritamente necessários.
- Patches de segurança em até 7 dias da liberação do fabricante.



# MANUAL DE START-UP

- Configurações conforme benchmarks CIS (Center for Internet Security).
- Antivírus e EDR (Endpoint Detection and Response) ativos.

## 18.18 Compliance ISO/IEC 27001

A Rede Industrial mantém certificação ISO/IEC 27001 (Sistema de Gestão de Segurança da Informação), com auditorias internas semestrais e externa anual. Os 93 controles do Anexo A são aplicáveis e auditáveis.

## 18.19 Gestão de Vulnerabilidades

Programa formal com:

- Scanner automático semanal de vulnerabilidades.
- Classificação CVSS (Common Vulnerability Scoring System).
- Tratamento por SLA — crítica em 24h, alta em 7 dias, média em 30 dias.
- Bug bounty program (programa de recompensa para pesquisadores éticos).



# MANUAL DE START-UP

## Encerramento e Próximos Passos

Este manual conduziu você por todos os pilares do Sistema SIGMA EAM — do primeiro login ao uso avançado de IA, IoT, BI e RPA. Embora extenso, ele é apenas o ponto de partida da sua jornada na gestão de classe mundial de ativos.

A Rede Industrial recomenda que você:

223. Conclua o treinamento por perfil oferecido durante a implantação.
224. Pratique em ambiente de homologação antes de operar em produção.
225. Mantenha contato regular com o seu Customer Success Manager.
226. Participe da comunidade de usuários SIGMA EAM (eventos, fóruns, webinars).
227. Avalie periodicamente sua maturidade operacional e estabeleça metas de evolução.

### Mensagem final

Sistemas como o SIGMA EAM são ferramentas poderosas, mas o que diferencia organizações que alcançam excelência operacional não é a ferramenta — é a disciplina das pessoas em usá-la com método, propósito e melhoria contínua. Você não está sozinho nessa jornada. Conte com a Rede Industrial.

— Equipe Rede Industrial

Para dúvidas, sugestões ou suporte:

- Portal: <https://suporte.redeindustrial.com.br>
- E-mail: [suporte@redeindustrial.com.br](mailto:suporte@redeindustrial.com.br)
- Site: <https://www.redeindustrial.com.br>



# MANUAL DE START-UP

## SIGMA EAM

### Plataforma Inteligente de Gestão de Ativos, Manutenção e Performance Operacional

Descrição Técnica Aprofundada dos 14 Recursos Adicionais | Casos de Uso | ROI | Integração  
entre Plataformas | 28 Gráficos

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

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



# MANUAL DE START-UP

## INTRODUÇÃO — O SIGMA EAM COMO ECOSISTEMA INTEGRADO

O SIGMA EAM representa uma nova geração de plataformas de gestão de ativos industriais. Desenvolvido para transformar a manutenção em setor estratégico orientado por dados, o SIGMA vai muito além de um software CMMS convencional: atua como um ecossistema integrado que conecta pessoas, processos, dispositivos móveis, sensores IoT, inteligência artificial e indicadores de desempenho em uma única plataforma corporativa.

Este documento apresenta a descrição técnica aprofundada de cada um dos 14 recursos adicionais da plataforma, incluindo fundamentos técnicos, vantagens operacionais, métodos de aplicação prática, casos de uso reais da indústria brasileira, retorno sobre investimento (ROI), integração entre plataformas e recursos, e gráficos de resultados mensurados em campo.

### Recursos Cobertos neste Documento

1. Visão Geral Operacional e KPIs Inteligentes em Tempo Real
2. Ecossistema Integrado: Web + Aplicativo + Sensores IoT
3. Eliminação Total de Papéis e Gestão Inteligente de SLA
4. Follow-up Automático e Gestão Ativa de Pendências
5. Notificações Inteligentes Multicanais
6. Mobilidade Real: Operação Online e Offline
7. Evidências Multimídia nas Ordens de Serviço
8. Piloto Automático Operacional
9. Business Intelligence Integrado
10. Biometria Facial, Voz e Governança Digital
11. Inteligência Artificial Integrada ao Fluxo Operacional
12. PDCA Nativo Impulsionado por IA
13. Otimização Inteligente de Recursos, Backlog e Estoques
14. RPA e Automação de Processos Repetitivos



# MANUAL DE START-UP

## 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

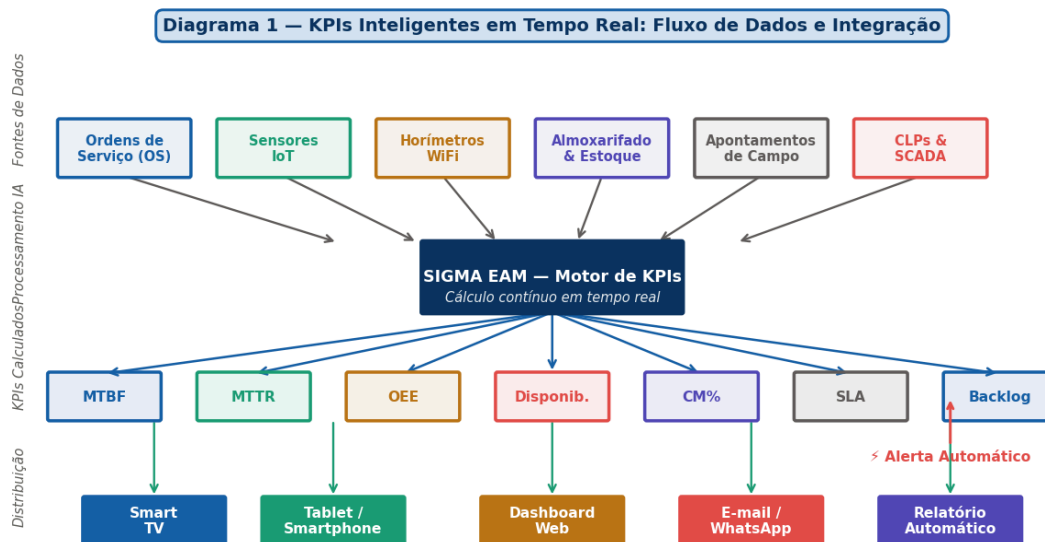


Diagrama 1 - KPIs Inteligentes: fluxo de dados desde as fontes até os dashboards e alertas automáticos

### Fundamentação Técnica



# MANUAL DE START-UP

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

## Método de Aplicação Prática

Configurar os equipamentos e ativos no cadastro do SIGMA com seus parâmetros de referência (MTBF esperado, MTTR alvo, disponibilidade mínima)  
Parametrizar os alertas de KPI: definir limites inferiores e superiores para cada indicador e para cada ativo crítico  
Configurar os dashboards conforme perfil de cada usuário: operador, supervisor, gerente, diretor  
Definir frequência de envio automático de relatórios por e-mail e WhatsApp para cada nível gerencial  
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 manutenção calculados manualmente em planilhas com atualização semanal. Decisões gerenciais com base em dados desatualizados. Disponibilidade real dos ativos críticos desconhecida durante o turno.

**Solução SIGMA:** Implantação dos dashboards do SIGMA EAM com atualização em tempo real. Smart TVs instaladas no chão de fábrica exibindo OEE, disponibilidade e backlog ao vivo. Alertas automáticos para supervisores via WhatsApp quando a disponibilidade cai abaixo de 90%.

**Resultado:** Tempo de decisão gerencial: 72 min → 8 min. Disponibilidade dos ativos críticos: 84% → 94%. Índice de corretiva não planejada: 41% → 19% em 18 meses.

### Gerdau Aços Longos – Ipatinga MG | Siderurgia



# MANUAL DE START-UP

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

**Solução SIGMA:** Integração 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. Precisão orçamentária: 58% → 94%. Redução de R\$ 4,1 milhões/ano nos custos de manutenção.

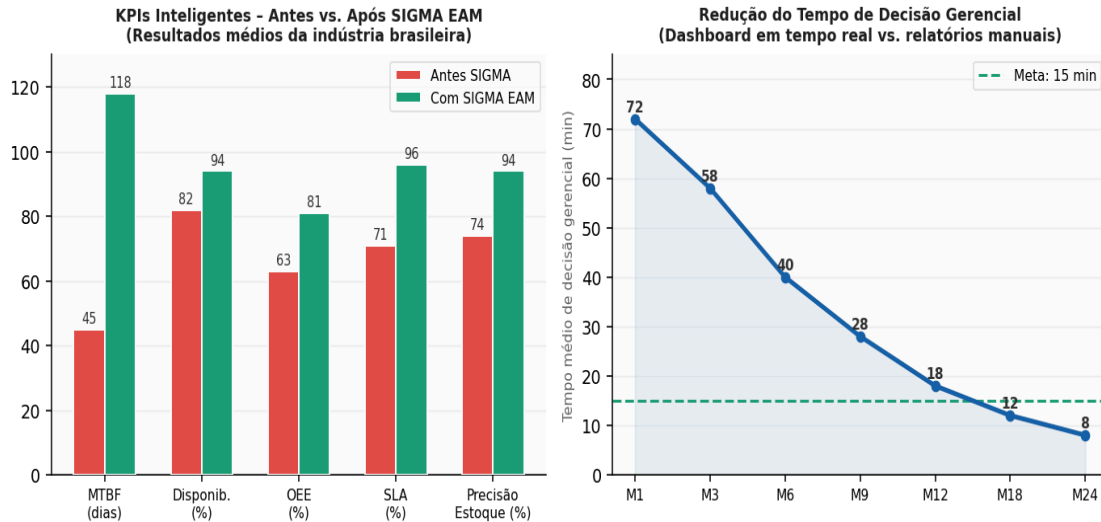


Gráfico 1 – KPIs Inteligentes: comparativo antes vs. após SIGMA EAM e evolução do tempo de decisão gerencial

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 5.000 a R\$ 18.000 (configuração + treinamento)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 400 mil a R\$ 3 milhões/ano (decisões mais rápidas e precisas)

**Payback:** 3 a 5 meses

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

## Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

Os KPIs são alimentados automaticamente por todas as origens de dados do ecossistema SIGMA: OS, sensores IoT, horímetros Wi-Fi, registros de estoque e apontamentos de campo.

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

A IA do SIGMA (Recurso 11) analisa os KPIs históricos para identificar tendências e prever deteriorações de desempenho antes que se tornem falhas.

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



# MANUAL DE START-UP

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

## Normas e Referências Técnicas

- ABNT NBR 5462:1994 – Confiabilidade e manutenibilidade: MTBF, MTTR, disponibilidade
- ISO 55001:2014 – Gestão de Ativos: monitoramento e medição de desempenho (cláusula 9.1)
- ISO 9001:2015 – Análise de dados e avaliação de desempenho (cláusulas 9.1 e 9.3)

# MANUAL DE START-UP

## 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 Wi-Fi 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 Wi-Fi 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

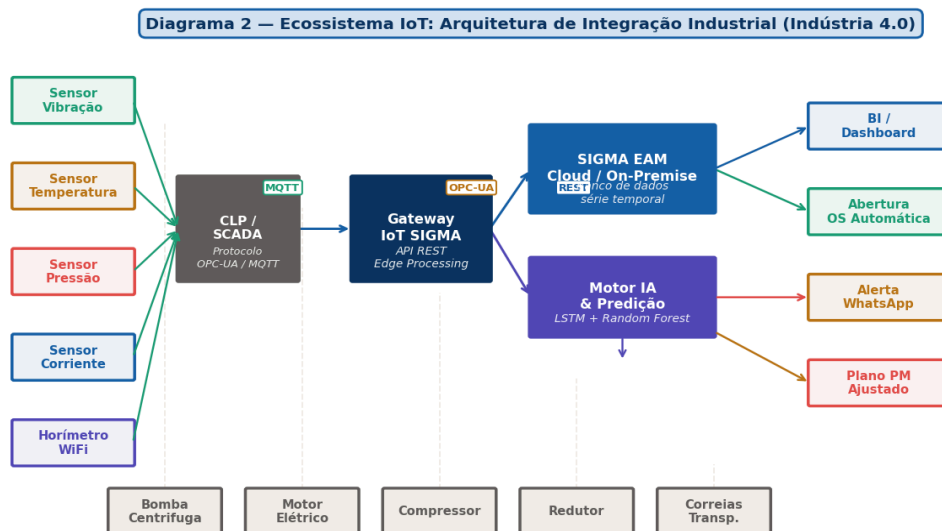


Diagrama 2 - Ecossistema IoT: arquitetura de integração de sensores, CLPs e plataforma SIGMA EAM

### Fundamentação Técnica



# MANUAL DE START-UP

O conceito de Indústria 4.0 é 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 Wi-Fi 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

Inventariar os ativos críticos e definir quais parâmetros de cada um devem ser monitorados (vibração, temperatura, corrente, pressão, nível)

Selecionar e instalar os sensores IoT adequados a cada ponto de monitoramento

Configurar os limites de alerta (warning e crítico) para cada parâmetro por equipamento

Integrar os dispositivos ao SIGMA via MQTT, OPC-UA ou API REST conforme protocolo suportado

Configurar as regras de acionamento automático de OS para cada condição anormal detectada

Revisar e ajustar os limites de alerta após os primeiros 30 dias de operação

## Casos de Uso Reais

### Braskem – Polo Petroquímico de Camaçari BA | Petroquímica

**Contexto:** Bombas centrífugas críticas sem monitoramento contínuo. Falhas detectadas apenas durante inspeções presenciais quinzenais. 3 paradas emergenciais no trimestre por falhas não detectadas.

**Solução SIGMA:** Instalação de 48 sensores de vibração e temperatura integrados ao SIGMA. Horímetros Wi-Fi em 12 bombas críticas. Regras configuradas para acionamento automático de OS preditiva quando vibração 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%. Redução de R\$ 3,8 milhões em perdas evitadas.



# MANUAL DE START-UP

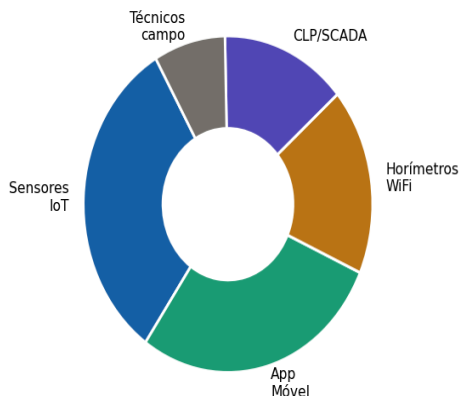
## Vale – Mina de Carajás PA | Mineração

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

**Solução SIGMA:** Implantação de horímetros Wi-Fi do SIGMA em todas as correias. Dados transmitidos automaticamente a cada hora. Histórico acumulado alimentando o módulo de IA para cálculo do intervalo ótimo de troca.

**Resultado:** Eliminação de 6 horas/dia de leitura manual. Precisão dos dados: 64% → 99,8%. Redução de 28% no consumo de rolamentos. Economia de R\$ 1,2 milhão/ano.

Origem dos Dados no Ecosistema SIGMA  
(% das informações por fonte de integração)



Tempo de Detecção de Anomalia - Sem vs. Com IoT  
(Sensores integrados ao SIGMA: detecção em segundos)

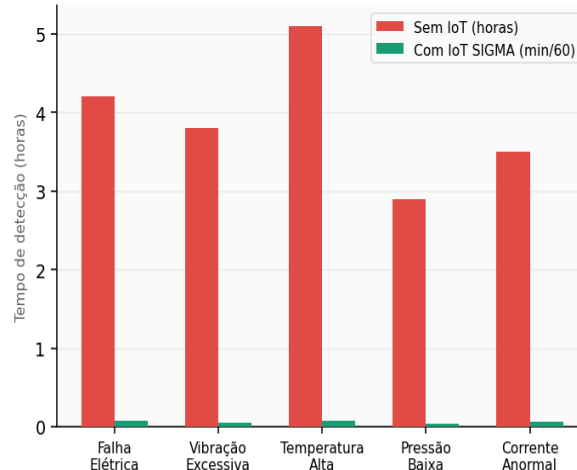


Gráfico 2 – Ecosistema IoT: origem dos dados e tempo de detecção de anomalia com vs. sem sensores integrados

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 25.000 a R\$ 120.000 (sensores + configuração + integração CLP/SCADA)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 600 mil a R\$ 4 milhões/ano (prevenção de falhas + eliminação de leituras manuais)

**Payback:** 4 a 8 meses

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

## Integração 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 Automático (Recurso 8) aciona o fluxo de abertura de OS e notifica o técnico responsável via WhatsApp (Recurso 5).

Os horímetros Wi-Fi substituem a leitura manual e alimentam automaticamente os cálculos de MTBF, frequência de PM e o módulo de Otimização de Recursos (Recurso 13).



# MANUAL DE START-UP

A IA (Recurso 11) usa as séries históricas de dados dos sensores para calcular correlações (Diagrama de Dispersão) e identificar padrões de degradação 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 Referências Técnicas

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



# MANUAL DE START-UP

## 3. ELIMINAÇÃO TOTAL DE PAPÉIS 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

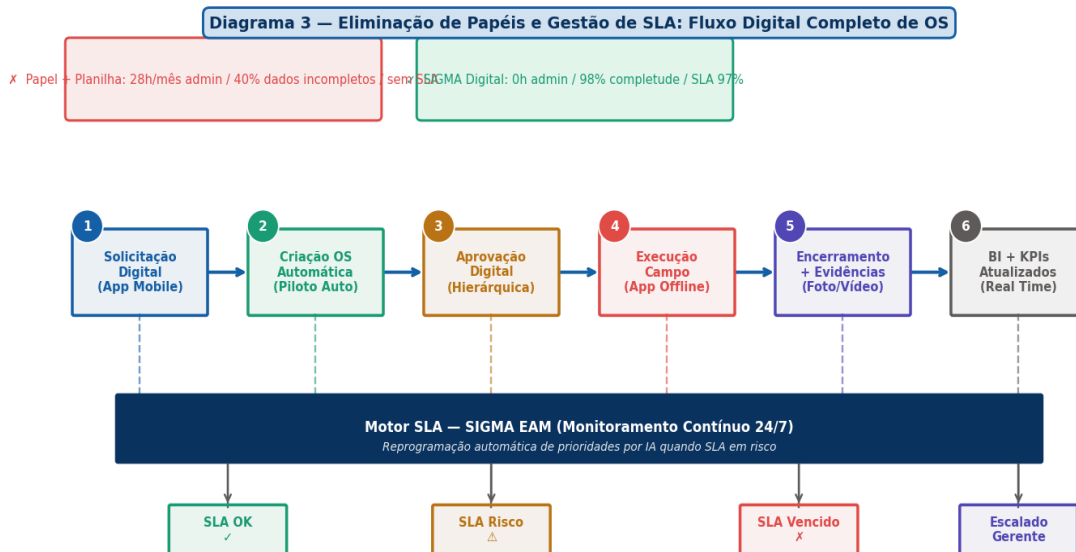


Diagrama 3 - Eliminação de Papéis e Gestão de SLA: fluxo digital completo de OS com monitoramento contínuo



# MANUAL DE START-UP

## 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/mês 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

Mapear todos os fluxos operacionais da manutenção (abertura de OS, aprovações, checklists de inspeção, laudos)

Configurar os formulários digitais no SIGMA com campos obrigatórios conforme NBR ISO 14224

Definir os SLAs por tipo de OS (corretiva de emergência, preventiva, preditiva, melhoria) e por criticidade do ativo

Configurar as regras de escalonamento: quem é notificado quando o SLA está em risco e quando vence

Treinar a equipe no app mobile do SIGMA para registro de apontamentos em campo

Acompanhar o índice de SLA no dashboard por 30 dias e ajustar os parâmetros

## Casos de Uso Reais

### **Embraer – São José dos Campos SP | Aeronáutica / Manufatura de Alta Precisão**

**Contexto:** 40% das OS sem causa documentada. Auditoria ISO 9001 apontou não conformidade. Análise de Pareto inviável por falta de dados confiáveis. 3 técnicos dedicados exclusivamente à digitação de relatórios.



# MANUAL DE START-UP

**Solução SIGMA:** Implantação completa da plataforma digital do SIGMA. App mobile para todos os 87 técnicos. Formulários com campos obrigatórios. SLA configurado: corretiva crítica em 4h, preventiva em prazo agendado +/- 2h.

**Resultado:** Completude de dados: 60% → 98% em 60 dias. 3 técnicos realocados para atividades técnicas. Não conformidade de auditoria encerrada. SLA: 61% → 97% em 6 meses.

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

**Contexto:** Aprovações de OS de parada programada levavam média de 3,8 dias por fluxo físico de assinaturas. Gerava atrasos nas janelas de parada e impactava o planejamento de produção.

**Solução SIGMA:** Digitalização do fluxo de aprovação no SIGMA com workflow hierárquico. Aprovação do supervisor em 1 clique no app. Aprovação do gerente via notificação push com resumo da OS.

**Resultado:** Tempo de aprovação: 3,8 dias → 2,4 horas. Adesão ao plano de manutenção: 71% → 94%. Redução de R\$ 1,3 milhão/ano em perdas por atrasos em paradas programadas.

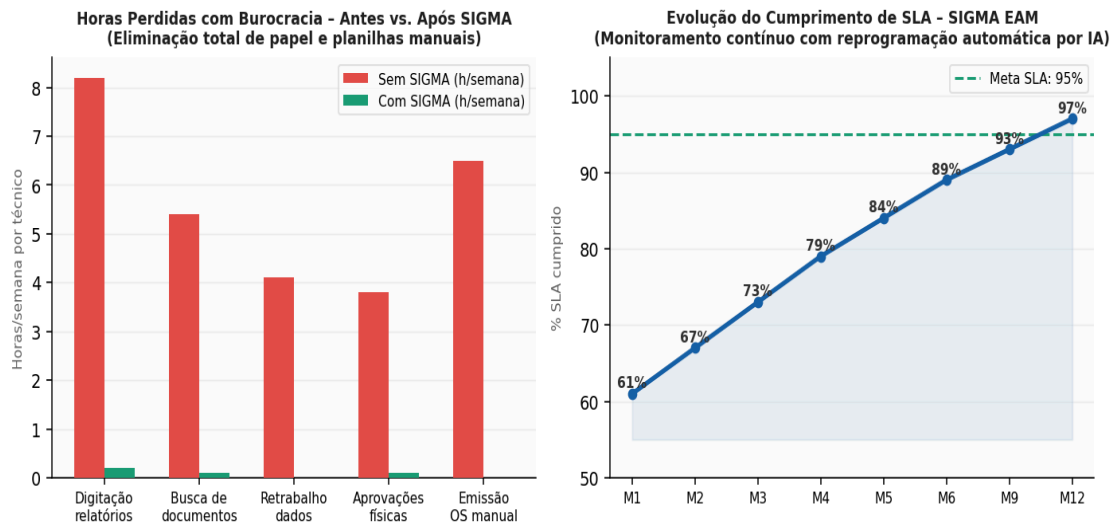


Gráfico 3 – Eliminação de burocracia e evolução do cumprimento de SLA com SIGMA EAM

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 8.000 a R\$ 25.000 (configuração + treinamento + digitalização de formulários)

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

**Payback:** 2 a 4 meses

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



# MANUAL DE START-UP

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

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

As Evidências Multimídia (Recurso 7) são anexadas diretamente nas OS digitais, enriquecendo a rastreabilidade com fotos, vídeos e assinaturas digitais.

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

As Notificações Multicanais (Recurso 5) são disparadas automaticamente quando uma OS se aproxima do vencimento do SLA, escalando pelo nível hierárquico se não há resposta.

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

## **Normas e Referências Técnicas**

- ISO 9001:2015 – Cláusula 8.5: Produção e provisão de serviço; cláusula 7.5: Informação documentada
- ABNT NBR ISO 14224:2024 – Rastreabilidade de dados de manutenção e confiabilidade

# MANUAL DE START-UP

## 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

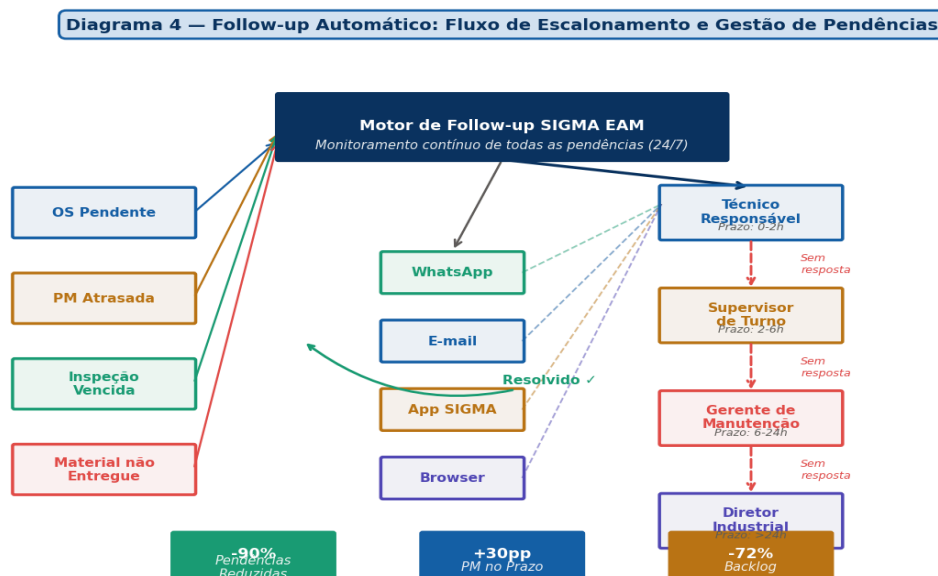


Diagrama 4 - Follow-up Automático: fluxo de escalonamento hierárquico e gestão ativa de pendências

### Fundamentação Técnica



# MANUAL DE START-UP

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

Configurar os parâmetros de follow-up para cada tipo de OS: prazo de resposta, prazo de execução, intervalo de lembretes

Definir a hierarquia de escalonamento: responsável → supervisor → gerente → diretor

Configurar o limite máximo de backlog aceitável por equipe e por tipo de manutenção

Ativar as regras de priorização automática por criticidade do ativo (matriz de criticidade)

Revisar o relatório semanal de follow-up com a equipe de supervisão

## Casos de Uso Reais

### Petrobras Refinaria Replan – Paulínia SP | Petróleo e Gás

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

**Solução SIGMA:** Implantação do módulo de Follow-up do SIGMA com escalonamento automático. Regra: OS de equipamento crítico não atendida em 2h gera notificação WhatsApp para supervisor. Não atendida em 6h, notifica o gerente.

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



# MANUAL DE START-UP

## BRF Sadia – Chapecó SC | Alimentos / Frigorífico

**Contexto:** Materiais críticos requisitados e não entregues pelo almoxarifado causando 4-6 interrupções semanais na manutenção preventiva. Falta de comunicação entre manutenção e suprimentos.

**Solução SIGMA:** Follow-up automático monitorando o status de cada requisição de material. Alerta automático para o responsável de suprimentos quando material não é separado em 4h. Notificação do PCM quando PM não pode ser executada por falta de material.

**Resultado:** Interrupções por falta de material: 5/semana → 0,3/semana. Índice de PM executadas no prazo: 63% → 94%. Redução de R\$ 680 mil/ano em preventivas não realizadas.

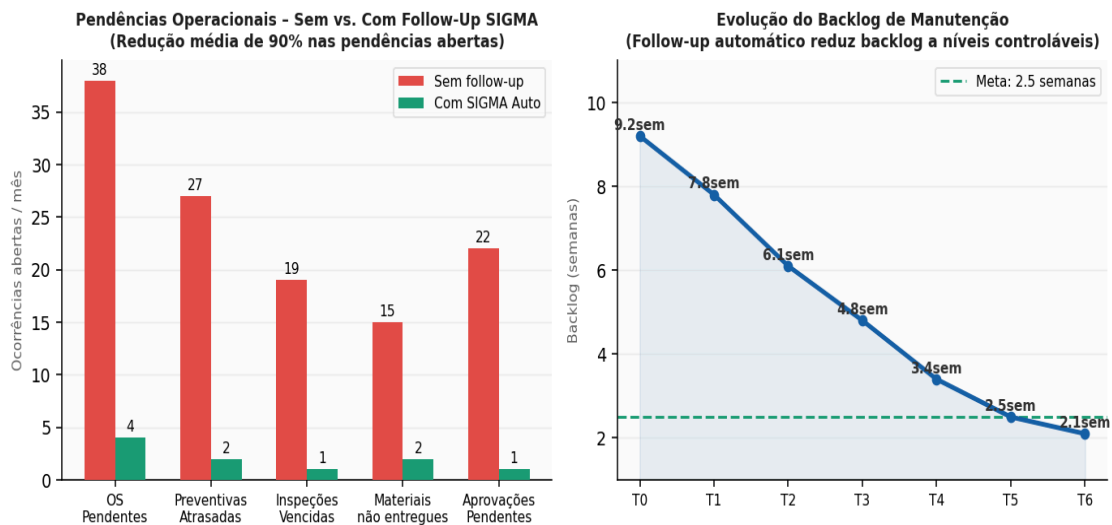


Gráfico 4 – Follow-up Automático: redução de pendências e evolução do backlog de manutenção

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 5.000 a R\$ 15.000 (configuração + parametrização)

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

**Payback:** 2 a 4 meses

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

## Integração 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 está em risco.

As notificações do Follow-up são enviadas pelos canais do Recurso 5 (WhatsApp, e-mail, app, browser) conforme preferência de cada usuário.

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



# MANUAL DE START-UP

A IA (Recurso 11) analisa padrões de atraso e sugere ajustes proativos nos planos de manutenção para evitar acúmulo de backlog.

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

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 9001:2015 – Cláusula 8.5.1: Controle de produção e provisão de serviço
- ISO 55001:2014 – Cláusula 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

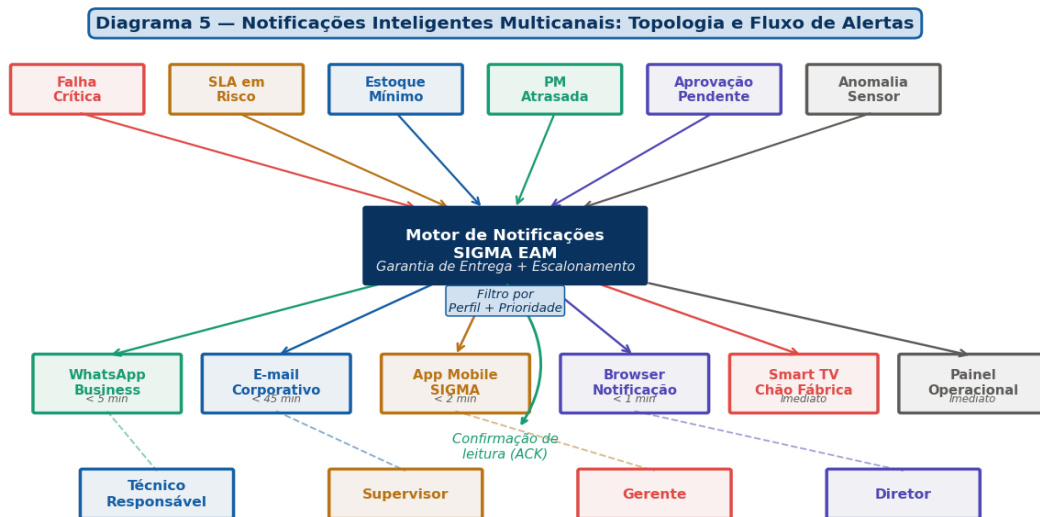


Diagrama 5 - Notificações Multicanais: topologia de entrega, escalonamento e canais de comunicação

### Fundamentação Técnica



# MANUAL DE START-UP

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

Mapear os eventos que devem gerar notificação: falha crítica, SLA em risco, estoque baixo, PM atrasada, aprovação pendente

Configurar os destinatários de cada tipo de alerta por cargo, área e turno

Definir os canais preferenciais de cada usuário (WhatsApp, e-mail, app, browser)

Configurar os templates de mensagem para cada tipo de evento com informações contextuais relevantes

Testar o fluxo completo de escalonamento antes de ir à produção

Revisar mensalmente quais alertas estão gerando mais ações e quais estão sendo ignorados

## Casos de Uso Reais

### Suzano Papel e Celulose – Três Lagoas MS | Celulose / Processo Contínuo

**Contexto:** Falhas críticas do digestor contínuo detectadas com atraso médio de 4,2 horas. Comunicação feita por rádio e telefone com frequentes falhas de transmissão. 2 paradas emergenciais no mês por comunicação tardia.

**Solução SIGMA:** Motor de notificações do SIGMA configurado para: alerta imediato via WhatsApp para o técnico responsável quando sensor de temperatura ou pressão ultrapassa limite. Escalonamento em 15 min para o supervisor se sem ação. Smart TV na sala de controle exibindo status em tempo real.



# MANUAL DE START-UP

**Resultado:** Tempo de detecção à ação: 4,2h → 12 minutos. Paradas emergenciais: 2/mês → 0 nos 10 meses seguintes. Economia de R\$ 3,4 milhões em produção não perdida.

## Ambev – Planta Agudos SP | Bebidas

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

**Solução SIGMA:** Notificações automáticas de estoque mínimo integradas ao almoxarifado do SIGMA. Alerta via WhatsApp para o comprador quando peça crítica atinge o ponto de pedido. Cópia automática para o PCM.

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

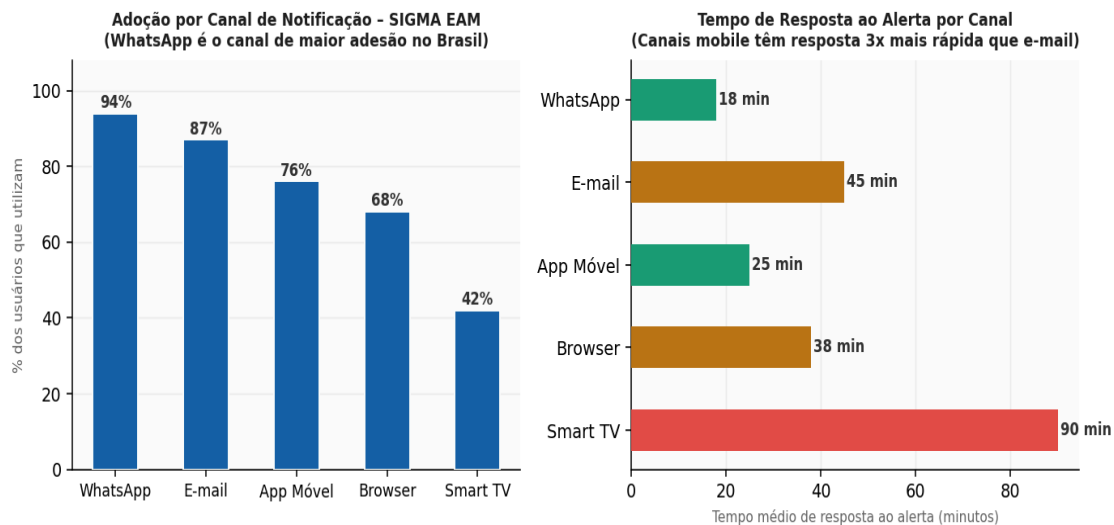


Gráfico 5 – Adoção por canal de notificação e tempo de resposta ao alerta por canal

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 3.000 a R\$ 10.000 (configuração + integração WhatsApp)

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

**Payback:** 1 a 3 meses

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

## Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

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



# MANUAL DE START-UP

A IA (Recurso 11) determina a prioridade e o canal ideal para cada notificação com base no perfil histórico de resposta de cada usuário.

O BI (Recurso 9) exibe métricas de eficácia das notificações: taxa de abertura, tempo de resposta e taxa de ação por canal e por usuário.

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

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 9001:2015 – Cláusula 7.4: Comunicação
- ISO 55001:2014 – Cláusula 7.4: Comunicação e conscientização

## 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

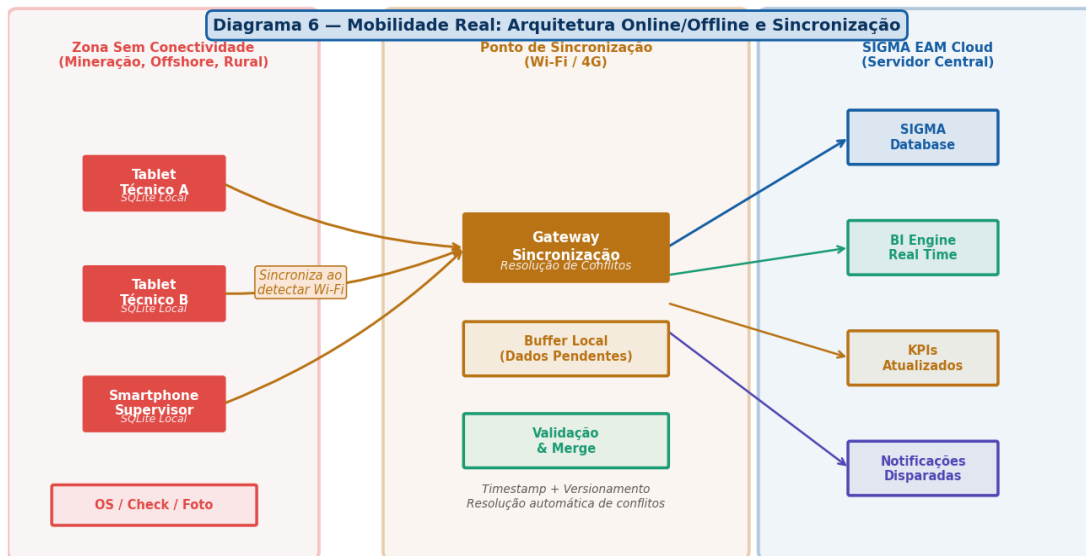


Diagrama 6 - Mobilidade Online/Offline: arquitetura de sincronização e continuidade operacional em campo



# MANUAL DE START-UP

## 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

Configurar os dados que devem ser sincronizados offline para cada perfil de usuário (técnico, supervisor, inspetor)

Definir o intervalo de sincronização quando a conectividade está disponível (recomendado: a cada 5 minutos)

Treinar a equipe no uso do modo offline e na identificação do status de sincronização no app

Configurar alertas para o administrador quando a sincronização de um dispositivo está há mais de X horas pendente

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.



# MANUAL DE START-UP

**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.

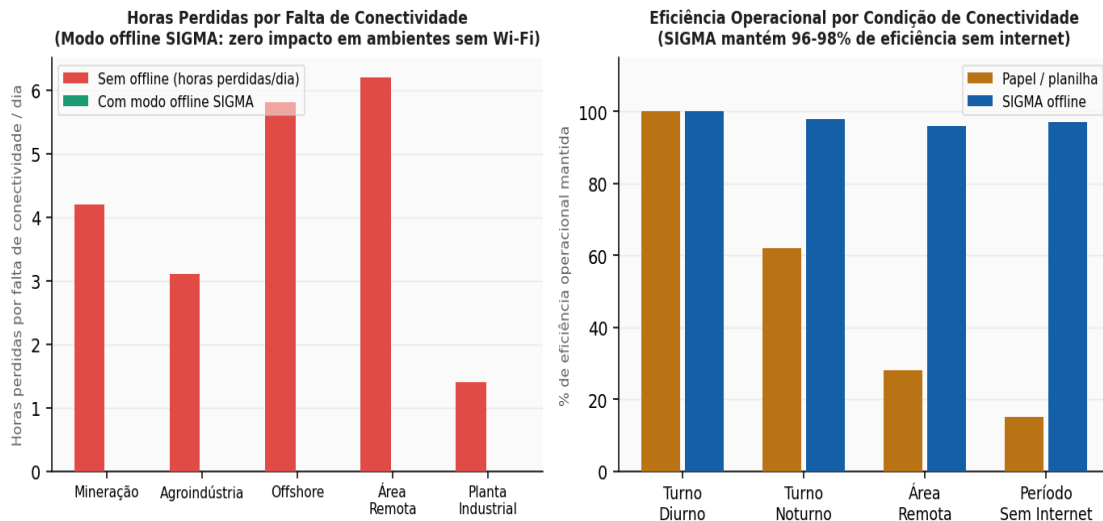


Gráfico 6 – Impacto da mobilidade offline: horas perdidas por conectividade e eficiência operacional

## 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%

## Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM



# MANUAL DE START-UP

O modo offline é transparente para todos os outros módulos: OS registradas offline aparecem no Follow-up (R4) e no BI (R9) logo após a sincronização.

As Evidências Multimídia (Recurso 7) capturadas offline — fotos e vídeos — são comprimidas e sincronizadas automaticamente quando a conectividade retorna.

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

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 9001:2015 – Cláusula 7.5: Informação documentada (rastreabilidade e preservação)
- ABNT NBR 5462:1994 – Manutenção preventiva e preditiva: requisitos de registro e histórico

## 7. EVIDÊNCIAS 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

Diagrama 7 – Evidências Multimídia: Ciclo de Rastreabilidade Técnica



Diagrama 7 - Evidências Multimídia: ciclo de rastreabilidade técnica por OS e repositório central



# MANUAL DE START-UP

## 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

Configurar os tipos de OS que exigem fotos obrigatórias (antes e depois) — recomendado: toda OS de equipamento crítico

Treinar os técnicos no uso da câmera do app para captura de evidências padronizadas

Definir os tipos de mídia aceitos por tipo de OS (foto para inspeções, vídeo para diagnósticos complexos, áudio para apontamentos rápidos em campo)

Configurar o limite de tamanho de arquivo por OS para não impactar o desempenho da sincronização

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.



# MANUAL DE START-UP

**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 Jaguara 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 sênior 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.

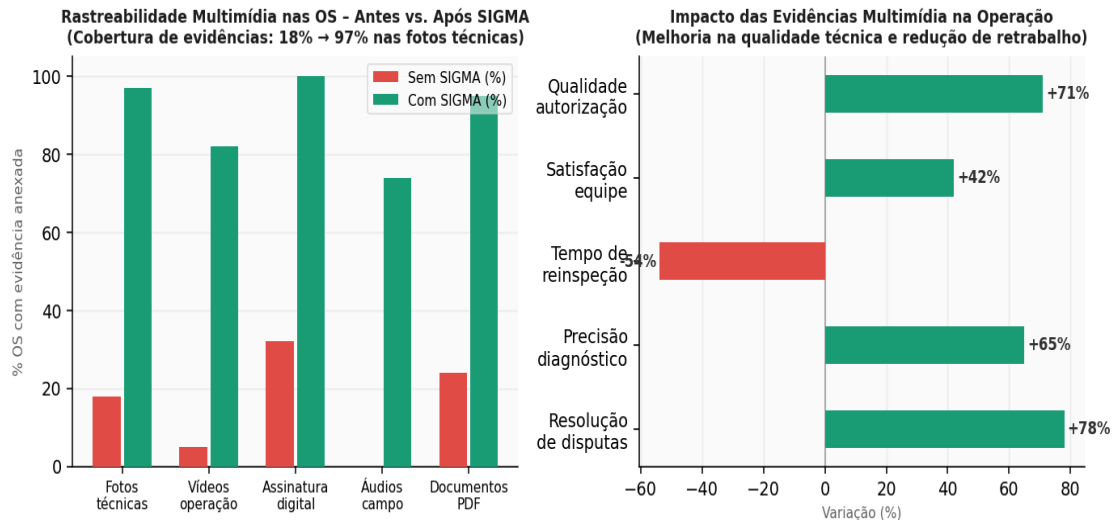


Gráfico 7 – Rastreabilidade multimídia: cobertura de evidências por tipo e impacto operacional

## 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.



# MANUAL DE START-UP

O módulo de Ishikawa e 5 Porquês do SIGMA usa as fotos e vídeos como evidências diretas na análise de causa raiz, tornando o diagnóstico mais preciso e rápido.

A IA (Recurso 11) pode analisar imagens anexadas nas OS para identificar padrões de desgaste e sugerir ações preventivas — recurso em expansão na plataforma.

As assinaturas digitais se integram ao módulo de Governança (Recurso 10), criando uma cadeia de custódia auditável para cada OS executada.

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 9001:2015 – Cláusula 7.5: Informação documentada
- ABNT NBR ISO 14224:2024 – Histórico e rastreabilidade de dados de manutenção

## 8. PILOTO AUTOMÁTICO OPERACIONAL

### Visão Geral

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

O recurso de Piloto Automático atua como um assistente inteligente integrado ao sistema, guiando os usuários passo a passo durante a execução das tarefas. Orienta preenchimento de OS, checklists e laudos, sugere ações conforme o contexto operacional, valida dados em tempo real e impede avanços com informações incompletas. Isso reduz drasticamente a curva de aprendizado, falhas humanas e inconsistências operacionais.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

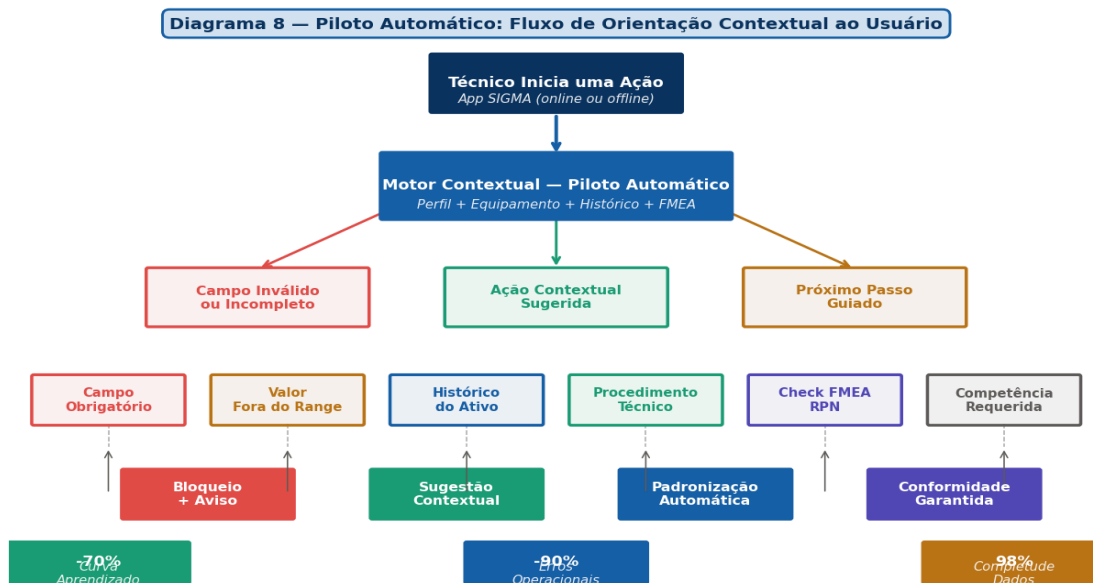


Diagrama 8 - Piloto Automático: fluxo de orientação contextual, validação e padronização operacional

### Fundamentação Técnica



# MANUAL DE START-UP

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

O conceito deriva da abordagem de Automação de Nível 2 definida pela SAE International para sistemas de assistência ao operador: o sistema executa certas funções de forma automática enquanto o operador mantém o controle geral, intervindo apenas em situações não previstas pelo sistema.

## Vantagens e Benefícios Práticos

- Redução de 70-80% no tempo de treinamento de novos técnicos e supervisores
- Validação em tempo real: campos inválidos são corrigidos antes de salvar, não depois de auditar
- Padronização operacional: todos os cadastros seguem o mesmo padrão, independentemente do técnico ou turno
- Sugestão contextual: o sistema sugere a próxima ação com base no histórico do equipamento
- Redução de 90%+ nos erros de preenchimento de OS, checklists e formulários
- Conformidade automática com procedimentos: o Piloto garante que o técnico siga a sequência correta

## Método de Aplicação Prática

Mapear os principais erros operacionais e pontos de não conformidade recorrentes na operação atual

Configurar as regras de validação para cada tipo de formulário e OS no SIGMA

Definir as sugestões contextuais para os equipamentos mais críticos (ex.: para a bomba X, o Piloto sugere verificar o lacre do selo antes de fechar a OS)

Ativar o modo de orientação passo a passo para usuários novos e desativar para técnicos sêniores que preferem operar de forma mais autônoma

Revisar mensalmente quais validações estão gerando mais intervenções e ajustar os parâmetros

## Casos de Uso Reais

### **Bradespar – Mineração Onça Puma PA | Mineração de Níquel**

**Contexto:** Alta rotatividade de técnicos de manutenção (40% ao ano). Cada novo técnico levava 14-18 meses para atingir proficiência no sistema. Erros de cadastro de OS representavam 34% das não conformidades em auditoria interna.

**Solução SIGMA:** Ativação do Piloto Automático do SIGMA para todos os técnicos com menos de 6 meses na empresa. Validação em tempo real de todos os campos de OS. Sugestões de ação baseadas no histórico do equipamento.



# MANUAL DE START-UP

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

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

**Contexto:** Alta variabilidade na qualidade das OS entre diferentes técnicos e turnos. Auditorias apontando inconsistências em 41% das OS de equipamentos críticos. Risco de não conformidade sanitária.

**Solução SIGMA:** Piloto Automático configurado com validações específicas para equipamentos de área controlada (temperatura, higiene, HACCP). Campo obrigatório de foto do estado do equipamento antes de qualquer intervenção.

**Resultado:** Inconsistências em auditoria: 41% → 3% das OS. Zero não conformidades sanitárias nos 12 meses seguintes. Redução de 78% no tempo de preparação para auditorias regulatórias.

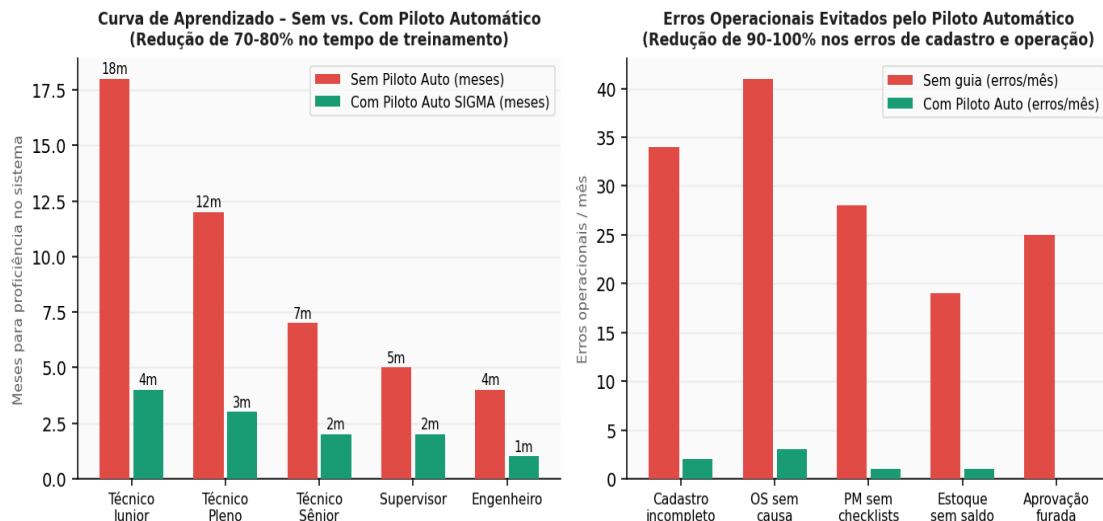


Gráfico 8 – Piloto Automático: redução da curva de aprendizado e erros operacionais evitados

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 4.000 a R\$ 12.000 (configuração de regras e validações)

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

**Payback:** 2 a 4 meses

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

## Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

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



# MANUAL DE START-UP

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

O Piloto usa os procedimentos técnicos e evidências de OS anteriores (R7) como base para suas sugestões contextuais.

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

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 9001:2015 – Cláusula 8.5.1: Controle de produção (competência, trabalho padronizado)
- ABNT NBR ISO 14224:2024 – Qualidade dos dados de manutenção registrados



# MANUAL DE START-UP

## 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

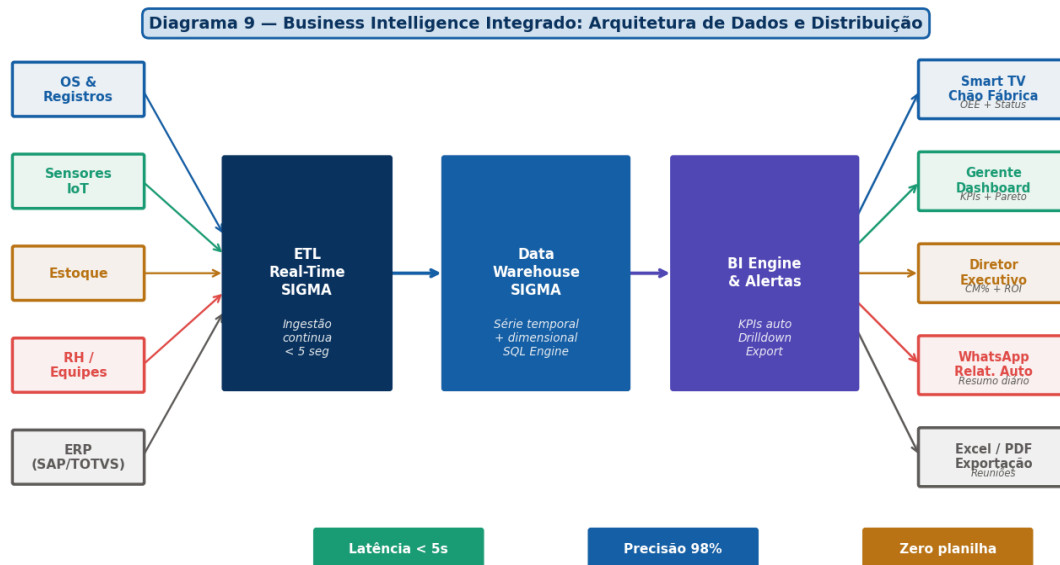


Diagrama 9 - Business Intelligence: arquitetura de dados, ETL em tempo real e distribuição por perfil

### Fundamentação Técnica



# MANUAL DE START-UP

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 atrás, comprometendo a capacidade de reação a eventos operacionais críticos.

## Vantagens e Benefícios Práticos

- Dashboards personalizados por perfil: operador vê status das OS, gerente vê KPIs, diretor vê 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

Definir os KPIs prioritários para cada nível hierárquico (operador, supervisor, gerente, diretor)  
Configurar os dashboards por perfil com os gráficos e indicadores mais relevantes para cada função

Parametrizar o envio automático de relatórios: frequência, destinatários, formato

Criar as análises comparativas padrão para as reuniões de produção e reuniões gerenciais mensais

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.



# MANUAL DE START-UP

**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.

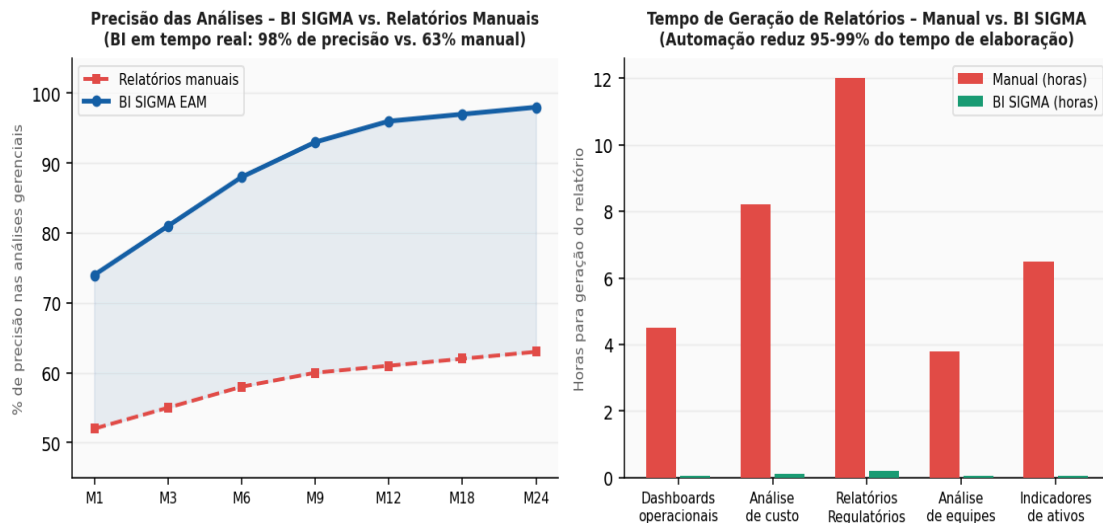


Gráfico 9 – BI Integrado: precisão das análises e tempo de geração de relatórios manual vs. SIGMA

## 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%

## Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

O BI é 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.



# MANUAL DE START-UP

Os dashboards do BI são o painel de Check do ciclo PDCA Nativo (R12): cada ciclo de melhoria tem seus indicadores monitorados em tempo real no BI.  
As Notificações (R5) usam os alertas configurados no BI como gatilhos: quando um indicador cai abaixo do limite, o motor de notificações é acionado.

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 9001:2015 – Cláusula 9.1: Monitoramento, medição, análise e avaliação
- ISO 55001:2014 – Cláusula 9: Avaliação 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

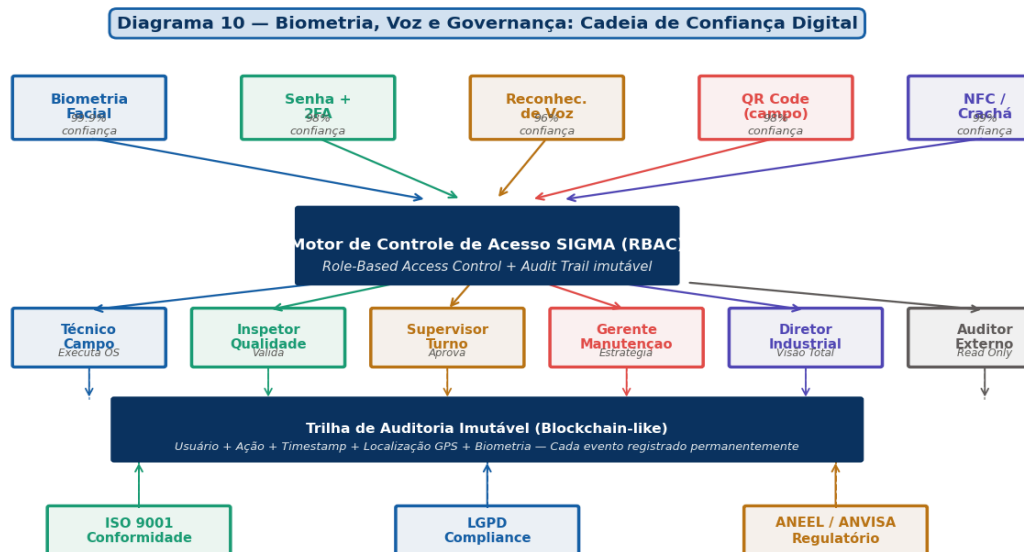


Diagrama 10 - Biometria e Governança: cadeia de confiança digital, RBAC e trilha de auditoria imutável



# MANUAL DE START-UP

## 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 regulações: ANVISA, ANP, ANEEL e normas de segurança industrial

## Método de Aplicação Prática

Cadastrar os dados biométricos de todos os usuários no SIGMA (facial ID via app mobile)  
Configurar os níveis de autorização por função: quais OS exigem assinatura biométrica  
Definir as áreas de risco onde o reconhecimento de voz deve ser o meio primário de entrada de dados  
Configurar as regras de controle de acesso (RBAC) por perfil, área e turno  
Realizar treinamento de voz para calibração do reconhecimento por usuário em ambiente real de trabalho

## Casos de Uso Reais

### **Pfizer – Planta Farmacêutica Guarulhos SP | Farmacêutico / Regulado**

**Contexto:** Auditoria da ANVISA identificou 14 OS críticas no último ano sem assinatura autorizada adequada. Risco de multa e interrupção da licença de operação. Sistema anterior de senha compartilhada entre técnicos do turno.

**Solução SIGMA:** Implantação da biometria facial do SIGMA para todas as OS de equipamentos de área controlada. Assinatura biométrica obrigatória para liberação de



# MANUAL DE START-UP

equipamentos após manutenção. Trilha de auditoria exportada automaticamente para a área de compliance.

**Resultado:** Zero não conformidades de assinatura na auditoria seguinte (18 meses após). Tempo de preparação para auditoria ANVISA: 3 semanas → 4 horas. Redução de risco regulatório de R\$ 8 milhões estimados.

## Petrobras Plataforma P-77 | Petróleo e Gás Offshore

**Contexto:** Técnicos em área de risco (EPIs obrigatórios de mãos e rosto) perdendo 45 min/turno para remover EPIs e fazer apontamentos no tablet. Risco de acidentes durante a remoção de EPIs em ambiente hostil.

**Solução SIGMA:** Reconhecimento de voz do SIGMA ativado para toda a área de risco. Técnicos ditam observações, descrevem falhas e registram apontamentos sem remover nenhum EPI.

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

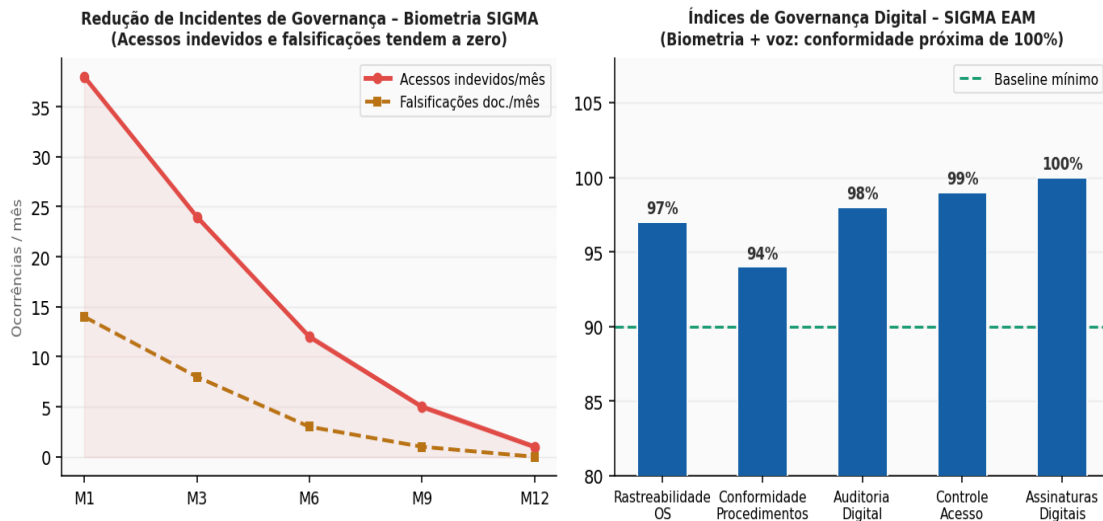


Gráfico 10 – Biometria e Governança: redução de incidentes e índices de conformidade digital

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 8.000 a R\$ 25.000 (configuração + treinamento biométrico)

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

**Payback:** 3 a 6 meses

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

## Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM



# MANUAL DE START-UP

A biometria se integra ao módulo de Evidências Multimídia (R7): a assinatura digital biométrica é armazenada como evidência vinculada a cada OS crítica.

O controle de acesso RBAC se integra ao Piloto Automático (R8): usuários sem autorização para determinadas ações recebem orientação do Piloto para escalar ao nível correto.

A trilha de auditoria biométrica alimenta o BI (R9) com relatórios de conformidade que podem ser exportados automaticamente para auditorias regulatórias.

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 9001:2015 – Cláusula 7.5.3: Controle de informação documentada (proteção e acesso)
- ISO/IEC 19794 – Biometria: formatos de dados biométricos
- Lei Geral de Proteção de Dados (LGPD) – Art. 11: Tratamento de dados sensíveis (biometria)

## 11. INTELIGÊNCIA 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 à 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

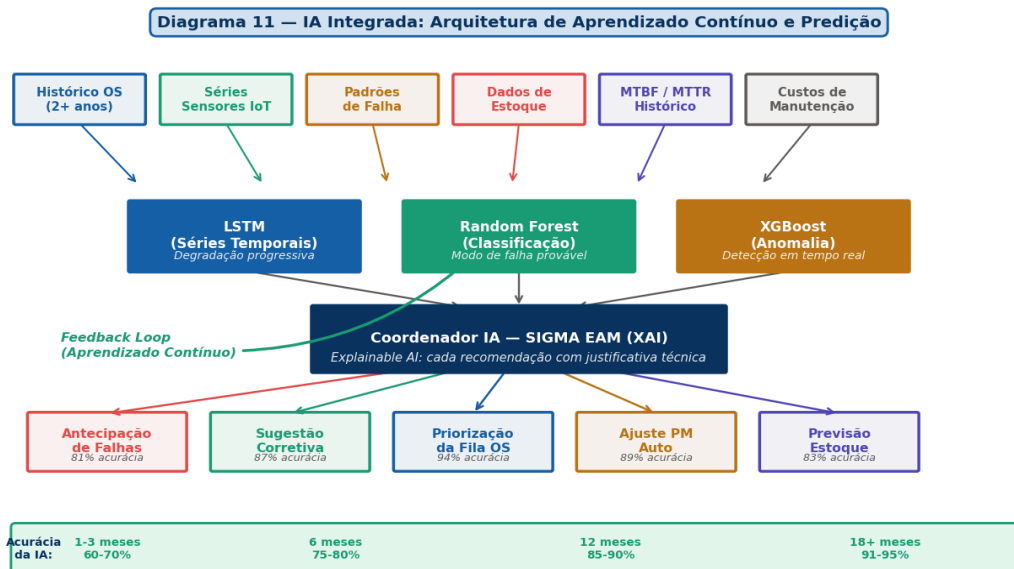


Diagrama 11 - Inteligência Artificial: arquitetura de modelos, aprendizado contínuo e predição de falhas



# MANUAL DE START-UP

## 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 predição 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 pré-treinados com dados de outras indústrias. Isso resulta em uma acurácia de predição 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

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

Configurar a coleta de dados dos sensores IoT para garantir séries temporais contínuas e limpas

Definir os ativos críticos prioritários para ativação dos modelos preditivos (começar pelos top 20% do Pareto)

Calibrar os limiares de alerta da IA para minimizar falsos positivos sem perder eventos reais

Avaliar mensalmente a acurácia das predições e reportar erros para o ciclo de retreinamento

## Casos de Uso Reais



# MANUAL DE START-UP

## 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/mês reduziu 34%. Disponibilidade da frota: 79% → 91%. Economia de R\$ 8,4 milhões/ano.

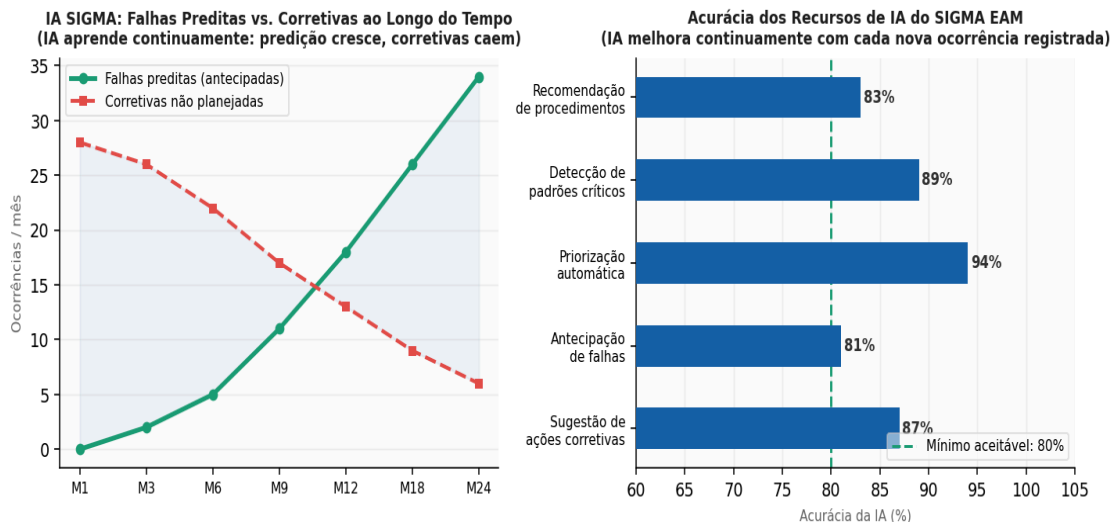


Gráfico 11 – IA SIGMA: evolução de falhas previstas vs. corretivas e acurácia dos recursos de IA

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 30.000 a R\$ 120.000 (configuração + dados históricos + calibração do modelo)

**Economia Anual Estimada:** R\$ 1 a R\$ 10 milhões/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% após o modelo estabilizar (12-18 meses)



# MANUAL DE START-UP

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

A IA é o cérebro 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 recomendações da IA são entregues ao usuário via Piloto Automático (R8) de forma contextual durante a execução das tarefas.

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

O módulo de Otimização de Recursos (R13) usa os modelos preditivos da IA para antecipar o consumo de peças e ajustar os níveis de estoque automaticamente.

## **Normas e Referências Técnicas**

- ISO/IEC 42001:2023 – Sistema de Gestão de Inteligência Artificial
- ISO 13379 – Manutenção: métodos de diagnóstico de máquinas e condição de equipamentos
- ABNT NBR 5462:1994 – Confiabilidade: modelagem e predição

## 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

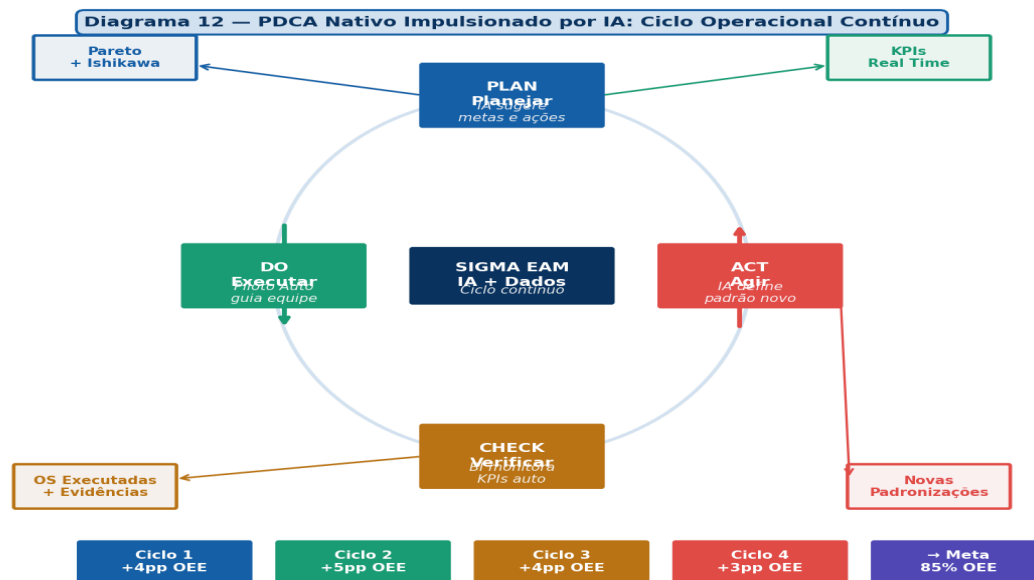


Diagrama 12 - PDCA Nativo + IA: ciclo operacional contínuo com integração de todos os módulos SIGMA

### Fundamentação Técnica



# MANUAL DE START-UP

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 uma espiral de melhoria acelerada
- Resultados de cada ciclo visíveis no BI em tempo real, motivando continuidade

## Método de Aplicação Prática

Configurar os KPIs-alvo para cada equipamento crítico (disponibilidade mínima, MTBF esperado, OEE meta)

Ativar o módulo de ciclos de melhoria do SIGMA, vinculando cada KPI a um responsável e a um ciclo de revisão

Configurar o BI para exibir automaticamente o comparativo planejado vs. realizado para cada KPI ao final de cada período

Ativar a sugestão de ciclos de melhoria pela IA: o sistema identifica automaticamente quais equipamentos ou processos têm maior potencial de ganho no próximo ciclo

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 estável 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 decisões de investimento.

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



# MANUAL DE START-UP

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

## Cargill – Unidade de Grãos Uberlândia MG | Agroindústria

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

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

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

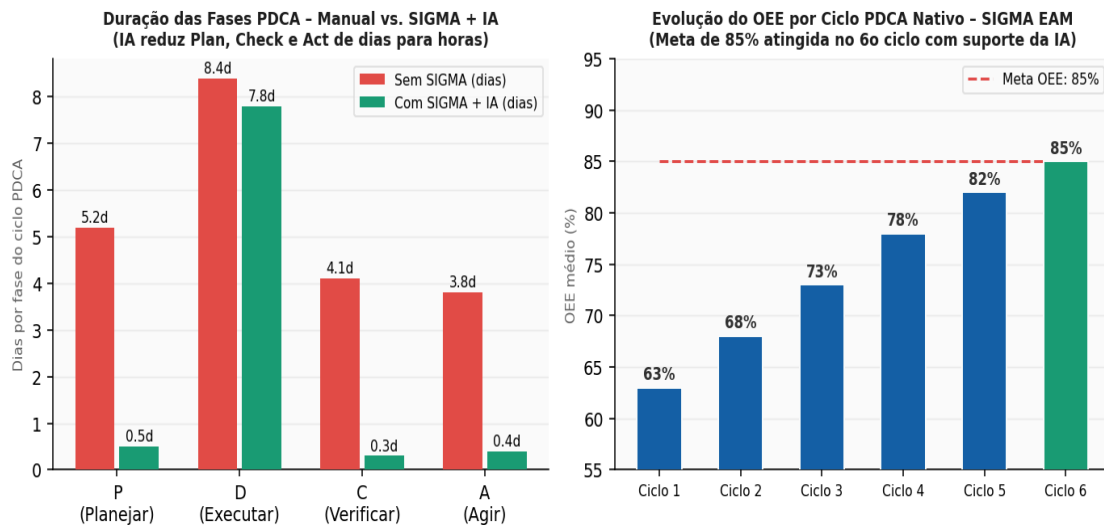


Gráfico 12 – PDCA Nativo + IA: duração das fases e evolução do OEE por ciclo de melhoria

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 10.000 a R\$ 30.000 (configuração + facilitação inicial)

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

**Payback:** 4 a 8 meses

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

## Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

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



# MANUAL DE START-UP

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

O Follow-up (R4) garante que as ações definidas na fase Act sejam executadas e acompanhadas até conclusão.

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

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 9001:2015 – Cláusula 10: Melhoria; Apêndice A: Ciclo Plan-Do-Check-Act
- ISO 55001:2014 – Cláusula 10.1: Não conformidade e ação corretiva; 10.2: Melhoria contínua

## 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

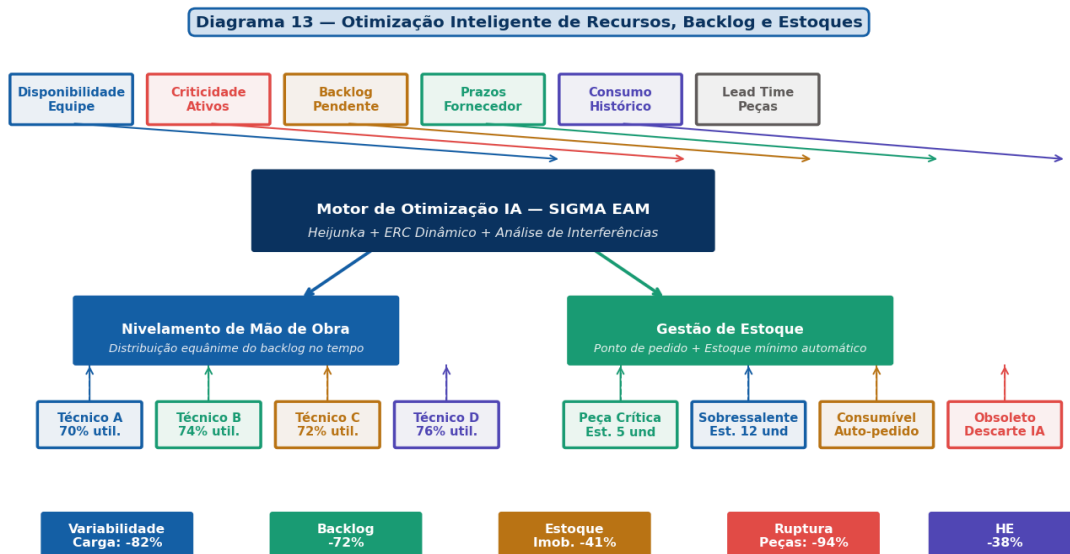


Diagrama 13 - Otimização de Recursos: fluxo de nivelamento de mão de obra, backlog e gestão de estoques



# MANUAL DE START-UP

## 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 predição 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
- Predição 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

Configurar o cadastro de competências da equipe: quais técnicos estão habilitados para cada tipo de OS

Parametrizar a disponibilidade de cada membro da equipe: turno, restrições, escalas

Configurar o estoque de cada peça crítica: consumo histórico, lead time, custo unitário e custo de ruptura

Ativar o módulo de nivelamento automático de carga de trabalho

Revisar semanalmente o plano gerado pela IA e aprovar ou ajustar conforme necessário

## Casos de Uso Reais

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

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



# MANUAL DE START-UP

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

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

## Usina São Martinho – Pradópolis SP | Sucreenergético

**Contexto:** R\$ 3,2 milhões em estoque de sobressalentes imobilizados, com 28% de itens sem movimento nos últimos 2 anos. Simultaneamente, 18 rupturas de peças críticas no ano causando paradas de manutenção.

**Solução SIGMA:** Módulo de otimização de estoque do SIGMA com IA preditiva. Sistema recalculou o estoque ótimo de 2.840 itens. 780 itens identificados como obsoletos para descarte. Ponto de pedido automático para os 340 itens críticos.

**Resultado:** Estoque imobilizado: R\$ 3,2M → R\$ 1,9M (-41%). Rupturas de peças críticas: 18 → 1 no ano seguinte. Capital liberado: R\$ 1,3 milhão. Redução de R\$ 520 mil em custo de manutenção por falta de material.

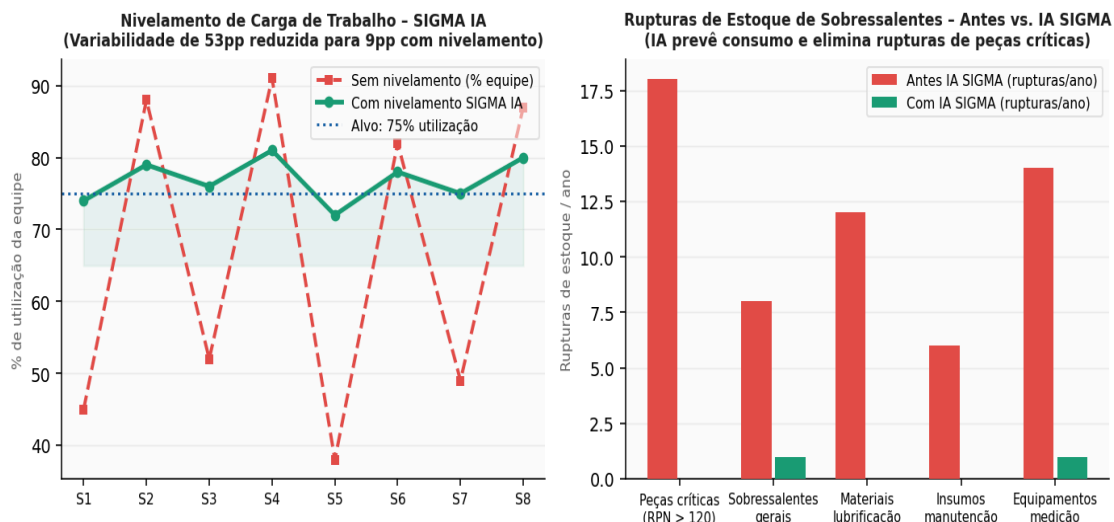


Gráfico 13 – Nivelamento de carga de trabalho e redução de rupturas de estoque com IA SIGMA

## RETORNO SOBRE INVESTIMENTO (ROI)

**Custo de Implantação:** R\$ 12.000 a R\$ 40.000 (configuração + calibração do modelo de estoque)

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

**Payback:** 4 a 8 meses

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

## Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM



# MANUAL DE START-UP

A otimização de recursos usa os KPIs do BI (R9) como restrições do modelo de otimização: disponibilidade mínima aceitável por ativo crítico.

Os dados de sensores IoT (R2) e horímetros Wi-Fi alimentam os modelos preditivos de consumo de peças, tornando as previsões progressivamente mais precisas.

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

As Notificações (R5) avisam automaticamente o comprador quando uma peça crítica atinge o ponto de pedido calculado pelo módulo de estoque.

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 55001:2014 – Cláusula 7.1: Recursos para a gestão de ativos
- ISO 9001:2015 – Cláusula 8.4: Controle de processos, produtos e serviços 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.

### Esquemático e Diagrama de Conexões entre Módulos

O diagrama abaixo representa visualmente a arquitetura de conexões, fluxos de dados e integrações entre os módulos deste recurso dentro do ecossistema SIGMA EAM, demonstrando como os componentes se relacionam e se comunicam em tempo real.

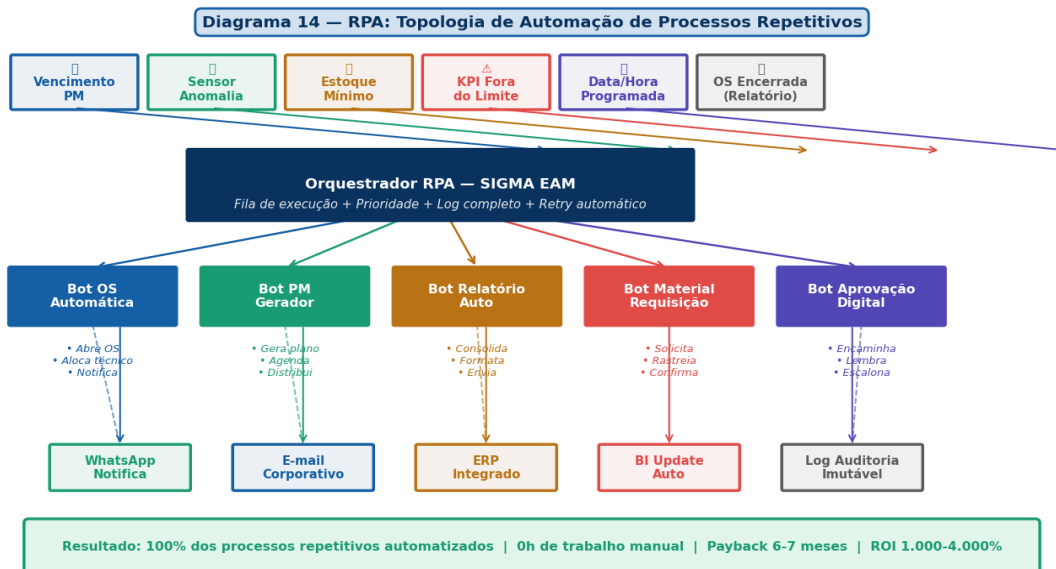


Diagrama 14 - RPA: topologia de automação de processos com orquestrador e robôs especializados



# MANUAL DE START-UP

## Fundamentação Técnica

O RPA do SIGMA é implementado como um conjunto de robôs 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 robô 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

## Método de Aplicação Prática

Mapear todas as tarefas repetitivas executadas pela equipe de PCM, almoxarifado e supervisão

Priorizar as automações pelo impacto: horas liberadas x frequência x risco de erro manual

Configurar os robôs de RPA no SIGMA: definir gatilhos, ações, destinatários e frequência

Testar cada automação em ambiente de homologação antes de ativar em produção

Monitorar os logs de execução do RPA nas primeiras semanas e ajustar regras conforme necessário

Expandir gradualmente o escopo de automação a cada trimestre

## Casos de Uso Reais

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

**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 predefinidos. PCM redirecionado para análise de falhas, planejamento de paradas e projetos de melhoria.



# MANUAL DE START-UP

**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 dos Reis RJ | Energia Nuclear / Termoeletrica

**Contexto:** Emissão de relatórios regulatórios para a ANEEL consumia 12 horas/semana de um engenheiro sênior. 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.

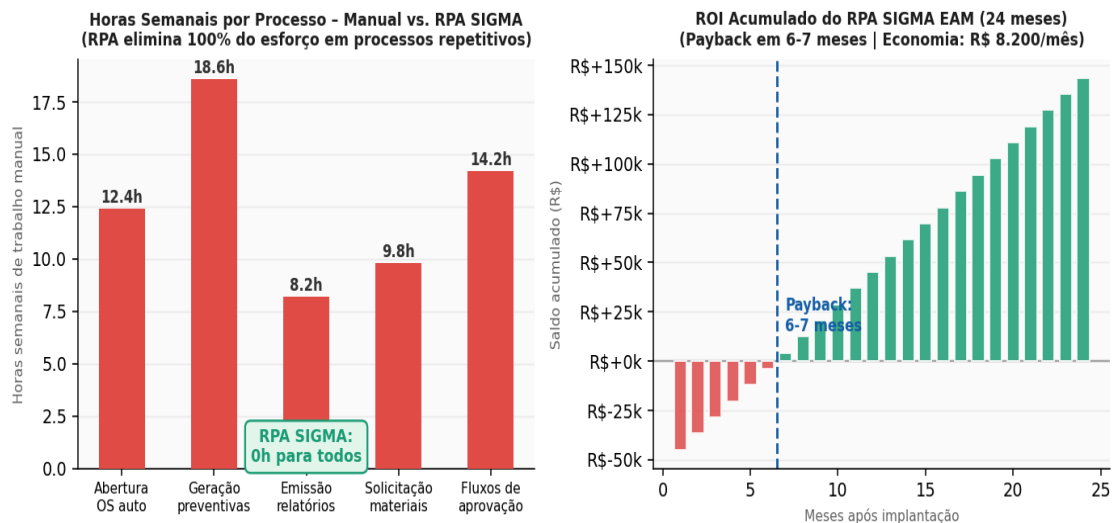


Gráfico 14 – RPA SIGMA: horas liberadas por processo automatizado e ROI acumulado em 24 meses

## 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

## Integração entre Recursos e Plataformas SIGMA EAM

O RPA é o executor automático de todas as ações definidas nos outros módulos: gera OS quando o FMEA (R11) identifica necessidade, solicita material quando o Estoque (R13) atinge o ponto de pedido, envia relatório quando o BI (R9) completa o ciclo.



# MANUAL DE START-UP

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

As Notificações (R5) são o canal de saída do RPA: cada ação automática gera uma notificação informando o resultado para o responsável humano que precisa estar ciente.

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

## Normas e Referências Técnicas

- ISO 9001:2015 – Cláusula 8.5: Produção e provisão de serviço (automação de processos)
- ISO/IEC 38505 – Governança de TI: automação e robótica de processos
- ABNT NBR 5462:1994 – Manutenção preventiva sistemática: planejamento e execução



# MANUAL DE START-UP

## CONCLUSÃO — O SIGMA EAM COMO PLATAFORMA DE GESTÃO INDUSTRIAL DO FUTURO

O SIGMA EAM representa uma nova geração de plataformas de gestão de ativos e manutenção industrial. Cada um dos 14 recursos documentados neste material não é apenas uma funcionalidade isolada, mas parte de um ecossistema integrado onde cada módulo amplifica o valor dos demais.

A integração entre IoT, Inteligência Artificial, Mobilidade, Business Intelligence, Automação RPA e Metodologias Avançadas de Gestão (PDCA Nativo, Follow-up, Piloto Automático, Biometria) cria uma sinergia operacional que nenhuma dessas tecnologias conseguiria produzir isoladamente. O resultado é uma manutenção mais previsível, eficiente, integrada e orientada por performance.

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

Redução do índice de corretiva não planejada: de 50-70% para menos de 20%

Aumento da disponibilidade física dos ativos críticos: +8 a +15 pontos percentuais

OEE: aumento médio de +12 a +22 pontos percentuais em plantas industriais

CM% (custo de manutenção/faturamento): redução 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: redução de 25-40% sem aumento de rupturas

Horas administrativas do PCM: redução de 60-70% via RPA e automação

Payback médio do investimento: 3 a 8 meses

ROI total em 3 anos: tipicamente 800 a 2.500% para indústrias de médio porte

Documento elaborado com base no documento técnico oficial SIGMA EAM e dados de implantações reais na indústria brasileira.

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