



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA**  
**CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA**

**TALES COSTA BARRETO**

**ANÁLISE DO SOFTWARE SIGMA COMO UM *COMPUTERIZED MAINTENANCE***  
***MANAGEMENT SYSTEM***

**FORTALEZA**

**2019**

TALES COSTA BARRETO

ANÁLISE DO SOFTWARE SIGMA COMO UM *COMPUTERIZED MAINTENANCE  
MANAGEMENT SYSTEM*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Rogério Teixeira Mâsih

FORTALEZA

2019

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca Universitária  
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

- B264a Barreto, Tales Costa.  
Análise do software sigma como um computerized maintenance management system / Tales Costa Barreto. – 2019.  
102 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Mecânica, Fortaleza, 2019.  
Orientação: Prof. Dr. Rogério Teixeira Mâsih.
1. Manutenção. 2. Sistema Automatização de Gerência da Manutenção. 3. CMMS. 4. Planejamento e Controle de Manutenção. I. Título.
- CDD 620.1
-

TALES COSTA BARRETO

ANÁLISE DO SOFTWARE SIGMA COMO UM *COMPUTERIZED MAINTENANCE  
MANAGEMENT SYSTEM*

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Mecânica do Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do grau de bacharel em Engenharia Mecânica.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA

---

Prof. Dr. Rogério Teixeira Mâsih (Orientador)  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Luiz Soares Júnior  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

---

Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima  
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Aos meus pais José Roberto e Jeanne, aos meus irmãos Nicolas e Italo, às minhas tias Denyse, Ellise e Evelyne (*in memorian*) e aos meus avós, Jeová e Maria Linelda (*in memorian*).

## AGRADECIMENTOS

À Rede Industrial juntamente ao SENAI Nacional por disponibilizar a licença do Software SIGMA e tornar possível a realização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Rogério Mâsih pela excelente orientação e por dispor de seu tempo para ensinar.

Ao Prof. Dr. Luiz Soares Júnior e ao Prof. Dr. Francisco Elicivaldo Lima, por participarem da banca avaliadora.

À minha família, em especial aos meus pais, José Roberto e Jeanne, que se dedicaram completamente ao meu crescimento pessoal e profissional, sempre com muito amor e, além de tudo, compreensão naqueles momentos em que tive de me abdicar das viagens e lazes em prol do estudo. Aos meus irmãos, Nicolas e Italo, que dividiram, desde o nosso nascimento, todos os momentos, me dando todo o apoio necessário. Aos meus tios, tias e avós, que me apoiaram sempre que preciso.

Aos amigos que a graduação me deu de presente e levarei pela vida, Bruno, Caio, Diego, Eugênio, Germano, Igor, Isabela, Italo, Iury, Joel, Lucas, Luis e Mônica, por dividirem os momentos bons e ruins, por serem guias e apoios, sendo, sem dúvidas, indispensáveis para que eu tenha chegado até aqui. Aos que, junto deles, Bia, Letícia, Luana e Paula, mostraram-se presentes na minha vida nos grandes momentos.

Aos meus amigos de infância, Gustavo e Pedro e àqueles que fui ganhando ao decorrer da vida, Ádria, Déborah, Jardel, Juliana e Lucas, que participaram de grandes momentos da minha vida, me apoiando e sendo portos seguros quando necessários.

Aos meus amigos e colegas de trabalho, em especial à Anaci e Juliana, que me ensinam até hoje a como ser um exemplo de profissional e ser humano.

“As palavras têm a leveza do vento e a força da  
tempestade.”

(Victor Hugo)

## RESUMO

O software SIGMA é um dos *Computerized Maintenance Management System* (CMMS) mais utilizados na indústria brasileira e, diante do impacto financeiro organizacional que a implantação de um CMMS tem na empresa, é importante identificar suas características antes da implantação. A partir desse contexto, o objetivo geral do presente trabalho é a análise do software SIGMA como um *Computerized Maintenance Management System*, a partir disso, elencou-se as principais características de funcionamento, os pontos fortes e as oportunidades de melhorias. Para isso, realizou-se um estudo de caso por meio da adoção de 10 critérios propostos por Kardec e Nascif (2001) para a avaliação de um CMMS e aplicou-se tais critérios na avaliação do SIGMA a partir de simulações realizadas no software. Por meio dessa análise, constatou-se que o software SIGMA atende ao ciclo gerencial da manutenção, sendo uma ferramenta que facilita a gestão, planejamento e programação de serviços. Em contrapartida, o software apresenta um painel de geração de relatórios pouco intuitiva e com filtros duplicados. Além disso, não apresenta interface com sistema contábil. Portanto, conclui-se que o software SIGMA atende aos 10 critérios apresentados na pesquisa, sendo uma ferramenta facilitadora para a gestão da manutenção.

**Palavras-chave:** Manutenção. Sistema Automatização de Gerência da Manutenção. CMMS. Planejamento e Controle de Manutenção.

## ABSTRACT

The SIGMA software is one of the most commonly used Computerized Maintenance Management Systems (CMMS) in Brazilian industry and given the organizational financial impact that the CMMS has on the company it is important to identify its characteristics before implementation. From this context, the analysis of SIGMA software was performed, listing the main operating characteristics, benefits and opportunities for improvement. For this, a case study was performed by the adoption of the 10 criteria proposed by Kardec and Nascif (2001) for the evaluation of a CMMS and applied such criteria in the evaluation of SIGMA from simulations carried out in the software. Through this analysis, it was inferred that the software SIGMA serves the maintenance management cycle, being a tool that facilitates the management, planning and programming of services. In contrast, the software features a reporting panel that is unintuitive and with duplicate filters. In addition, it has no interface with accounting system. Therefore, it is concluded that SIGMA software meets the 10 criteria presented in the research, being a facilitating tool for maintenance management.

**Keywords:** Maintenance. Computerized Maintenance Management System. CMMS. Maintenance Planning and Control.

## LISTA DE FIGURAS

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Custo Anual da Manutenção com Base no PIB (em milhões de reais)..... | 18 |
| Figura 2 – Custo Total da Manutenção Sobre Faturamento .....                    | 18 |
| Figura 3 – Utilização de Sistemas na Manutenção .....                           | 19 |
| Figura 4 – Evolução da Manutenção por Geração.....                              | 25 |
| Figura 5 – Cronologia da Manutenção .....                                       | 26 |
| Figura 6 – Ciclo PDCA.....  | 37 |
| Figura 7 – seção de Planejamento (PLAN) .....                                   | 50 |
| Figura 8 – seção de Execução (DO) .....   | 51 |
| Figura 9 – seção de Verificação (CHECK).....                                    | 52 |
| Figura 10 – seção de Ação (ACTION) .....  | 53 |
| Figura 11 – Criação da Solicitação de Serviço .....                             | 56 |
| Figura 12 – Solicitação de Serviço Impressa.....                                | 56 |
| Figura 13 – Aprovação da Solicitação de Serviço .....                           | 57 |
| Figura 14 – Criação de Serviço .....  | 58 |
| Figura 15 – Criação de Serviço Padrão .....                                     | 59 |
| Figura 16 – Cadastro de Sintoma.....  | 60 |
| Figura 17 – Vinculação Serviço Padrão a Sintoma .....                           | 61 |
| Figura 18 – Cadastro de Procedimento OS.....                                    | 62 |
| Figura 19 – Inclusão de Ferramentas para Funcionário.....                       | 63 |
| Figura 20 – Requisitos Ordem de Serviço .....                                   | 64 |
| Figura 21 – Configuração de Tempo OS .....                                      | 65 |
| Figura 22 – Cálculo Valor Homem-Hora.....                                       | 66 |
| Figura 23 – Disponibilidade Mão-de-Obra .....                                   | 68 |
| Figura 24 – Lançamento Hora Extra .....   | 69 |
| Figura 25 – Resumo KPI na Ficha Cadastral da Máquina.....                       | 70 |
| Figura 26 – Assistente de Hierarquia.....                                       | 71 |
| Figura 27 – Módulo de Manutenção Preventiva.....                                | 72 |
| Figura 28 – Criação OS Manutenção Preventiva.....                               | 73 |
| Figura 29 – Programação Preventiva .....  | 74 |
| Figura 30 – Calendário de Programação .....                                     | 75 |
| Figura 31 – Carta Gantt .....   | 76 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 32 – Cadastro de Pendência .....                 | 77  |
| Figura 33 – Lançamento de Atividade com Pendência ..... | 78  |
| Figura 34 – Campos Relatório de Cadastro de OS .....    | 80  |
| Figura 35 – Cadastro de Famílias .....                  | 82  |
| Figura 36 – Cadastro de Causa .....                     | 83  |
| Figura 37 – Cadastro de Solução .....                   | 83  |
| Figura 38 – Cadastro de Defeitos .....                  | 84  |
| Figura 39 – Ficha Técnica .....                         | 85  |
| Figura 40 – Ficha Cadastral Máquina .....               | 86  |
| Figura 41 – Cadastro de Peças.....                      | 88  |
| Figura 42 – Curva ABC.....                              | 89  |
| Figura 43 – Criação da Requisição de Material (RM)..... | 90  |
| Figura 44 – Aprovação de RM .....                       | 91  |
| Figura 45 – Aprovação de Pedido de Compra.....          | 92  |
| Figura 46 – Aviso de Estoque Mínimo .....               | 93  |
| Figura 47 – Integra SIGMA.....                          | 94  |
| Figura 48 – Criação de Departamento (metas).....        | 96  |
| Figura 49 – Ficha Cadastral Condicionador de Ar .....   | 97  |
| Figura 50 – Gráfico Disponibilidade x Manutenção .....  | 98  |
| Figura 51 – Resumo Indicadores por Máquina.....         | 99  |
| Figura 52 – Quadro Resumo Parte 1.....                  | 101 |
| Figura 53 – Quadro Resumo Parte 2.....                  | 102 |

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

|         |  |
|---------|--|
| ABRAMAN | Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos   |
| CLP     | Controle Lógico Programável  |
| CMMS    | Sistema Automatizado de Gerência da Manutenção ( <i>Computerized Maintenance Management System</i> ) |
| EAM     | <i>Enterprise Asset Management</i> (Sistema de Gestão de Ativos)                                     |
| OS      | Ordem de Serviço   |
| PIB     | Produto Interno Bruto  |
| RM      | Requisição de Material   |
| SS      | Solicitação de Serviço   |

## SUMÁRIO

|                |  |    |
|----------------|--|----|
| <b>1</b>       | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                  | 15 |
| <b>1.1</b>     | <b>Contextualização</b> .....                            | 15 |
| <b>1.2</b>     | <b>Objetivos</b> .....                                   | 16 |
| <i>1.2.1</i>   | <i>Objetivo Geral</i> .....                              | 16 |
| <i>1.2.2</i>   | <i>Objetivos Específicos</i> .....                       | 16 |
| <b>1.3</b>     | <b>Justificativa</b> .....                               | 17 |
| <b>1.4</b>     | <b>Metodologia</b> .....                                 | 20 |
| <b>1.5</b>     | <b>Limitações do Trabalho</b> .....                      | 20 |
| <b>1.6</b>     | <b>Estrutura do Trabalho</b> .....                       | 21 |
| <b>2</b>       | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                       | 22 |
| <b>2.1</b>     | <b>A Evolução da Manutenção</b> .....                    | 22 |
| <b>2.2</b>     | <b>Conceitos da Manutenção</b> .....                     | 26 |
| <b>2.3</b>     | <b>Manutenção: Tipos e Organização</b> .....             | 27 |
| <i>2.3.1</i>   | <i>Tipos de Manutenção</i> .....                         | 27 |
| <i>2.3.1.1</i> | <i>Manutenção Corretiva</i> .....                        | 28 |
| <i>2.3.1.2</i> | <i>Manutenção Preventiva</i> .....                       | 29 |
| <i>2.3.1.3</i> | <i>Manutenção Preditiva</i> .....                        | 29 |
| <i>2.3.1.4</i> | <i>Engenharia da Manutenção</i> .....                    | 30 |
| <i>2.3.2</i>   | <i>Organizações de Manutenção</i> .....                  | 31 |
| <i>2.3.2.1</i> | <i>Manutenção Centralizada</i> .....                     | 31 |
| <i>2.3.2.2</i> | <i>Manutenção descentralizada</i> .....                  | 31 |
| <i>2.3.2.3</i> | <i>Manutenção Mista</i> .....                            | 32 |
| <b>2.4</b>     | <b>Planejamento e Controle de Manutenção (PCM)</b> ..... | 32 |
| <b>2.5</b>     | <b>Ciclo PDCA</b> .....                                  | 36 |
| <b>2.6</b>     | <b>Os indicadores da Manutenção</b> .....                | 37 |
| <i>2.6.1</i>   | <i>Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)</i> .....             | 38 |
| <i>2.6.2</i>   | <i>Tempo Médio de Reparo (MTTR)</i> .....                | 38 |
| <i>2.6.3</i>   | <i>Tempo Médio para Falha (TMPF)</i> .....               | 38 |
| <i>2.6.4</i>   | <i>Disponibilidade Física (DF)</i> .....                 | 39 |
| <i>2.6.5</i>   | <i>Custos da Manutenção</i> .....                        | 39 |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.6.6   | <i>Custo da Manutenção por Reposição (CPMF)</i> .....   | 40 |
| 2.6.7   | <i>Backlog</i> .....  | 40 |
| 2.6.8   | <i>Índice de Retrabalho</i> .....   | 40 |
| 2.6.9   | <i>Índice de Corretiva</i> .....  | 40 |
| 2.6.10  | <i>Índice de Preventiva</i> .....   | 41 |
| 2.6.11  | <i>Alocação de HH em Ordem de Manutenção</i> .....  | 41 |
| 2.6.12  | <i>Treinamento na Manutenção</i> .....  | 41 |
| 2.6.13  | <i>Treinamento na Manutenção</i> .....  | 41 |
| 2.6.14  | <i>Taxa de Frequência de Acidentes</i> .....  | 42 |
| 2.6.15  | <i>Taxa de Gravidade de Acidentes</i> .....   | 42 |
| 2.7     | <b>Sistema Automatizado para o Planejamento e Controle da Manutenção</b>                                    | 42 |
| 3       | <b>ESTUDO DE CASO</b> .....   | 47 |
| 3.1     | <b>Etapas da Pesquisa</b> .....   | 47 |
| 3.2     | <b>O Software SIGMA</b> .....   | 49 |
| 3.3     | <b>Análise dos Resultados</b> .....   | 54 |
| 3.3.1   | <i>Equipamentos Necessários para o Software</i> .....   | 54 |
| 3.3.2   | <i>O Sistema Funciona em Rede ou É Monousuário?</i> .....   | 55 |
| 3.3.3   | <i>Dispoe de Módulo de Solicitação de Serviços?</i> .....   | 55 |
| 3.3.4   | <i>Facilidades para Planejar o Serviço</i> .....  | 58 |
| 3.3.4.1 | <i>O Serviço Pode ser Subdividido em Etapas? Existe o Conceito de Dependên-<br/>cia Entre Etapas?</i> ..... | 58 |
| 3.3.4.2 | <i>Associação de Serviço ou Etapa de Serviço com Procedimentos ou Padrões</i> .                             | 61 |
| 3.3.4.3 | <i>Detalhamento de Necessidades (Mão-de-Obra, Materiais e Ferramentas)</i> . .                              | 62 |
| 3.3.5   | <i>Possibilidade de especificar data desejada para início e/ou término de ser-<br/>viço/etapa</i> .....     | 65 |
| 3.3.5.1 | <i>Facilidades para Orçamentação de Serviço</i> .....   | 65 |
| 3.3.5.2 | <i>Esquema de Atribuição de Responsabilidades</i> .....   | 66 |
| 3.3.5.3 | <i>Recursos Adicionais que Enriqueçam o Planejamento de Serviços</i> .....                                  | 67 |
| 3.3.5.4 | <i>Capacidade de Planejar Subprojetos (WorkBreakdown Structure</i> .....                                    | 67 |
| 3.3.6   | <b>Parâmetros de Controle</b> .....   | 68 |
| 3.3.6.1 | <i>Recursos de mão-de-obra, controle de pessoal, disponibilidade, função</i> . . .                          | 68 |
| 3.3.6.2 | <i>Metodologia de Controle da Disponibilidade de Materiais, Ferramentas e</i>                               |    |

|               |  |           |
|---------------|--|-----------|
|               | <i>Máquinas</i> .....  | 70        |
| 3.3.6.3       | <i>Tabelas e Distribuição de Serviços/Recursos por Área Geográfica/Especialidade</i>   | 70        |
| <b>3.3.7</b>  | <b><i>Programação de Serviços</i></b> .....  | <b>71</b> |
| 3.3.7.1       | <i>Critérios de Definição dos Serviços a Serem Executados</i> .....  | 71        |
| 3.3.7.2       | <i>Relatório/Telas de Serviços Programados</i> .....   | 74        |
| <b>3.3.8</b>  | <b><i>Controle de Execução dos Serviços</i></b> .....  | <b>76</b> |
| 3.3.8.1       | <i>Tipos de Impedimentos, ou Bloqueios, de Serviços ou Etapas</i> .....  | 76        |
| 3.3.8.2       | <i>Metodologia de Gerenciamento de Impedimentos</i> .....  | 77        |
| 3.3.8.3       | <i>Facilidade de Apropriação dos Serviços, Registro de Ocorrências e de Infor-<br/>mações para o Histórico de Manutenção e Custos</i> .....  | 78        |
| 3.3.8.4       | <i>Indicadores/Índices relatórios ao andamento/conclusão dos serviços e custos</i>   | 79        |
| 3.3.8.5       | <i>Sistemática para Replanejamento de Serviços</i> .....   | 79        |
| 3.3.8.6       | <i>Indicadores Relativos a Histórico de Manutenção</i> .....   | 79        |
| 3.3.8.7       | <i>Indicadores Relativos à Confiabilidade de Equipamentos</i> .....  | 79        |
| 3.3.8.8       | <i>Facilidades de consulta e Relatórios Disponíveis</i> .....  | 79        |
| <b>3.3.9</b>  | <b><i>Gerência de Equipamentos</i></b> .....   | <b>81</b> |
| 3.3.9.1       | <i>Tabelas Existentes</i> .....  | 81        |
| 3.3.9.1.1     | <i>Definição de Classes de Equipamentos</i> .....  | 81        |
| 3.3.9.1.2     | <i>Indicar Intercambiabilidade de Peça</i> .....   | 82        |
| 3.3.9.1.3     | <i>Codificar Sintomas, Causas de Falhas, Defeitos e Soluções Adotadas</i> .....  | 83        |
| 3.3.9.2       | <i>Metodologia para Definição de Características Técnicas de Equipamentos</i> .  | 84        |
| 3.3.9.3       | <i>Metodologia de Registro de Histórico de Manutenção</i> .....  | 85        |
| 3.3.9.4       | <i>Metodologia para Registro de Dados técnicos Relativos à Manutenção</i> . . .  | 86        |
| 3.3.9.5       | <i>Possibilidade de Acompanhamento de Históricos de Equipamentos por Indi-<br/>víduo e por TAG</i> .....                                     | 87        |
| <b>3.3.10</b> | <b><i>Administração de Estoque</i></b> .....   | <b>87</b> |
| 3.3.10.1      | <i>Facilidade de Agrupamento de Materias por Área de Utilização, tipo de<br/>equipamento, forma de aquisição, faixa de custo, etc.</i> ..... | 87        |
| 3.3.10.2      | <i>Formas de Controle de Ressuprimento e de Estoque</i> .....  | 87        |
| <b>3.3.11</b> | <b><i>Facilidades de Requisição de Materiais por Parte do Usuário</i></b> .....  | <b>89</b> |
| 3.3.11.1      | <i>Facilidades de Consulta a Saldos de estoque</i> .....   | 92        |
| <b>3.4</b>    | <b><i>Outras Interfaces</i></b> .....  | <b>93</b> |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 3.4.1   | <i>Pontos Complementares</i> .....                                   | 95  |
| 3.4.1.1 | <i>Indicadores</i> .....   | 95  |
| 3.5     | <b>Considerações Finais sobre o Estudo de Caso</b> .....             | 100 |
| 4       | <b>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTU-<br/>ROS</b> ..... | 103 |
|         | <b>REFERÊNCIAS</b> .....   | 105 |

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

Com o advento da economia globalizada, observou-se um aumento na demanda por produtos e sistemas de melhor desempenho a custos competitivos (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2011). Tal aumento da competitividade é condição de sobrevivência para as empresas, exigindo, dentre outras coisas, a busca do máximo retorno financeiro sobre os ativos das instalações industriais (BRANCO, 2008).

Diante desse cenário, onde as mudanças e a modernização das tecnologias e processos sucedem em alta velocidade, a manutenção deve deixar de ser reativa para se tornar proativa, necessitando de um gerência moderna pautada por processos de gestão onde a satisfação plena de seus clientes seja intrínseco a qualidade dos produtos (KARDEC; NASCIF, 2009).

No Brasil, devido ao aumento da competitividade no mercado nacional, nas últimas décadas, decorrente da abertura comercial a fornecedores externos designada como globalização, provocou no meio empresarial, quase de imediato, uma maior preocupação com a otimização dos processos de produção para manter os negócios nacionais competitivos em relação às empresas estrangeiras e cumprir sua função empresarial (MEDEIROS *et al.*, 2005).

Porém, o Brasil, sendo um país de contrastes, marcada por uma diferença clara de infraestrutura entre os setores da periferia e das áreas mais abastardas, também apresenta um claro desvínel no âmbito industrial, possuindo empresas de tecnologia de ponta e outras que não apresentam organização, segurança de trabalho, higiene do trabalho e manutenção. Esse quadro provoca uma série de males, desde a perda do mercado de produtos brasileiros ao encolhimento do PIB. Diante disso, é necessário iniciar o incremento de avanços assimiláveis pela estrutura organizacional existente (VIANA, 2002).

A quantidade de informações geradas dentro das empresas é enorme, gerando o fluxo cada vez maior de informações sendo trocadas. Nas empresas que não possuem planejamento nem padronização, as pessoas estão habituadas a trabalhar como bem entendem, a iniciar uma tarefa quando quiserem e se quiserem, não entendendo que a empresa será mais eficiente e os recursos melhor utilizados se souberem como e quando fazer. Existe uma falsa sensação de liberdade, traduzida pela improvisação. Se a empresa pretender saber onde está dependendo a sua mão de obra de manutenção, deve montar algum esquema de controle (BRANCO, 2008).

Para padronizar e otimizar a organização como um todo, várias ferramentas estão

disponíveis, mas elas só darão resultados eficazes à medida que o homem de manutenção internalizar uma nova cultura, pautada na missão estratégica e no desenvolvimento tecnológico. Um das ferramentas que facilita e permite a padronização e controle das informações de maneira eficiente é Sistema Automatizado de Gerência da Manutenção (*Computerized Maintenance Management System*) (CMMS) (KARDEC; NASCIF, 2009).

Existem, no Brasil, diversos CMMS disponíveis no mercado. Dentre eles, o SIGMA, Sistema de Gerenciamento de Manutenção e Telemetria, é um software desenvolvido pela empresa Rede Industrial em parceria com o SENAI Nacional com mais de 26 anos no mercado, sendo um sistema desenvolvido para atender todos os segmentos que visam planejar e controlar a manutenção, sejam eles indústrias, assistências técnicas, estruturas prediais, hotéis, hospitais, etc. Hoje o SIGMA é o CMMS, ou *Enterprise Asset Management* (Sistema de Gestão de Ativos) (EAM) mais utilizado no Brasil, ultrapassando a marca de 11.000 usuários. Sendo uma ferramenta de fácil acesso, o usuário desfruta de uma versão completa, interativa, dinâmica, e de fácil instalação e configuração (REDE INDUSTRIAL, 2015).

Isto porque, este sistema possibilita ao usuário estrutura toda a parte funcional e industrial da empresa em um simples e prático cadastro, permitindo, por exemplo, a emissão de solicitações de serviços, ordens de serviço, apontamento de horas trabalhadas, conclusão de ordens de serviços e tempo de máquina parada, além de realizar o planejamento e programação de manutenções preventivas, preditivas, lubrificações, checklists e calibrações. Pode, também, gerar relatórios e gráficos gerenciais, com os principais indicadores de classe mundial da manutenção. Além disso, possibilita a gestão de estoque e suprimentos (REDE INDUSTRIAL, 2017).

Diante do exposto, chega-se a pergunta de partida desta pesquisa, o *Computerized Maintenance Management System*, SIGMA, cumpre com os requisitos básicos de um CMMS?

## **1.2 Objetivos**

### **1.2.1 Objetivo Geral**

Analisar o software SIGMA como um *Computerized Maintenance Management System*.

### **1.2.2 Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos desse trabalho são:

- a) Apresentar os principais conceitos da gerência da Manutenção;
- b) Identificar critérios de avaliação de um CMMS;
- c) Identificar as principais características de um CMMS;

### 1.3 Justificativa

O Produto Interno Bruto (PIB) do Brasil, em 2018, foi de aproximadamente 6,8 trilhões de reais (IBGE, 2019).

Deste valor, a parcela gerada pela indústria, apesar de ser a menor porcentagem dos últimos 70 anos, decorrente da crise financeira que impactou o país nos últimos, ainda foi de aproximadamente 11,3%. Apesar do fechamento em uma porcentagem baixa, em março de 2019 a parcela do PIB das indústrias estava sendo fechado em aproximadamente 22% (WOLK, 2019).

As empresas investem recursos financeiros cada vez maiores com a manutenção de suas atividades (ALMEIDA; ERTHAL, 2012). A Figura 1 apresenta o custo em porcentagem total e o custo em valor anual da manutenção das empresas brasileiras entre o ano de 1995 e 2013. Pode-se observar que o custo médio da manutenção numa empresa brasileira apresenta uma queda em 2011 se comparado com o custo total da empresa (4,26% em 1995 e 3,95% em 2011). No entanto, neste mesmo período, pode-se observar crescimento exponencial do valor gasto com a manutenção, que passou de um custo aproximado de 20 bilhões de reais em 1995 para 150 bilhões de reais em 2011, ou seja, um acréscimo aproximadamente de 650% em custo de manutenção no Brasil (ABRAMAN, 2013).

Figura 1 – Custo Anual da Manutenção com Base no PIB (em milhões de reais)



Fonte: (ABRAMAN, 2013)

Já em 2013, a Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN) revelou que o custo total da manutenção representou em média 4,69 por cento do faturamento bruto nas empresas brasileiras, perfazendo uma parcela significativa do PIB nacional, na verdade o valor mais alto dessa estatística desde o início da série histórica iniciada em 1995 (ABRAMAN, 2013; SILVA; MELO, 2017).

A Figura 2 apresenta o resumo das porcentagens do custo total da manutenção sobre o faturamento bruto das empresas entre os anos de 1995 e 2013.

Figura 2 – Custo Total da Manutenção Sobre Faturamento

| Ano  | Custo Total da Manutenção / Faturamento Bruto |
|------|---|
| 2013 | 4,69 %  |
| 2011 | 3,95 %  |
| 2009 | 4,14 %  |
| 2007 | 3,89 %  |
| 2005 | 4,10 %  |
| 2003 | 4,27 %  |
| 2001 | 4,47 %  |
| 1999 | 3,56 %  |
| 1997 | 4,39 %  |
| 1995 | 4,26 %  |

Fonte: (ABRAMAN, 2013)

Em relação ao uso de sistemas, a Figura 3 mostra que, apesar de pacotes de programas externos serem usados por grande parte dos setores manutenção, parte considerável das empresas

nacionais no ano de 2009 (cerca de 20%) ainda se utilizavam ou apenas de planilhas eletrônicas ou não utilizavam sistema nenhum (ABRAMAN, 2013; COSTA, 2013).

Figura 3 – Utilização de Sistemas na Manutenção

| Tipos de Programas (Soft) Utilizados na Manutenção<br>(% de Respostas) |         |                    |                 |                    |                          |                      |
|--|---------|--------------------|-----------------|--------------------|--------------------------|----------------------|
| Ano  | Próprio | Externos Adaptados | Externo Pacotes | Próprio e Externos | Só Planilhas Eletrônicas | Não Utiliza Software |
| 2009   | 11,36   | 18,18              | 35,80           | 14,20              | 18,75                    | 1,70                 |
| 2007   | 12,63   | 16,32              | 35,79           | 20,53              | 13,16                    | 1,58                 |
| 2005   | 17,60   | 19,20              | 24,80           | 20,80              | 13,60                    | 4,00                 |
| 2003   | 20,14   | 11,51              | 34,53           | 18,71              | 11,51                    | 3,60                 |
| 2001   | 18,59   | 17,31              | 19,87           | 33,33              | 5,77                     | 5,13                 |
| 1999   | 23,85   | 13,85              | 26,15           | 24,62              | 8,45                     | 3,08                 |
| 1997   | 25,19   | 20,74              | 11,85           | 28,15              | 8,15                     | 5,92                 |
| 1995   | 46,89   | 12,43              | 16,95           | 23,73              | -                        | -                    |

Fonte: (ABRAMAN, 2009)

Diante do exposto, e do grande aumento na competitividade do mercado, é necessária cada vez mais eficiência e processos organizacionais consolidados. Além disso, sabendo que a escolha de um sistema automatiza de gerência da manutenção é um grande passo, quando bem implantado, para atingir um bom desempenho operacional, justifica-se a importância de Analisar o Software SIGMA como um *Computerized Maintenance Management System* (CMMS).

## 1.4 Metodologia

Segundo Silva e Menezes (2005), as pesquisas podem ser classificadas: quanto à natureza, quanto a forma de abordagem do problema, quanto aos objetivos e quanto aos procedimentos técnicos.

Quanto à natureza, a presente pesquisa classifica-se como pesquisa aplicada, visto que objetiva gerar conhecimento sobre os sistemas automatizados de gerência da manutenção e aplicando, na prática, a análise no software SIGMA como um desses sistemas, ferramentas de gestão da manutenção, buscando auxiliar empresas que buscam adquirir tais sistemas (SILVA; MENEZES, 2005; CASTILHO *et al.*, 2014).

Quanto à abordagem do problema, esta pesquisa classifica-se como uma pesquisa qualitativa, pois não houve estudos estatísticos, a análise dos dados foi feita de forma indutiva, utilizando-se de informações presentes nas bibliografias em sua maioria descritivas (OLIVEIRA, 2011; SILVA; MENEZES, 2005).

Em relação aos objetivos, a presente pesquisa classifica-se como descritiva, visando identificar as principais características de um Sistema automatizado de gerência da manutenção, utilizando-se de critérios retirados das bibliografias para a aplicação em um software existente no mercado brasileiro (SILVA; MENEZES, 2005; CASTILHO *et al.*, 2014),

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, foram utilizados os seguintes procedimentos técnicos: pesquisa bibliográfica, pesquisa documental e estudo de caso. A pesquisa bibliográfica foi realizada a partir da consulta de livros, artigos, teses e dissertações e abordou, principalmente, conceitos da gerência da manutenção e a aplicação do sistemas automatizados na manutenção (SILVA; MENEZES, 2005).

Por sua vez, para a pesquisa documental, utilizou-se dos manuais fornecidos pelo fabricante do software. O estudo de caso baseou-se na utilização dos critérios apresentados em (KARDEC; NASCIF, 2001), para avaliar um *Computerized Maintenance Management System* (CMMS), ou seja, um Sistema Automatizado de Gerência da Manutenção.

## 1.5 Limitações do Trabalho

Para a realização deste trabalho, entrou-se em contato com os fornecedores dos seguintes softwares, com a tentativa de obter uma licença para a realização da pesquisa: Emanut, gestãoclick, Engeman, Fractal, i10 Manutenção e o SIGMA. Dentre eles, apenas o SIGMA

contava com a liberação de uma versão de uso estendida.

A Versão do SIGMA liberada para estudantes é a versão básico do sistema, contando com todas as aplicações comuns. Em contrapartida, sua capacidade de cadastro era limitada e não apresentava aplicações como o Gerenciamento de Projetos, presente na versão PRO do sistema.

Esclare-se, por fim, que esses fatores não foram limitantes para este trabalho, visto que a quantidade de informações cadastradas para a simulação foram suficientes para obter os dados desta pesquisa, além de só impactar em um critério extra de facilidades da gestão da execução do serviço, onde pergunta-se a existencia de uma ferramenta para gestionar subprojetos.

## **1.6 Estrutura do Trabalho**

O presente trabalho está dividido em 4 capítulos, conformes descrito a seguir:

- a) O capítulo 1, foi apresentado o objetivo geral do trabalho, assim como os objetivos específicos. Além disso, contextualizou-se e justificou-se a presente pesquisa, assim como foi apresentada a metodologia utilizada para realizá-la.
- b) O capítulo 2 apresenta a revisão bibliográfica, apresentando uma revisão dos principais temas, com o objetivo de dar embasamento teórico para a realização e leitura deste trabalho. Foram abordados a evolução, conceitos, tipos e estruturas organizacionais da manutenção. Além de apresentar o ciclo PDCA, os sistemas automatizados de gerência da manutenção, o planejamento e controle da manutenção e os principais indicadores.
- c) O capítulo 3 apresenta o estudo de caso, ou seja, a avaliação do software SIGMA como um CMMS, assim como as considerações finais sobre tal avaliação.
- d) O capítulo 4 é feito a conclusão do trabalho e as recomendações para trabalhos futuros.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão apresentados os principais conceitos que constituem o embasamento teórico necessário para realizar e compreender este trabalho.

### 2.1 A Evolução da Manutenção

A história da manutenção acompanha o desenvolvimento técnico-industrial da humanidade e, nos últimos 30 anos, foi a atividade que mais passou por mudanças (KARDEC; NASCIF, 2009; TAVARES, 2000).

A manutenção existe desde o momento em que as pessoas começaram a manusear instrumentos de produção (VIANA, 2002). De acordo com Branco Filho (2008), os bens eram feitos por encomenda, quase sempre de um modo artesanal, não havia máquinas para produção em série de artigos e produtos, com ressalva para a produção de tecido. Segundo o mesmo autor, no rigor da análise, a atividade de produção era levada a efeito por pessoas que, em caso de problemas, sabiam construir a sua máquina e também realizar a reparação, sendo uma atividade de pai para filho.

A partir da Revolução Industrial no final do século XVIII, a sociedade humana começou a crescer, no que tange sua capacidade de produzir bens de consumo (VIANA, 2002). Mas foi no século XX que a evolução tecnológica tomou grandes proporções, afetando quase todas as áreas da sociedade (KARDEC; NASCIF, 2009).

Segundo Kardec e Nascif (2009), a evolução da manutenção pode ser dividida em quatro gerações. A primeira delas abrange o período antes da Segunda Guerra Mundial, quando a indústria era pouco mecanizada, os equipamentos eram simples e, na sua grande maioria, superdimensionadas.

As equipes de manutenção só começaram a existir no início do século XX, que, com a proximidade da Primeira Guerra Mundial, as fábricas tiveram que trabalhar com programas de produção mínima (BRANCO, 2008).

Aliado a tudo isto, devido ao contexto econômico na época, onde a questão da produtividade não era prioritária, não era necessária uma manutenção sistematizada, sendo necessários apenas serviços de limpeza, lubrificação e reparos após a quebra, ou seja, apenas manutenção corretiva não planejada (KARDEC; NASCIF, 2009).

Após a guerra 1914, a manutenção começou a existir em quase todas as unidades

fabris, porém apenas com atividades realizadas após a quebra das peças ou parada das máquinas em falha (BRANCO, 2008).

A segunda geração se passa entre os anos 50 e 70, após a Segunda Guerra Mundial. A pressão do período pós-guerra para aumentar a demanda por todo tipo de produto, ao mesmo tempo que o a mão de obra industrial diminuiu sensivelmente (KARDEC; NASCIF, 2009).

De acordo com Branco Filho (2008), a segunda guerra trouxe a necessidade de cumprir metas, trazendo à realidade de que alguns equipamentos não podiam parar.

Nesse período, houve um forte aumento na mecanização, bem como da complexidade das instalações industriais. Começa, também, a evidenciar-se a necessidade de maior disponibilidade, bem como maior confiabilidade, tudo isso como consequência da busca para maior produtividade (KARDEC; NASCIF, 2009).

Uma corrida tecnológica se estabeleceu com a Segunda Guerra Mundial, as indústrias aeronáuticas tiveram um grande avanço. Tais indústrias avançaram com métodos desenvolvidos para garantir que um avião voaria um tempo mínimo em bom estado de funcionamento, reforçando o desenvolvimento de técnicas e métodos de trabalho que atualmente são chamados de manutenção preventiva, pois não era possível efetuar reparos na maior parte dos equipamentos em uma aeronave em voo (BRANCO, 2008).

O custo da manutenção começou a aumentar, assim como a percepção da quantidade de capital que era investido nos ativos fixos, levaram as pessoas a buscar meios de prolongar a vida dos ativos fixos (KARDEC; NASCIF, 2009).

Diante dessa busca, a atenção para estudos sobre a confiabilidade, disponibilidade, técnicas de aumento de eficiência e outros conceitos foi aumentando. Tais estudos começaram a ser desenvolvido e atribuiu-se o título de Engenharia da Manutenção. Segundo o mesmo autor, os novos materiais e processos, a maquinaria sofisticada, melhores padrões, normas de controle mais rígidas, grande quantidade e diversidade de máquinas, obrigou as indústrias a mudar os integrantes da equipe de manutenção. Foram, então, incorporados às equipes de manutenção os técnicos engenheiros das mais diversas formações (BRANCO, 2008).

A terceira geração se inicia a partir da década de 1970 Na manufatura, os efeitos dos períodos de paralização foram agravados pelo crescimento da vertente de produção Just-in-time. O crescimento da automação e da mecanização, aliada a manutenção preventiva e ao uso de medições e acompanhamento periódicos nos equipamentos, com o uso de instrumentos sofisticados e até monitoração remota, introduziu o conceito de Manutenção Preditiva (KARDEC;

NASCIF, 2009; BRANCO, 2008).

Maior automação também significa que falhas cada vez mais frequentes afetam a capacidade de manter padrões de qualidade estabelecidos. Cada vez mais, as falhas provocam sérias consequências na segurança e no meio ambiente, criou-se, então, fortes exigências ligadas às condições de segurança e meio ambiente foram criadas e as plantas, caso não atendessem, eram impedidas de trabalhar (KARDEC; NASCIF, 2009).

Segundo Tavares (2000), a partir de 1980, com o desenvolvimento dos microcomputadores, a custos reduzidos e linguagens simples, os órgãos de manutenção passaram a desenvolver e processar seus próprios programas, eliminando os inconvenientes da dependência de disponibilidade humana e de equipamentos para o atendimento as suas prioridades de processamento das informações pelo computador central, além das dificuldades de comunicação na transmissão de suas necessidades para o analista de sistemas, nem sempre familiariza do com a área de manutenção.

No Brasil, a modernização da manutenção ocorreu na abertura final dos portos, na década de 1990, a estrada de empresas internacionais no mercado fez com que a indústria pátria buscasse a otimização de seus processos e o aumento da qualidade de seu produto para aumentar o poder de competição dos produtos nacionais (VIANA, 2002).

A quarta geração se inicia na década de 2000, para, algumas expectativas em relação à manutenção existentes na terceira geração continuavam a existir na quarta. A disponibilidade é um dos indicadores mais importantes, senão o mais (KARDEC; NASCIF, 2009). Segundo o mesmo autor, temos:

A consolidação das atividades de Engenharia da Manutenção, dentro da estrutura organizacional da Manutenção, tem na garantia da Disponibilidade, Da confiabilidade e da Manutenibilidade as três maiores justificativas de sua existência (KARDEC; NASCIF, 2009).

Na Figura 4, pode-se encontrar um resumo das gerações e seus principais pontos de mudança.

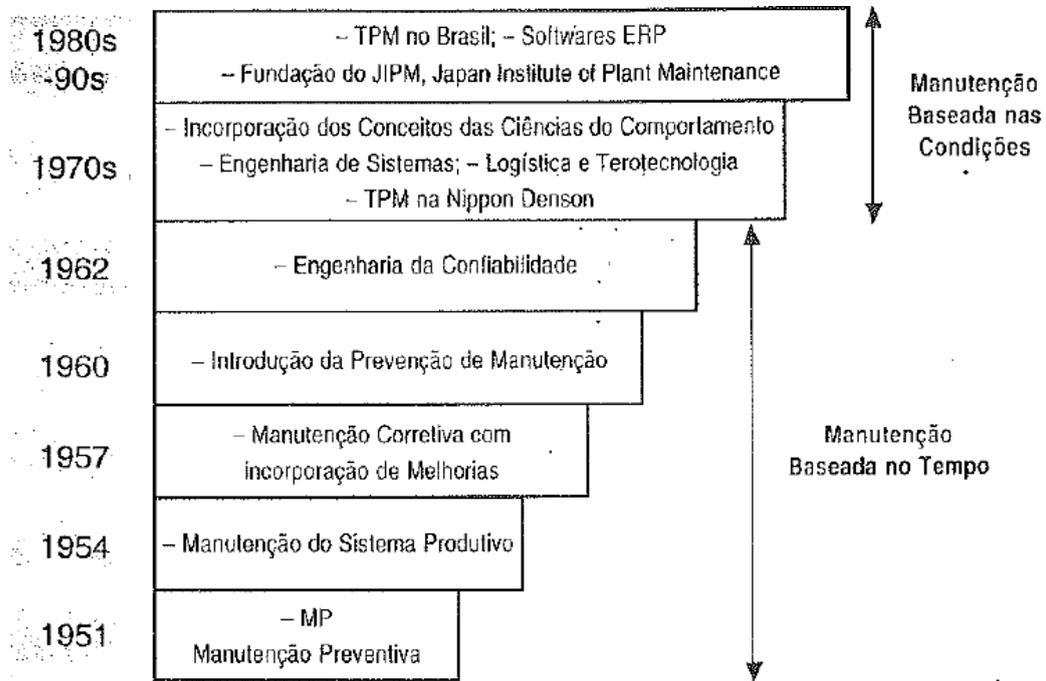
Figura 4 – Evolução da Manutenção por Geração

| EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO                           |  |   |  |   |
|--|--|---|--|---|
|  | Primeira Geração   | Segunda Geração   | Terceira Geração   | Quarta Geração  |
| Ano  |  |   |  |   |
| Aumento das expectativas em relação à Manutenção | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conserto após a falha</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Disponibilidade crescente</li> <li>• Maior vida útil do equipamento</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior confiabilidade</li> <li>• Maior disponibilidade</li> <li>• Melhor relação custo-benefício</li> <li>• Preservação do meio ambiente</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Maior confiabilidade</li> <li>• Maior disponibilidade</li> <li>• Preservação do meio ambiente</li> <li>• Segurança</li> <li>• Influir nos resultados do negócio</li> <li>• Gerenciar os ativos</li> </ul>  |
| Visão quanto à falha do equipamento              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Existência de 6 padrões de falhas (Nowlan &amp; Heap e Moubray) Ver Capítulo 5</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reduzir drasticamente falhas prematuras dos padrões A e F. (Nowlan &amp; Heap e Moubray) Ver Capítulo 5</li> </ul>   |
| Mudança nas técnicas de Manutenção               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Habilidades voltadas para o reparo</li> </ul>                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Planejamento manual da manutenção</li> <li>• Computadores grandes e lentos</li> <li>• Manutenção Preventiva (por tempo)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Monitoramento da condição</li> <li>• Manutenção Preditiva</li> <li>• Análise de risco</li> <li>• Computadores pequenos e rápidos</li> <li>• Softwares potentes</li> <li>• Grupos de trabalho multidisciplinares</li> <li>• Projetos voltados para a confiabilidade</li> <li>• Contratação por mão de obra e serviços</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da Condição</li> <li>• Minimização nas Manutenções Preventiva e Corretiva não Planejada</li> <li>• Análise de Falhas</li> <li>• Técnicas de confiabilidade</li> <li>• Manutenibilidade</li> <li>• Engenharia de Manutenção</li> <li>• Projetos voltados para confiabilidade, manutenibilidade e Custo do Ciclo de Vida.</li> <li>• Contratação por resultados</li> </ul> |

Fonte: (KARDEC; NASCIF, 2009)

Já na Figura 5, encontra-se a linha cronológica da evolução da manutenção

Figura 5 – Cronologia da Manutenção



Fonte: (VIANA, 2002)

A partir disso, percebe-se a grande evolução que a manutenção sofreu a partir da década de 1980 com o advento da tecnologia e o foco na qualidade do produto.

## 2.2 Conceitos da Manutenção

Na norma NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade (ABNT, 1994), os principais conceitos da gerência da manutenção são:

- Causa de Falha: Circunstâncias relativas ao projeto, fabricação ou uso que conduzem a uma falha;
- Defeito: Qualquer desvio de uma característica de um item em relação aos seus requisitos;
- Confiabilidade: Capacidade de um item desempenhar uma função requerida sob condições especificadas, durante um dado intervalo de tempo;
- Erro: Diferença entre um valor ou uma condição observada ou medida e a correspondente condição ou valor verdadeiro especificado ou teórico;
- Falha: Término da capacidade de um item desempenhar a função requerida;

- f) Função Requerida: Função ou combinação de funções de um item que são consideradas necessárias para prover um dado serviço;
- g) Manutenibilidade: Capacidade de um item ser mantido ou recolocado em condições de executar suas funções requeridas, sob condições de uso especificadas, quando a manutenção é executada sob condições determinadas e mediante procedimentos e meios prescritos;
- h) Pane: Estado de um item caracterizado pela incapacidade de desempenhar uma função requerida, excluindo a incapacidade durante a manutenção preventiva ou outras ações planejadas, ou pela falta de recursos externos;
- i) Serviço: Conjunto de funções oferecidas a um usuário por uma organização.

Além desses, Branco Filho (2008) cita:

- a) Equipamento: Uma unidade complexa de orem superior integrada por conjuntos, componentes e peças, agrupados para formar um sistema funcional. Em alguns casos, equivale ao termo máquina;
- b) Peças: Partes ou pedaços de um todo indiviso. São cada uma das partes ou elementos de um conjunto, de um mecanismo, ou de um componente. Parte elementar de uma máquina, componente ou equipamento.

Por fim, Viana (2002) define:

- a) Ordem de Manutenção/Ordem de Serviço (OM/OS): Instrução escrita enviada mediante documento eletrônico ou em papel, que define um trabalho a ser executado pela manutenção,
- b) Tag: O termo *Tag*, em português etiqueta, é o local que ocupa um equipamento ou um conjunto de equipamentos. Também pode ser explicado como o endereço físico ou código do equipamento.

## **2.3 Manutenção: Tipos e Organização**

### **2.3.1 Tipos de Manutenção**

Os tipos de manutenção são caracterizados pela maneira como é feita a intervenção no sistema. Nesta sessão, serão abordados os tipos de manutenção considerados como principais por diversos autores, sendo eles: manutenção corretiva, manutenção preventiva, manutenção preditiva e a engenharia da manutenção (COSTA, 2013).

### 2.3.1.1 *Manutenção Corretiva*

A manutenção corretiva é a intervenção necessária imediatamente para evitar graves consequências aos instrumentos de produção, à segurança do trabalhador e ao meio ambiente (VIANA, 2002).

De acordo com Xenos (2003), a manutenção corretiva é feita depois que a falha ocorreu, mas, segundo Kardec e Nascif (2009) tal manutenção não é necessariamente, a manutenção de emergência, pois pode ser classificada de outras duas formas: A manutenção corretiva planejada e a não planejada.

A manutenção corretiva não planejada é aquela que ocorre devido a um erro aleatório que necessita de uma correção rápida e não tem tempo para ser planejada. Normalmente, esse tipo de manutenção pode acarretar em altos custos, caso haja uma parada da produção ou uma perda na qualidade dos produtos (KARDEC; NASCIF, 2009).

Mesmo que não haja tempo para planejar, um aspecto fundamental é se esforçar para identificar precisamente as causas fundamentais da falha e bloqueá-las, evitando sua reincidência (XENOS, 2004).

A manutenção corretiva planejada é a correção do desempenho menor ou correção de falha vinda de uma decisão gerencial, normalmente esse tipo de manutenção decorre do acompanhamento da manutenção preditiva (KARDEC; NASCIF, 2009). Segundo o mesmo autor, um trabalho planejado é sempre mais barato, mais seguro e mais rápido que um não planejado.

O uso apenas da manutenção corretiva leva a uma contínua e lenta degradação dos ativos onde, por consequência, pode trazer a perda da produção e paradas não programadas, sendo ideal apenas para empresas onde a manutenção corretiva é muito mais barata que os outros tipos e onde não exista uma rede tão complexa de máquinas e equipamentos (BRANCO, 2008).

Além disso, o uso de apenas a manutenção corretiva é uma consequência do desconhecimento de melhores técnicas de gerenciamento e administração da manutenção e é consequência de não existir um acompanhamento profundo dos custos da manutenção e de suas consequências no que tange o processo produtivo (BRANCO, 2008).

### 2.3.1.2 *Manutenção Preventiva*

A manutenção preventiva é a atuação realizada de forma a reduzir ou evitar a falha ou queda do desempenho, obedecendo a um plano previamente elaborado, baseado em intervalos definidos de tempo (KARDEC; NASCIF, 2009).

As pautas preventivas são definidas através de uma pré-análise dos técnicos da manutenção, e esta regularidade proporciona uma redução drástica no fator improvisação (VIANA, 2002).

A manutenção preventiva, feita periodicamente, deve ser a atividade principal da manutenção em qualquer empresa (XENOS, 2004).

Em contrapartida, deve-se ter cuidado com a forma que é utilizada a manutenção preventiva, pois pode ser muito cara e exija paradas de máquinas grandes para cumprir suas rotinas que, usualmente, podem ser complexas e onerosas e, muitas das vezes, desnecessárias (BRANCO, 2008).

A manutenção preventiva será tanto mais conveniente quanto maior for a simplicidade na reposição, quanto mais alto forem os custos das falhas e quanto mais as falhas possam prejudicar o sistema produtivo, carregando consigo um risco à segurança e ao meio ambiente (KARDEC; NASCIF, 2009).

Muitas empresas acreditam ter um sistema eficiente de manutenção preventiva. Mas foi visto no chão de fábrica é que o tempo gasto em atividades decorrentes de manutenção corretiva, oriundas daquelas falhas que surgiram no dia-a-dia é maior (XENOS, 2004).

Sobre a manutenção preventiva, pode-se enfatizar que:

A adoção de um modelo de sistema de manutenção que utilize a manutenção preditiva aponta para uma gestão mais eficaz das máquinas, equipamentos do setor produtivo e das instalações em gerais. Para que isto possa ser feito, é necessário que além de identificar todas as restrições dos sistemas produtivos e disponibilizar os recursos materiais necessários para a transformação, os gestores e os mantenedores sejam tratados como atores importantes desse processo. Pois assim, a empresa pode buscar um melhor resultado econômico-financeiro, proporcionando pacotes de valor aos stakeholders (OTANI; MACHADO, 2008).

### 2.3.1.3 *Manutenção Preditiva*

A manutenção preditiva é todo o trabalho de acompanhamento e monitoração das condições da máquina, de seus parâmetros operacionais e sua eventual degradação (BRANCO, 2008).

A manutenção preventiva foi a primeira grande quebra de paradigma da manutenção e tanto mais se intensifica quanto mais o conhecimento tecnológico cresce e se desenvolvem novos equipamentos e novas formas de controle e monitoração (KARDEC; NASCIF, 2009).

O objetivo maior deste tipo de manutenção é prevenir falhas nos equipamentos ou sistemas, através de um acompanhamento de diversos parâmetros, fazendo com quem o equipamento ou máquina funcione pelo maior tempo possível antes de sua parada. Assim, a manutenção preventiva privilegia a disponibilidade à medida que não promove a intervenção nos equipamentos ou sistemas, pois as medições e verificações são efetuadas com o equipamento em produção (KARDEC; NASCIF, 2009).

A manutenção preditiva pode dar origem a uma manutenção corretiva planejada ou a uma manutenção preventiva, dependendo do momento que se toma a decisão de realizar a intervenção no maquinário (BRANCO, 2008).

Por conta disso, a manutenção preditiva permite otimizar a troca das peças ou reforma dos componentes e estender o intervalo entre manutenções, prevendo a proximidade do limite de vida dos componentes (XENOS, 2004).

A tecnologia disponível permitiu a criação de dezenas de técnicas preditivas, algumas delas bastante caras e sofisticadas (XENOS, 2004).

Já no Brasil, Viana (2002) aponta que existem 4 principais técnicas: Ensaio por Ultra-som; Análise de vibrações mecânicas; Análise de óleos lubrificantes e Termografia.

#### *2.3.1.4 Engenharia da Manutenção*

Após a manutenção preditiva, a engenharia de manutenção foi a segunda grande quebra de paradigma. Ela é o suporte técnico para a consolidação da rotina e a implantação de melhorias. Praticá-la pode significar uma mudança cultural (KARDEC; NASCIF, 2009).

A Engenharia de Manutenção, segundo Kardec e Nascif (2009), significa “perseguir benchmarks, aplicar técnicas modernas, estar nivelado com a manutenção do Primeiro Mundo”.

Diante disso, a engenharia de manutenção objetiva, aumentar a confiabilidade, disponibilidade, segurança e manutenibilidade; eliminar problemas crônicos e solucionar problemas tecnológicos; melhorar gestão de pessoal, materiais e sobressalentes; participar de novos projetos e dar suporte à execução; fazer análise de falhas e estudos; elaborar planos de manutenção, fazer análise crítica e acompanhar indicadores, zelando sempre pela documentação técnica (KARDEC; NASCIF, 2009).

Em síntese, a atuação da engenharia de manutenção é vocacionada na aplicação dos conceitos de otimização dos equipamentos, dos processos e dos orçamentos, de modo a alcançar uma melhor manutenibilidade, fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos (SILVA; MELO, 2017).

### **2.3.2 Organizações de Manutenção**

A estrutura organizacional da manutenção pode ser classificada das seguintes formas: manutenção centralizada, manutenção descentralizada e manutenção mista. Elas são adotadas de acordo com a necessidade de cada indústria.

#### **2.3.2.1 Manutenção Centralizada**

Manutenção centralizada é aquela onde todas as atitudes de gerenciamento emanam de uma única pessoa de nível hierárquico logo abaixo da direção da fábrica, quer seja de planejamento; de programação; de controle de metas e diretivas da supervisão, além disso, a estrutura física costuma se concentrar em um único local (BRANCO, 2008).

A centralização da manutenção tem, entre outras vantagens, a otimização do emprego dos meios, um melhor domínio e conhecimento dos custos, uma melhor padronização dos processos, um acompanhamento homogêneo da utilização de matérias, uma melhor gerência dos recursos humanos e a integração da equipe. Além disso, permite maior facilidade de resposta aos picos de solicitação de serviços (MONCHY, 1989).

A centralização da manutenção também possui suas desvantagens, entre elas, temos o tempo alto de deslocamento das equipes para os locais de atendimento, diante disso, o tempo de execução da atividade pode ser alto. Há, também, a dificuldade de supervisão de uma quantidade alta de funcionários e dificulta a especialização dos funcionários em todas as máquinas da planta (BRANCO, 2008).

#### **2.3.2.2 Manutenção descentralizada**

A manutenção descentralizada é aquela que possui diferentes células, sejam geográficas, seja por tipo de manutenção: Elétrica, Mecânica, Predial e etc. Ela possui, como meta, o atendimento melhor e mais rápido de fábricas que possuem o tamanho geográfico muito grande, ou que possuem processos e máquinas completamente diferentes, necessidade de uma

especialidade maior em cada processo (BRANCO, 2008).

Como vantagem da manutenção descentralizada tem-se um menor tempo de deslocamento até as unidades de serviço, além de um menor tempo para o atendimento das ordens de serviço. Há, também, uma programação mais simples e uma supervisão mais fácil das equipes, além de uma facilidade nos reparos por consequência da familiaridade dos mantenedores com os equipamentos e sistemas (BRANCO, 2008; MONCHY, 1989).

Como desvantagens tem-se, principalmente, a maior possibilidade de ociosidade das equipes, visto que algum processo pode ter uma incidência muito maior de solicitações de serviços, diante disso, há uma menor flexibilização das equipes, a possibilidade de aumentar a estrutura contratada e a necessidade de comprar equipamentos repetidos.(BRANCO, 2008)

### 2.3.2.3 *Manutenção Mista*

A manutenção mista combina a centralizada e a descentralizada e tem sido muito aplicada em plantas grandes ou muito grandes, pois proporciona as vantagens das duas em conjunto (KARDEC; NASCIF, 2009).

Além de várias oficinas, tem, também, uma instalação centralizada para onde devem convergir os reparos dos equipamentos e componentes usados pelas diversas turmas, ou para receber equipamentos mais complexos (BRANCO, 2008).

As vantagens e desvantagens são a junção da manutenção centralizada e da manutenção descentralizada, dependendo da maneira que a indústria utilizará.

## 2.4 **Planejamento e Controle de Manutenção (PCM)**

Planejamento e controle de Manutenção, ou PCM, pode ser definido como:

O planejamento e controle de manutenção são o conjunto de ações para preparar, programar, verificar o resultado da execução das tarefas de manutenção contra valores preestabelecidos e adotar medidas de correção de desvios para consecução dos objetivos e da missão da empresa (BRANCO, 2008).

No planejamento e controle de manutenção existe a figura do programador, responsável pela implementação das ações de programar, preparar e verificar o resultado da execução das tarefas da manutenção (BRANCO, 2008).

Além disso, ele é parte vital na garantia do objetivo do PCM, garantir uma maior disponibilidade e confiabilidade dos equipamentos (DUTRA, 2017).

A existência de uma área de PCM trás uma série de vantagens, entre as principais estão a redução de perda de tempo de mão de obra direta, aumento de sua eficiência, padronização dos procedimentos de execução de tarefas, análise de desvios de metas e medidas de correção (BRANCO, 2008).

Para que as atividades do planejamento e controle de manutenção sejam feitas de maneira eficiente, é necessário que haja um sistema de controle da manutenção. Segundo Kardec e Nascif (2009), há dois tipos de sistema de controle: os manuais e os informatizados. Segundo o mesmo autor, no Brasil, até 1970, só existiam sistemas de controle manuais, mas, a partir desse ano, com a chegada de computadores de grande porte, começou a desenvolver os sistemas informatizados.

Para Kardec e Nascif (2009), os sistemas de controle devem indicar, claramente, os seguintes pontos:

- a) Que serviços serão feitos;
- b) Quando serão feitos os serviços;
- c) Que recursos serão necessários para a execução dos serviços;
- d) Quanto tempo será gasto;
- e) Quais serão os custos de cada serviço;
- f) Quais materiais serão aplicados;
- g) Que máquinas, ferramentas e dispositivos serão necessários.

Segundo o mesmo autor, o sistema deve possibilitar o nivelamento de recursos, a programação de máquinas operatrizes ou elevação de carga, registro para consolidação do histórico e alimentação de sistemas especialistas e a priorização adequada dos trabalhos.

Existem alguns processos e critérios que esses sistemas devem seguir, Segue a listagem de etapas de acordo com (KARDEC; NASCIF, 2009):

- a) **Processamento Das Solicitações de Serviço:** É a entrada (*input*) do sistema em relação aos serviços do dia a dia. Os serviços, independente de sua origem, devem ser pedidos através da solicitação de serviço e devem ser processados para verificação de procedência, indicação de criticidade e descrição do serviço. Toda solicitação deve receber uma codificação para controle, além de indicar o centro de custo;
- b) **Planejamento dos Serviços:** É o planejamento de como será executado o serviço, indicando as principais etapas do processo, recursos necessários, tempo estimado

para cada etapa, nível de dependência entre elas, ferramentas, máquinas necessárias, orçamentos e quaisquer informações que possa facilitar a execução dos serviços;

- c) Programação do Serviço: A programação dos serviços é a etapa que define quais são os serviços que serão executados e quando, em função de prioridade já definida, data de recebimento da solicitação, recursos disponíveis e liberação do produto;
- d) Gerenciamento da Execução dos Serviços: Essa atividade, do ponto de vista do planejamento, está relacionada com o acompanhamento de causas e bloqueios dos serviços, controle do *back-log* ou carteira de serviços, acompanhamento da execução em relação ao programado e acompanhamentos dos desvios em relação ao tempo de execução previsto;
- e) Registro dos Serviços e Recursos: Informar ao sistema quais recursos foram utilizados, quantos homens/hora foram gastos em cada serviço ou se o serviço foi concluído ou não, quais materiais foram aplicados e quais os gastos com serviços de terceiros;
- f) Gerenciamento de Equipamentos: Consiste em fornecer informações relevantes para o histórico dos equipamentos. Devem ser fornecidas informações para análise de falha e mantimento de histórico para análises diversas;
- g) Administração da Carteira de Serviços: Administrar a carteira de serviços da manutenção, realizando o controle e a análise. Tais análises visam acompanhamento orçamentário, cumprimento da programação, tempos médios de execução, índices de atendimento, *back-log* geral, composição da carteira de serviços, índices de ocupação e de bloqueio de serviços. Em outras palavras, é o acompanhamento dos indicadores da manutenção;
- h) Gerenciamento dos Padrões de Serviço: É o processo de padronizar as atividades da manutenção, incluindo detalhes e particularidades relativos aos equipamentos que, muitas vezes passam despercebidos nos detalhamentos feitos às pressas ou criados novamente a cada serviço;
- i) Gerenciamento dos Recursos: É o controle dos recursos, principalmente humanos, a gestão dos funcionários e acompanhamento dos cadastros. Deve estar informado também da indisponibilidade da mão de obra por afastamentos médi-

cos, férias, licenças e outros. O mesmo para as máquinas e equipamentos, onde deve existir o controle de toda sua disponibilidade;

- j) Administração de Estoques: Deve possuir as informações de estoque, acompanhamento de compras e recebimento de materiais. Tais informações são fundamentais para a correta gestão da carteira de serviços.

Segundo Branco Filho (2008), a consolidação do ciclo gerencial da manutenção a partir do planejamento e controle de manutenção pela implementação das seguintes atividades:

- a) Definir e manter os indicadores de desempenho com os respectivos requisitos de referência, atualizar a documentação técnica dos equipamentos e máquinas e formar a relação de sobressalentes;
- b) Fazer atualização dos planos de manutenção;
- c) Revisar o cadastro de ordens de serviço sistemáticas relacionadas aos
- d) planos de manutenção dos equipamentos e máquinas e respectivas periodicidades;
- e) Manter o sistema em regime de normalidade operacional com objetivo de preparar e conscientizar os colaboradores envolvidos com as atividades de manutenção, para apontamentos e registros das tarefas executadas, incluindo também, o registro das horas de equipamentos e máquinas paradas e causas das avarias;
- f) Fiscalizar os planos de manutenções sistemáticas e não sistemáticas oriundas de inspeções ou check-list, com todos os informativos necessários para as áreas solicitantes da organização; Verificar a organização do almoxarifado, bem como preparar os materiais sobressalentes e o ferramental necessário à execução dos serviços;
- g) Fazer criteriosa análise dos serviços planejados, das programações e back-log;
- h) Fazer a equalização da mão-de-obra e estabelecer novas periodicidades para os serviços, em função das verificações e análises de causas e desvios de planejamento;
- i) Criar histórico técnico estruturado dos equipamentos, máquinas e instalações, com registros de ocorrências planejadas e imprevistas;
- j) Organizar e analisar dentro de uma periodicidade adequada os relatórios gerenciais de manutenção;
- k) Proporcionar a orientação dos gerentes e chefes para obtenção de melhores resultados correlacionados à disponibilidade, confiabilidade e produtividade dos

equipamentos, máquinas e das equipes de manutenção;

- l) Fazer acompanhamento e prestar suporte a instalação de novas versões de softwares de gerenciamento e manter as rotinas de integração com os outros sistemas;
- m) Realizar reuniões de conscientização com a participação dos colaboradores para a organização da manutenção e o total comprometimento com os resultados, para os níveis: estratégicos, gerencial, tático e operacional.

Diante disso, percebe-se que o planejamento da manutenção otimiza os custos, traz qualidade e melhora nos serviços executados. É de suma importância a utilização de indicadores e seu controle, que irão permitir, a partir de análises, eventuais problemas.

## 2.5 Ciclo PDCA

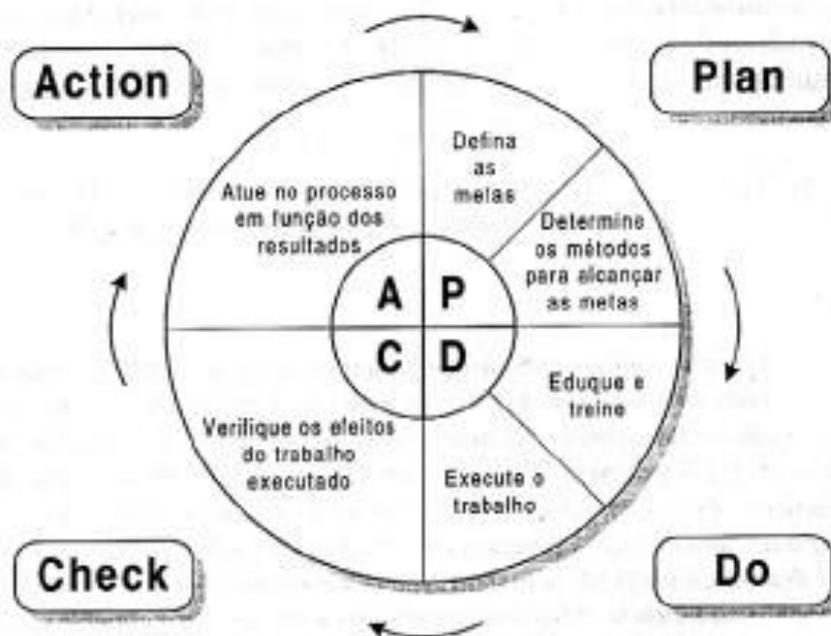
O ciclo PDCA se baseia em fazer certo da primeira vez. Nem sempre isto é possível ou atingido. Acontece que o conceito de certo ou errado é novamente a consequência da avaliação de um resultado em relação a um padrão. Assim, podem-se admitir que fazer certo é obter um resultado sem desvios em relação à expectativa e isso pode ser considerado uma meta (TAVARES, 2000).

Além disso, um problema é um efeito indesejado de um processo, um resultado insatisfatório que não atende a uma expectativa. A meta sendo o resultado desejável de um processo, significa que o problema é, normalmente, uma meta não alcançada (MARTINELLI, 2009).

Diante disso, o ciclo PDCA é o método universal para atingir metas, sendo composto de quatro etapas distintas: Planejamento (*PLAN*), Execução (*DO*), Verificação (*CHECK*) e Atuação (*ACT*). As metas serão atingidas através do giro sistemático do PDCA (XENOS, 2004).

A Figura 6 demonstra o ciclo PDCA e como gira o seu ciclo.

Figura 6 – Ciclo PDCA



Fonte: (XENOS, 2004)

Para estruturar um sistema de manutenção que tenha um objetivo de manter os equipamentos e instalações sempre em condições de operação a um custo globalizado otimizado, é necessário compreender as etapas do PDCA. Na fase planejamento, definem-se claramente os objetivos da manutenção, as informações e metas relativas aos equipamentos e funcionários. Na fase execução, é preciso por em prática as ações do plano de manutenção e informações da fase anterior. A etapa de verificação consiste na avaliação da eficácia do gerenciamento da manutenção através de itens de controles, relatórios e indicadores. Finalmente, na fase de atuação tomam-se as medidas de acordo com os resultados obtidos (XENOS, 2004).

## 2.6 Os indicadores da Manutenção

O termo utilizado para os indicadores de performance da manutenção em uma fábrica é o KPI (em inglês, *Key Performance Indicators* ou KPI, Indicadores de Performance na tradução) (DUTRA, 2017).

Os KPIs podem mensurar diferentes performances abrangendo desde o tempo de parada das máquinas até o processo produtivo. Atualmente os softwares instalados em muitas fábricas podem oferecer algumas dezenas de KPIs, mas é preciso ter atenção a aquelas que

realmente agregam valor. (DUTRA, 2017)

Os índices de manutenção devem retratar aspectos importantes no processo da planta. Para algumas empresas, um determinado indicador se aplica satisfatoriamente, mas isso não é regra e sim uma questão de análise. É papel do planejador e controlador de manutenção avaliar a melhor forma de monitorar o seu processo (VIANA, 2002).

Segundo Viana (2002), existem vários indicadores, porém existem seis deles que são chamados de "Índices de Classe Mundial"; tal denominação ocorre pelo fato da maioria dos países ocidentais os utilizarem. Além deles, existem mais 8 indicadores que são de grande importância e podem ser incorporados pelo planejamento e controle de manutenção:

### **2.6.1 Tempo Médio Entre Falhas (MTBF)**

O tempo médio entre falhas é definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para a operação (HD) pelo número de intervenções corretivas neste equipamento no período (NC). Quanto maior o MTBF ao passar do tempo, melhor, pois o número de manutenção corretivas pode estar diminuindo e a disponibilidade aumentando.

$$MTBF = \frac{HD}{NC} \quad (1)$$

### **2.6.2 Tempo Médio de Reparo (MTTR)**

O tempo médio de reparo é dado sendo a divisão entre a soma de horas de indisponibilidade para a operação devido à manutenção (HIM) pelo número de intervenções corretivas no período (NC). Quanto menor o valor de MTTR, melhor, pois o número de horas que impactam na produção está diminuindo.

$$MTTR = \frac{HIM}{NC} \quad (2)$$

### **2.6.3 Tempo Médio para Falha (TMPF)**

Existem determinados componentes que não sofrem reparos, ou seja, após falharem são descartados e substituídos por novos, tendo, então, o MTTR igual a zero. O tempo médio para falha tem com o enfoque este tipo de componente. Ele consiste na relação entre o total de horas disponíveis do equipamento para operação (HD) e o número de falhas detectadas em componentes não reparáveis. Deixando claro que o TMPF é diferente, pois considera o número

de falhas em equipamentos reparáveis.

$$MTTR = \frac{HD}{N^{\circ}deFalhas} \quad (3)$$

#### 2.6.4 Disponibilidade Física (DF)

De maneira geral, a disponibilidade física representa o percentual de dedicação para a operação de um equipamento ou de uma planta, em relação as horas totais do período, ou seja, a relação entre as horas trabalhadas (HT) e as horas totais (HG).

$$DF = \frac{HT}{HG} \times 100\% \quad (4)$$

Pode ser calculado, também, como a relação entre o total de horas acumuladas de operação (HO) e o total de horas transcorridas, ou seja, a soma de horas acumuladas em operação (HO) somado às horas acumuladas em paradas e manutenções (HM).

$$DF = \frac{HO}{HO + HM} \times 100\% \quad (5)$$

Este é um dos principais produtos da manutenção, então é um dos principais indicadores a se acompanhar.

#### 2.6.5 Custos da Manutenção

(VIANA, 2002)Um indicador de grande importância, os custos da manutenção, inicialmente, era considerado apenas a soma dos custos da mão de obra, materiais e terceirização dos serviços, com a chegada do conceito de classe mundial, pode-se abrir o custo da manutenção como a soma dos seguintes custos:

- a) Custos Pessoais: Despesas com salários, encargos sociais e benefícios, além de treinamentos;
- b) Materiais: Custo de reposição de itens, energia elétrica, consumo de água, capital imobilizado e custos com a área de aprovisionamentos;
- c) Contratação de serviços externos: Terceirização dos serviços da manutenção;
- d) Depreciação: Custos diretos de reposição e investimento de ativos e ferramentas, custos indiretos de capital imobilizado e custos administrativos para o setor contábil da empresa;

- e) Perdas no Faturamento: Perdas de faturamento consequente de uma parada, perda da produção e desperdício de matéria prima.

### **2.6.6 Custo da Manutenção por Reposição (CPMF)**

Este índice é composto pela relação entre o custo total de manutenção de um determinado equipamento com o seu valor de compra. Só se calcula esse índice para equipamentos de alta criticidade, seja pelo impacto na produção, seja pelo seu alto custo de manutenção ou compra.

$$CPMV = \frac{\text{Custo Total da Manuteno}}{\text{Valor da Compra do Equipamento}} \times 100\% \quad (6)$$

Um valor aceitável para esse indicador, segundo Viana (2002) é de até 6%, a não ser que o retorno financeiro da máquina justifique o alto custo da manutenção.

### **2.6.7 Backlog**

Este índice consiste na relação entre a demanda de serviços e a capacidade de atendê-los, ou seja, é a soma de todas as horas previstas de homem-hora (HH) em carteira dividido pela capacidade instalada da equipe de executantes, também em Homem-hora (HH). Pode-se utilizar critério diário, semanal ou mensal, de acordo com os critérios da empresa.

$$\text{Backlog} = \frac{\sum HH \text{ na Carteira}}{\sum HH \text{ da Equipe Instalada}} \quad (7)$$

### **2.6.8 Índice de Retrabalho**

O índice de retrabalho representa o percentual de horas trabalhadas em ordens de manutenção encerradas, reabertas por qualquer motivo, em relação ao total geral trabalhado no período, tudo em homem-hora (HH).

$$\text{Índice de Retrabalho} = \frac{\sum HH \text{ em OM Reabertas}}{\sum HH \text{ total no Perodo}} \quad (8)$$

### **2.6.9 Índice de Corretiva**

É a relação entre a soma de horas trabalhadas em manutenção corretiva (HMC) e a soma total gasta da manutenção corretiva mais manutenção preventiva (HMP). Um valor

aceitável para esse indicador é menor que 25%, um valor acima de 50% indica estado de caos na manutenção, onde provavelmente o índice de reclamações é muito alto, a disponibilidade está baixa e o backlog está altíssimo.

$$\text{Índice de Corretiva} = \frac{\sum HMC}{\sum HMC + \sum HMP} \times 100\% \quad (9)$$

#### 2.6.10 Índice de Preventiva

É a relação entre a soma de horas trabalhadas em manutenção preventiva (HMP) e a soma total gasta da manutenção corretiva (HMC) mais manutenção preventiva (HMP). Este indicador é o contrário do índice de corretiva, seu valor bom é maior que 75%, um valor baixo indica o mesmo que o Índice de Corretiva estando alto.

$$\text{Índice de Preventiva} = \frac{\sum HMP}{\sum HMC + \sum HMP} \times 100\% \quad (10)$$

#### 2.6.11 Alocação de HH em Ordem de Manutenção

É o percentual de horas da manutenção oficializada na burocracia do PCM, ou seja, o percentual de horas que foram lançadas nas ordens de manutenção dividido pelo total de horas disponíveis da equipe naquele período, tudo em homem-hora.

$$\%HH \text{ em OM} = \frac{\sum HH \text{ Indicado em OM}}{\sum HH \text{ Instalado no Ms}} \times 100\% \quad (11)$$

#### 2.6.12 Treinamento na Manutenção

O índice de treinamento na manutenção corresponde ao percentual de homem-hora (HH) dedicado ao aperfeiçoamento e treinamento, em relação ao total de horas instaladas em um determinado período.

$$\text{Treinamento na Manutencao} = \frac{\sum HH \text{ Dedicado ao Treinamento}}{\sum HH \text{ Instalado no Perodo}} \times 100\% \quad (12)$$

#### 2.6.13 Treinamento na Manutenção

O índice de treinamento na manutenção corresponde ao percentual de homem-hora (HH) dedicado ao aperfeiçoamento e treinamento, em relação ao total de horas instaladas em um

determinado período.

$$\text{Treinamento na Manutencao} = \frac{\sum HH \text{ Dedicado ao Treinamento}}{\sum HH \text{ Instalado no Perodo}} \times 100\% \quad (13)$$

#### 2.6.14 Taxa de Frequência de Acidentes

Representa o número de acidentes por milhão de Homem-hora (HH) trabalhadas. Este indicado é de suma importância para a manutenção, pois mede a eficiência das ações para a preservação da segurança e auxilia na criação de planos de saúde e segurança.

$$\text{Taxa de Frequncia} = \frac{\text{Nmero de Acidentes}}{\text{Homens-Hora trabalhados}} \times 10^6 \quad (14)$$

#### 2.6.15 Taxa de Gravidade de Acidentes

Consiste no total de homens hora perdido decorrente de acidente de trabalho, por milhão de homem-hora trabalhado.

$$\text{Taxa de Gravidade} = \frac{\text{Total de HH perdido}}{\text{Homens-Hora trabalhados}} \times 10^6 \quad (15)$$

### 2.7 Sistema Automatizado para o Planejamento e Controle da Manutenção

Para o complexo processo de gerenciamento da manutenção, é necessário ter poderosas ferramentas para dar suporte nas atividades diárias de uma maneira efetiva, para gerar informações que identifiquem problemas chaves que impactam de maneira indireta nos custos, para melhorar a performance do negócio e facilitar a comunicação e ordenação das atividades (SWANSON, 1997; LOPES *et al.*, 2016).

Uma ferramenta que realiza essas atividades é chamada de Sistema automatizado de Gerência da Manutenção, do inglês, *Computerized Maintenance Management System* (CMMS) ou *Enterprise Asset Management* (EAM). Há, também, os chamados ERP, do inglês *Enterprise Resource Planning*, que são ferramentas criadas seguindo a tendência atual de unificar e integrar todas as informações da empresa em uma única plataforma (KARDEC; NASCIF, 2009).

Os primeiros sistemas informatizados para o planejamento e controle de manutenção foram desenvolvidos pelas próprias empresas. Na época, somente grandes empresas poderiam podiam se dar ao luxo de pensar em um sistema informatizado, porque somente elas possuíam

grandes computadores e pessoal especializado em processamento de dados (KARDEC; NASCIF, 2009).

Muitos CMMS são oferecidos no mercado, porém, nem sempre eles encaixam ou atendem perfeitamente a necessidade das empresas, então muitas delas preferem desenvolver seu próprio sistema (WIENKER *et al.*, 2016).

Em contrapartida, segundo Kardec e Nascif (2009), o desenvolvimento de softwares dentro da empresa é dificilmente viável, visto o alto custo e tempo necessário de desenvolvimento.

De qualquer forma, não existe respostas única para todos os casos, a empresa deve levantar os prós e contras e escolher aquelas que mais se adequa a sua realidade (BRANCO, 2008).

É de grande importância entender que o simples fato de implementar um CMMS não conduzirá necessariamente a melhores resultados e à resolução de problemas existentes na empresa. A principal função de um software de Gestão da Manutenção é auxiliar o gestor nas suas tarefas diárias, sendo necessário, para isso, uma mudança ao nível da cultura organizacional e da mentalidade no que aos procedimentos da manutenção diz respeito. Sem isto garantido, pouco ou nada se alterará com a implementação de um CMMS (CARDOSO; MARQUES, 2017).

A percentagem de implementações de CMMS que deram certo é apenas entre 25 e 40 % e o número de usuárias que utilizam o sistema em sua completa capacidade é entre 6 e 15 % (CARDOSO; MARQUES, 2017).

Isso ocorre, normalmente, porque a análise e o projeto do sistema de informação não estão feitos, as funções administrativas, as tarefas e as responsabilidades do manejo da informação não estão definidas e a principal consequência é um aproveitamento ruim do investimento (FUENTES, 2006).

Para garantir o sucesso no processo de implementação de um CMMS/EAM, segundo Lopes *et al.* (2016), é fundamental que:

- a) A organização já tenha passado de manutenção reativa para manutenção proativa com os devidos procedimentos e políticas implementadas;
- b) Os funcionários da organização saibam que o CMMS/EAM seja apenas uma ferramenta e não a estratégia de manutenção, mas saiba como utilizá-la para apoiar a estratégia;
- c) A infraestrutura de informática esteja pronta para prover um acesso rápido e confiável;

- d) Os diretores entendam a agregação de valor que um CMMS/EAM vai trazer e queiram dar suporte para o projeto em todo o período de implementação;
- e) Uma mudança bem planejada no processo de gerenciamento esteja sendo feita;
- f) Tenha pessoas capacitadas para apoiar o projeto em todo o período de implantação.

Caso estes 6 pontos estejam claros e presentes no processo, as chances para atingir o sucesso no processo de implementação será bem maior (LOPES *et al.*, 2016).

Mas, antes do processo de implementação, deve-se realizar a escolha de qual sistema será utilizado dentro da empresa, para isso, existem uma série de critérios ou etapas que podem ser usados como guia.

O primeiro passo é, normalmente, entrar em contato com empresas que vendem software para administração da manutenção, coletar informações como preços e características é essencial (FUENTES, 2006).

Diante desse contexto, Kardec e Nascif (2001) listam 10 critérios criados pelo Engenheiro da Petrobrás Gilberto Antonio Adamatti a serem analisados para comparar e analisar CMMS/EAM, tais critérios foram adotados para a realização deste trabalho, são eles :

- a) Equipamentos necessários para o software (microcomputador, Vax, HP, Edisa, AS-400.etc.): Os requisitos mínimos para o funcionamento do software, é um fator muito importante para a fase de implementação, visto que será um custo adicional a necessidade de adquirir ou alterar as configurações dos computadores ou da rede;
- b) O sistema funciona em rede ou é monousuário?: Fator importante para levar em consideração no momento da análise, pois, hoje, dificilmente uma ferramenta seria útil em grandes empresas sendo monousuário, visto a tendência mundial de integração de informações;
- c) O sistema, se em rede, dispõe de módulo de solicitação de serviços?: O módulo de solicitações de serviço é a principal fonte de comunicação entre os clientes internos e a manutenção, podendo, a partir disso, solicitar serviços e informar eventuais problemas. Ter um módulo de solicitação de serviço facilita tal comunicação;
- d) Facilidades para planejar o serviço: Este critério avalia as características e possibilidade de deixar o processo de planejamento mais dinâmico e eficiente. Neste

item, é avaliada a capacidade do software de subdividir as etapas do serviços e criar dependência entre eles, a capacidade do software de agregar os serviços à padrões e procedimentos, o detalhamento de necessidade de mão-de-obra, materiais e ferramentas, a capacidade de especificar datas, orçamentos, atribuição de responsabilidade, capacidade de subdividir os serviços em projetos como uma estrutura análise de projetos e quaisquer outras funcionalidades que possam vir a facilitar mais ainda o planejamento de serviços;

- e) Parâmetros de Controle: Este critério avalia a capacidade de controle de alguns quesitos no software, abordando, principalmente, as tabelas existentes que interligam informações como disponibilidade, listagem de equipamentos, peças, mão-de-obra e suas funções, e as metodologia utilizadas para realizar o controle da disponibilidade de materiais, ferramentas e máquinas;
- f) Programação dos Serviços: Este critério avalia a capacidade do software dentro da programação dos serviços a serem executados, avaliando quais são os critérios de definição dos serviços a serem executados no dia se há programação manual em mecanizada, como é feita a distribuição de serviços ao longo do dia, quais os critérios de alocação de recursos humanos e materiais. Além disso, avalia a interface, relatórios e telas para verificar quais são as manutenções programadas;
- g) Controle da Execução dos Serviços: Nesse critério, verifica-se a existência e capacidade de gerenciar os bloqueios ou pendências nos serviços assim como a facilidade do lançamento de horas trabalhadas e componentes utilizados, com foco em como essa informação vai ser trabalhada para informações de histórico das máquinas e custos da manutenção. Avalia, também, alguns indicadores, capacidade de replanejamento dos serviços e os relatórios presentes no software;
- h) Gerência de equipamentos: Esse critério avalia, entre alguns pontos, a existência de tabelas para definir classes de equipamento, indicar intercambialidade entre peças, a codificação para sintomas, causas de falhas, defeitos e soluções adotadas. Além disso, avalia a metodologia para definição de características técnicas dos equipamentos, metodologia de registro do histórico de equipamentos, metodologia para registro técnicos das informações relacionadas à manutenção e a possibilidade de acompanhar históricos de manutenção a partir de TAGs (Código que identifica o equipamento);

- i) Administração de Estoques: esse critério avalia as funcionalidades do software quanto a parte de estoque, ressuprimento e compras. Diante disso, ele avalia, principalmente, facilidades de agrupamento de materiais por área de utilização, tipo de equipamento, forma de aquisição, faixa de custo, etc., formas de controle de ressuprimento e de estoque, facilidade e possibilidade de requisições de materiais pelos usuários e a facilidade da consulta aos saldos de estoque dos materiais;
- j) Outras Interfaces: Este item avalia quais interfaces o sistema em módulos externos ou com outros softwares. Também avalia se existem funcionalidades extras.

Com essas informações, torna-se possível aplicar os conhecimentos e principais conceitos da gerência da manutenção, Ciclo PDCA e indicadores da manutenção para realizar a avaliação de um CMMS pautado em critérios técnicos.

### 3 ESTUDO DE CASO

Neste capítulo, será apresentado o software SIGMA que será objeto de análise. Será, também, apresentados os critérios que foram utilizados para realizar esta pesquisa.

#### 3.1 Etapas da Pesquisa

Para realizar o estudo de caso, utilizou-se da metodologia de análise criada pelo Engenheiro Gilberto Antonio Adamatti, disponibilizado na literatura por Kardeck e Nascif (2001). Segue a listagem dos critérios e os questionamentos completos de cada um:

- a) Equipamentos necessários para o software (microcomputador, Vax, HP, Edisa, AS-400.etc.);
- b)O sistema funciona em rede ou é monousuário?;
- c)O sistema, se em rede, dispõe de módulo de solicitação de serviços?;
- d)Facilidades para planejar o serviço;
  - O serviço pode ser subdividido em etapas? Existe conceito de dependência entre etapas?
  - Associação de serviço ou etapa de serviço com procedimentos ou padrões.
  - Detalhamento de necessidade de mão-de-obra, materiais e ferramentas.
  - Possibilidade de especificar data desejada para início e/ou término de serviço/etapa.
  - Facilidades para orçamentação de serviço.
  - Esquema de atribuição de responsabilidades.
  - Recursos adicionais que enriqueçam o planejamento de serviços.
  - Capacidade de planejar subprojetos work breakdown structure.
- e)Parâmetros de Controle;
  - Recursos de mão-de-obra-controle de pessoal, disponibilidade, função.
  - Metodologia de controle da disponibilidade de materiais, ferramentas e máquinas.
  - Tabelas (funções, setores, honorários de trabalho, prioridades, etc.) e Distribuição de serviços/recursos por área geográfica/especialidade.
- f)Programação dos Serviços;
  - Critérios de definição dos serviços a serem executados no dia (programa-

ção manual/mecanizada, distribuição de serviços ao longo do dia, critérios de alocação de recursos humanos/materiais).

- Relatórios/telas dos serviços programados para um dado dia.

g) Controle da Execução dos Serviços;

- Tipos de impedimentos, ou bloqueios, de serviços ou etapas.
- Metodologia de gerenciamento de impedimentos.
- Facilidades de apropriação dos serviços, registro de ocorrências e de informações para histórico de manutenção e custos.
- Indicadores/índices relativos ao andamento/conclusão dos serviços e custos.
- Sistemática para replanejamento de serviços.
- Indicadores relativos a histórico de manutenção.
- Indicadores relativos à confiabilidade de equipamentos.
- Facilidades de consulta e Relatórios Disponíveis

h) Gerência de equipamentos;

- Tabelas existentes para:
  - Definir classes de equipamentos;
  - Indicar intercambiabilidade de peça;
  - Codificar sintomas, causas de falhas, defeitos, soluções adotadas.
- Metodologia para definição de características técnicas de equipamentos.
- Metodologia de registro de histórico de manutenção.
- Metodologia para registro de dados técnicos relativos à manutenção.
- Possibilidade de acompanhamento de históricos de equipamentos por indivíduo e por tag, número que indica o equipamento.

i) Administração de Estoques;

- Facilidades de agrupamento de materiais por área de utilização, tipo de equipamento, forma de aquisição, faixa de custo, etc.
- Formas de controle de ressuprimento e de estoque.
- Facilidades de requisição de materiais por parte do usuário.
- Facilidades de consulta a saldos (de estoque).

j) Outras Interfaces.

### 3.2 O Software SIGMA

O software SIGMA foi o CMMS escolhido para ser analisado, seja por conceder aos estudantes licenças de utilização e pesquisa, seja porque, hoje, é um dos CMMS mais utilizados no Brasil.

O SIGMA conta com diversas aplicações, possibilitando à empresa estruturar o setor de manutenção. Por meio da utilização do SIGMA, o usuário tem acesso, por exemplo, a emissão de solicitações de serviços, ordens de serviço, apontamento de horas trabalhadas, conclusão de ordens de serviços e tempo de máquina parada, além de realizar o planejamento e programação de manutenções preventivas, preditivas, lubrificações, checklists e calibrações. Pode, também, gerar relatórios e gráficos gerenciais, com os principais indicadores de classe mundial da manutenção. Além disso, possibilita a gestão de estoque e suprimentos.

O software SIGMA conta, também, com um suporte 24 horas de seus técnicos para auxiliar em eventuais necessidades.

O software SIGMA funciona a partir de um banco de dados. A medida que as informações são cadastradas e lançadas, armazena-se tais informações em um banco de dados no servidor utilizando-se, de forma padrão, o *Firebird*, um banco de dados de código aberto.

O software SIGMA se subdivide baseando-se nas etapas do ciclo PDCA, Planejamento (*PLAN*), Execução (*DO*), Verificação (*Check*) e Ação (*Action*). Cada etapa do ciclo possui pilares que sustentam as etapas, cada pilar é um *hyperlink* que leva para uma aplicação diferente, seja abrindo telas no próprio sistema ou abrindo aplicações de suporte ao software, como a aplicação para realizar a gestão da manutenção preventiva.

Na etapa PLAN, como mostra a Figura 7, é onde realiza-se os primeiros cadastros e controles. Cadastra-se departamento, máquinas, peças, funcionários e as outras informações padrão.

Figura 7 – seção de Planejamento (PLAN)



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

É na etapa de *PLAN* que se realiza quase todos os cadastros básicos para o funcionamento do sistema. O SIGMA apresenta a possibilidade de cadastrar as informações a medida que os processos sejam feitos, caso haja a necessidade e não existe aquele cadastro feito.

No pilar MÃO DE OBRA é onde se realiza todos os cadastros com relação aos funcionários, como funções, fichas de funcionário, área executante, ferramentas e estruturas funcionais. Em DISPONIBILIDADE se gestiona a disponibilidade de recursos, em MACROESTRUTURA se cadastra a estrutura organizacional da empresa, em ATIVOS se realiza o cadastro de máquinas e equipamentos. Em PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO, é onde é possível ajustar os parâmetros do serviço. Em ESTOQUE se realiza o cadastro das peças e gestão de estoque. No pilar QUALIDADE configura-se opções quanto a qualidade e em CADASTRO BÁSICO DE OS, configura-se as informações padrões da ordem de serviço.

Na etapa *DO*, como mostrado na Figura 8, é onde realiza-se o processo de execução e acompanhamento da execução do serviço, programação e planejamento.

Figura 8 – seção de Execução (DO)

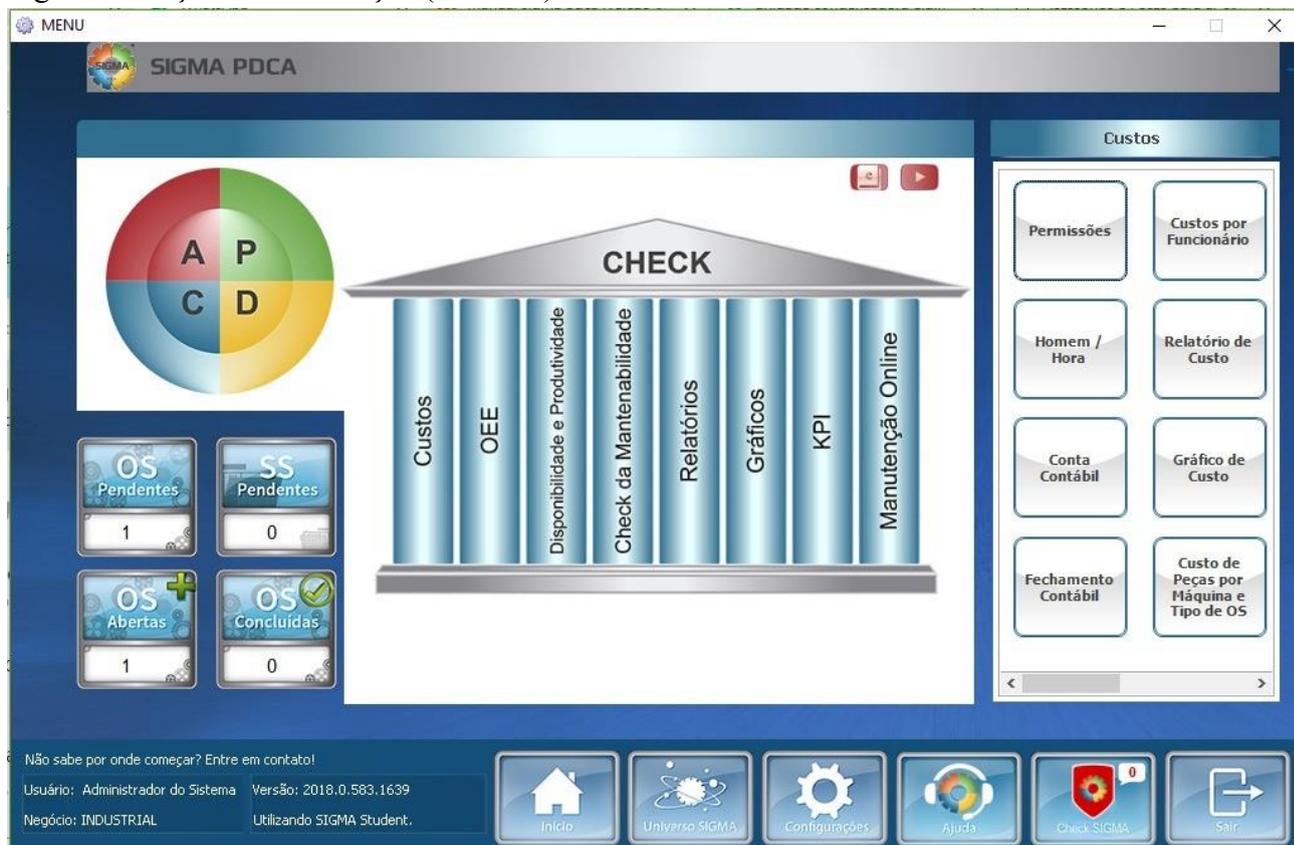


Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Na etapa *DO* é onde é possível fazer a gestão das ordens de serviços, processá-las, planejá-las e programá-las. Nos pilares OS, PREDITIVA, PREVENTIVA, LIBRIFICAÇÃO, PRODUTIVA E ABASTATECIMENTO E CALIBRAÇÃO é onde se realiza o cadastro e se gestiona as diversas atividades da manutenção. Em CHECKLIST E INSPEÇÃO é possível cadastrar e realizar inspeções e fiscalizações e no pilar MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAL é possível realizar a entrada e saída de materiais, assim como gestionar o estoque.

Na etapa *CHECK* é onde se encontram os pilares relativos aos controles de indicadores, geração de relatórios e informações de custos, como mostra na Figura 9.

Figura 9 – seção de Verificação (CHECK)

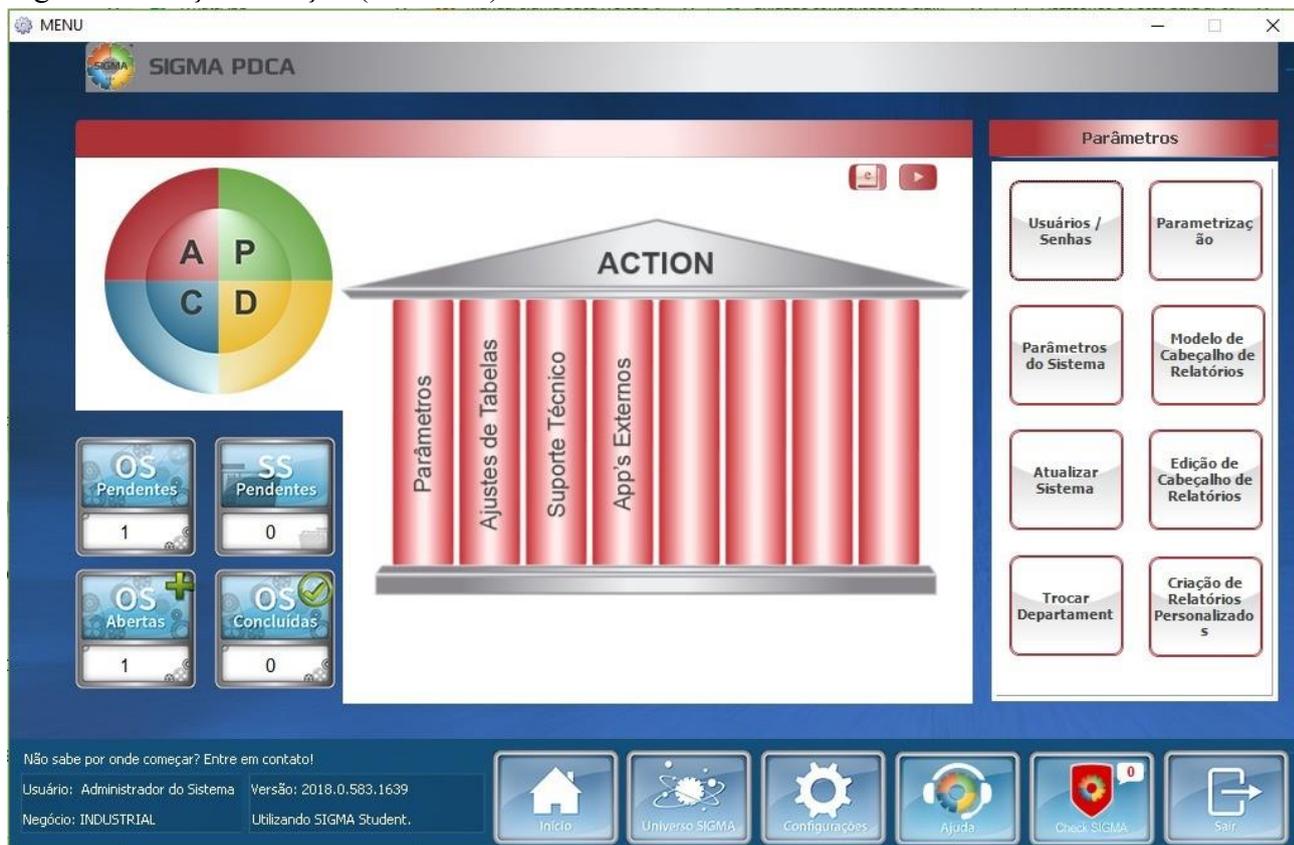


Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Dentro da seção *CHECK*, tem-se o pilar CUSTO, onde é possível realizar todo o controle de custo e gerar informações sobre os dados ingressados quanto aos seus custos. No pilar OEE, é possível controlar o indicador *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) que calcula a eficiência da planta e integração dos sistemas. Nos pilares KPI, CHECK DE MANTENABILIDADE, gestiona-se outros indicadores, já nos pilares RELATÓRIOS e GRÁFICOS, é possível extrair informações no banco de dado, seja no formato de relatório, seja em formato de gráfico. Por último, tem-se o pilar de MANUTENÇÃO ONLINE, onde é possível realizar a configuração do monitoramento por Controle Lógico Programável.

Por sim, na etapa ACTION é onde se realiza a gestão de usuários do sistema, cria-se e gerencia-se as cartas de controle e acompanhamento de ações.

Figura 10 – seção de Ação (ACTION)



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Na seção ACTION tem-se o pilar PARÂMETRO, onde é possível realizar a configuração dos relatórios e realizar outras parametrizações, além de gerenciar os usuários e senhas. No pilar AJUSTES DE TABELA, é possível realizar as configurações de tabelas, já no SUPORTE TÉCNICOS, é possível entrar em contato com o suporte da empresa, seja por e-mail, seja por *chat*. Além disso, no pilar APP'S EXTERNOS realiza-se alguns ajustes e acessos às aplicações extenas e outras interfaces.

### 3.3 Análise dos Resultados

Neste tópicos, será realizada a análise do software SIGMA por meio dos 10 critérios analisados.

#### 3.3.1 Equipamentos Necessários para o Software

O Sigma PDCA é um software criado para toda no sistema operacional Windows, sendo compatível com versões superiores ao Windows 2000. Ele é compatível com SGBD Firebird, Oracle e SQL Server, sendo suas ferramentas de gestão de banco de dados. O Firebird é o padrão, podendo alterar para Oracle e SQL Server com as devidas configurações.

Os requisitos mínimos das máquinas variam de acordo com o foco da utilização, seguindo os critérios abaixo:

Estação servidor:

- a) 2 Gb de memória;
- b) 3.0 Ghz de processamento;
- c) 10 GB de espaço em disco dedicado;
- d) Rede 10/100 Mbps e pasta do sigma compartilhada com as devidas permissões aos usuários, podendo ser
- e) Compartilhamento “oculto”.

Estações cliente 1 – Usuários da aplicação Sigma

- a) 1 Gb de memória;
- b) 2.0 Ghz de processamento;
- c) Não há necessidade de manter espaço em disco se for apenas um atalho a aplicação do servidor. OBS: Se for outra configuração a mesma deve ser reavaliada.
- d) Rede 10/100 Mbps

Estações cliente 2 – Usuários da aplicação SS e LD. (abertura de chamados)

- a) 512 Mb de memória;
- b) Ghz de processamento;
- c) Não há necessidade de manter espaço em disco se for apenas um atalho a aplicação do servidor. OBS: Se for outra configuração a mesma deve ser reavaliada.
- d) Rede 10/100 Mbps

### **3.3.2 O Sistema Funciona em Rede ou É Monousuário?**

O sistema funciona em rede, permitindo atribuir uma máquina como servidor e outras como usuários. A criação de estações de trabalho se baseia em compartilhar o diretório principal do sistema, chamado, normalmente, de SIGMAPDCA, para que eles executem o arquivo em suas máquinas e configurem os diretórios corretos para a execução do sistema.

Além disso, o perfil administrador pode gestionar os usuários e senhas, assim como as permissões dos usuários. Informações extras podem ser adicionadas, como CREA e assinatura digital.

Existem 3 tipos de acessos básicos em rede, sendo ele a estação servidor, onde é a máquina central onde ficará o acesso ao banco de dados. A estação cliente 1, usuários que terão acesso ao sistema em si, para gestão e planejamento da manutenção, e existe a estação cliente 3, onde são os usuários que tem perfil apenas para fazer solicitações de serviço e suporte.

### **3.3.3 Dispoe de Módulo de Solicitação de Serviços?**

No software SIGMA existem perfis de usuários, em rede, que podem abrir Solicitação de Serviço (SS), a SS é o estágio anterior a ordem de serviço, sendo uma descrição resumida do problema, podendo ou não gerar uma ordem de serviço a partir dela.

Os usuários podem realizar a abetura de SS a partir de uma aplicação externa do SIGMA apenas para geração da SS, onde o usuário deve inserir um login e senha para conectar.

Criando-se uma solicitação de serviço, pode-se cadastrar algumas informações pertinentes ao processo, como máquina, TAG, Equipamento, Sintoma, funcionário, setor, tipo de Ordem de Serviço (OS), atribuir um serviço padrão e a área executante.

Caso exista algum aviso vinculado ao sintoma, existe um espaço que indicará a primeira ação a ser executada. Pode inserir, também, a parte de data, hora e o grau de prioridade previamente cadastrado.

A Figura 11 mostra a tela disponível para a criação da SS.

Figura 11 – Criação da Solicitação de Serviço

Dados da SS

Máquina  
LAMIN0 LAMINADORA PADRÃO

Tag  
SELE Sistema Elétrico

Sub-Tag

Equipamento  
MOTOR0 Motor Padrão

Síntoma  
1 Motor não liga

Funcionário  
2 NICOLAS COSTA BARRETO

Setor  
LAMIN LAMINAÇÃO

Tipo de OS  
1 Corretiva

Descrição  
Motor não liga - TROCA DE MOTOR

Serviço padrão  
1

Área Executante  
MELE

Carregar Imagens

Observação

Solicitante  
Tales Costa Barreto

Data  
14/04/2019

Hora  
09:36

Prioridade

Equipamento Disp.  
Data  
14/04/2019

Hora  
09:36

Equipamento Disp.  
 Afeta Produção

Aviso do Sintoma

Retrabalho

Usuário habilitado com Setor:

Fechar  
Abrir SS  
Pesquisar  
Salvar SS  
Cancelar

Rede Industrial

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Após criar a solicitação de serviço, é possível imprimir uma cópia ou enviar por e-mail. A Figura 12 mostra como é a SS impressa.

Figura 12 – Solicitação de Serviço Impressa

Sigma - Sistema Gerencial de Manutenção  
**Solicitação de Serviço**  
TALES

Página 1  
14/04/2019 09:51

| Data       | Hora  | Nro SS | Prioridade |
|------------|-------|--------|------------|
| 14/04/2019 | 09:50 | 1      | 1          |

Descrição da SS  
Motor não liga - TROCA DE MOTOR

Máquina  
LAMIN0 LAMINADORA PADRÃO

Tag  
SELE Sistema Elétrico

Equipamento  
MOTOR0 Motor Padrão

Síntoma  
1 Motor não liga

Solicitante  
Tales Costa Barreto

Leitura Mecânica

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Após criada, a solicitação de serviço é colocada como pendente e vai para o aprovador verificar a solicitação. Lá, ele consegue visualizar e editar antes de aprovar ou negar, como é mostrado na Figura 13.

Aprovando a SS, ela automaticamente gera uma Ordem de Serviço, utilizando as informações da solicitação como base. É possível editar a Ordem para acrescentar informações extras.

Figura 13 – Aprovação da Solicitação de Serviço

The screenshot displays the 'SIGMA PDCA' software interface for editing a Service Request (SS). The main window is titled 'Alterar SS' and contains the following fields and options:

- SS:** 1
- Data:** 14/04/2019
- Hora:** 09:50
- Afeta Produção
- Descrição da SS:** Motor não liga - TROCA DE MOTOR
- Retrabalho
- Máquina:** LAMINO (LAMINADORA PADRÃO)
- Tag:** SELE (Sistema Elétrico)
- Equipamento:** MOTORO (Motor Padrão)
- Sintoma:** 1 (Motor não liga)
- Tipo de Os:** 1 (Corretiva)
- Funcionário:** 2 (NICOLAS COSTA BARRETO)
- Área:** MELE (MANUTENÇÃO ELÉTRICA)
- Serviço Padrão:** 1 (TROCA DE MOTOR)
- Pendência:** (Empty)
- Sector:** LAMIN (LAMINAÇÃO)
- Solicitante:** Tales Costa Barreto
- Equipamento Disponível:** Data: 14/04/2019, Hora: 09:36
- Tag:** (Empty)
- Cód. Priorid:** (Empty)

On the right sidebar, there are several buttons and options:

- Fechar
- Configurações
- Reprovar
- Aprovar
- Gerar OS's
- Gerar EWO
- Imprimir Listagem
- Imagens
- Pendência
- Alterar SS
- Origem das SS's: Negócio (INDUSTRIAL)
- Filtrar
- Todas
- Marcar Todas SS's
- Desmarcar Todas SS's

At the bottom of the interface, there are navigation buttons: Início, Universo SIGMA, Configurações, Ajuda, Check SIGMA, and Sair.

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Usualmente, quem realiza a criação das SS são os operadores da produção e outros clientes internos da manutenção. Utilizando-se do sistema, facilita a comunicação.

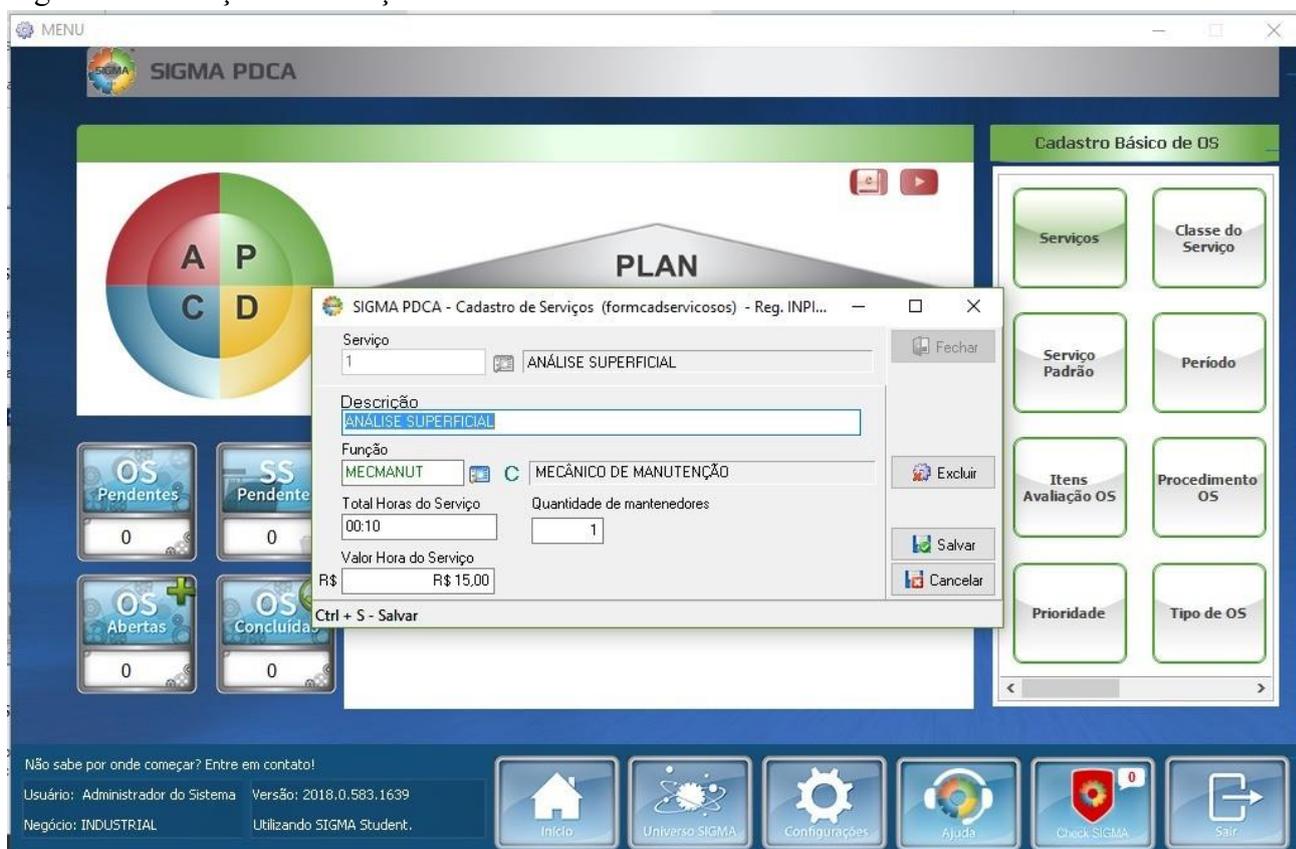
### 3.3.4 Facilidades para Planejar o Serviço

Neste tópico serão analisadas as facilidades para planejamento dos serviços, o que torna o planejamento mais claro, assertivo e simples de realizar a gestão.

#### 3.3.4.1 O Serviço Pode ser Subdividido em Etapas? Existe o Conceito de Dependência Entre Etapas?

Os serviços podem ser subdivididos em etapas e agrupados, caso seja necessário. Dentro da seção de planejamento, no pilar CADASTRO BÁSICO DE OS, é possível cadastrar uma atividade avulsa na aba SERVIÇOS, podendo vincular a um perfil profissional, que no programa chama-se FUNÇÃO, assim com a quantidade de mantenedores, é possível, também, inserir o tempo médio de execução dessa atividade e o valor da hora de tal serviço. Assim como grande parte dos cadastros realizados, é necessário indicar um código/padrão para identificar o serviço. A Figura 14 mostra o exemplo de cadastro de um serviço.

Figura 14 – Criação de Serviço

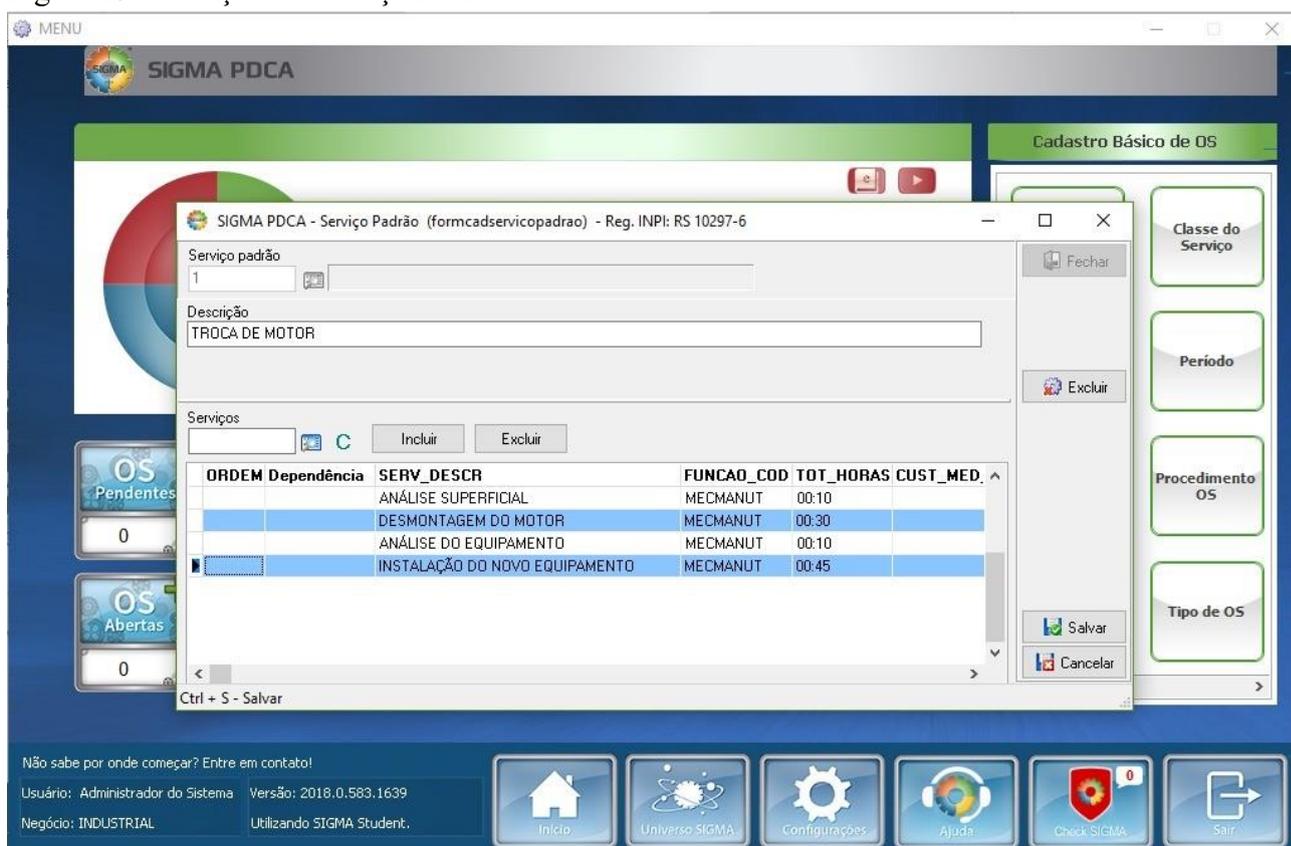


Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Pode-se, ao criar todos os serviços avulsos, agrupá-los a um serviço padrão, indicando uma possível ordem para a realização. Pode-se utilizar a aba SERVIÇO PADRÃO para tal.

Dentro da coluna ORDEM pode-se numerar e iniciar a ordem que o serviço padrão será executado e na coluna DEPENDÊNCIA indicar se a atividade é dependente da anterior ou pode ser realizada de maneira avulsa dentro daquele serviço padrão, como mostrado na Figura 15.

Figura 15 – Criação de Serviço Padrão



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Pode-se, também, atribuir um serviço padrão a um sintoma previamente cadastrado. Sintoma é o que o programa chama para uma característica ou acontecimento que leva a uma suspeita da necessidade de manutenção, ele pode ser cadastrado na mesma seção de planejamento, no pilar PLANEJAMENTO DE MANUTENÇÃO, dentro da aba SINTOMAS.

Ao cadastrar um sintoma, é possível atribuir uma série de informações, como normas e procedimentos, informações e instruções extras, peças e ferramentas utilizadas, a necessidade de um apoio específico de algum especialista, e agrupar para uma equipe específica, como mostrado na Figura 16.

Figura 16 – Cadastro de Sintoma

The screenshot displays the 'SIGMA PDCA' software interface. A central window titled 'SIGMA PDCA - Sintoma (formcadsintoma) - Reg. INPI: RS 10297-6' is open, showing a form for registering a symptom. The form includes the following fields and options:

- Sintoma:** 1
- Descrição:** Motor não liga
- Peso:** 8
- Afeta Produção:** Sim
- Tempo Estimado:** 01:20
- AREA\_CODIG:** MELE (MANUTENÇÃO ELÉTRICA)
- Tipo de OS:** 1 (Corretiva)
- Mensagem:** DESLIGAR EQUIPAMENTO
- Responsável:** Nicolas Costa Barreto

Below the main form, there are tabs for 'Normas Técnicas', 'Detalhamento', 'Peças', 'Ferramentas', 'Especialidade para Atendimento', and 'Equipe'. The 'Normas Técnicas' tab is active, showing a table with columns for 'Norma' and 'Descrição da Norma'. The table is currently empty.

On the right side of the form, there are buttons for 'Fechar', 'Excluir', 'Características', 'Imprimir Ficha', 'Salvar', and 'Cancelar'. At the bottom of the form, there are keyboard shortcuts: 'Ctrl + S - Salvar' and 'Esc - Cancela'. A status bar at the bottom indicates 'Usuário: Administrador do Sistema', 'Negócio: INDUSTRIAL', and 'Utilizando SIGMA Student.'.

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

A partir disso, pode-se vincular um sintoma a um serviço padrão e, sempre que o sintoma for apontado dentro de uma OS, já receberá uma listagem de serviços a serem realizados a partir do que foi previamente cadastrado.

Os serviços padrões não são um fator limitante, visto que outros serviços avulsos ou padrões podem ser adicionados à OS no momento de sua criação.

Outro parâmetro que permite o acompanhamento dos serviços efetuados é o fato do sistema não liberar a execução de outro serviço, caso o anterior não tenha sido concluído, criando uma ordem de dependência entre as atividades.

A Figura 17 mostra como é feita a indicação do serviço padrão dentro de um sintoma.

Figura 17 – Vinculação Serviço Padrão a Sintoma

The screenshot displays the 'SIGMA PDCA' software interface. A central window titled 'SIGMA PDCA - Sintoma (formcadsintoma) - Reg. INPI: RS 10297-6' is open, showing a form for entering symptom details. The form includes the following fields and values:

- Sintoma:** 1
- Descrição:** Motor não liga
- Peso:** 8
- Afeta Produção:** Sim
- Tempo Estimado:** 01:20
- AREA\_CODIG:** MELE
- MANUTENÇÃO ELÉTRICA** (linked to the area code)
- Tipo de OS:** 1
- Corretiva** (linked to the OS type)
- Mensagem:** DESLIGAR EQUIPAMENTO
- Responsável:** Nicolas Costa Barreto

Below the main form, there are tabs for 'Normas Técnicas', 'Detalhamento', 'Peças', 'Ferramentas', 'Especialidade para Atendimento', and 'Equipe'. A table for 'Norma' is visible, with columns for 'Norma' and 'Descrição da Norma'. The interface also features a sidebar with 'OS Pendentes' (0) and 'OS Abertas' (0) indicators, and a main dashboard with buttons for 'Intervenção', 'Prog. Diária', 'Consulta por Peso', and 'Prog. de Paradas'. The bottom of the screen shows a Windows taskbar with various application icons and system tray icons.

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

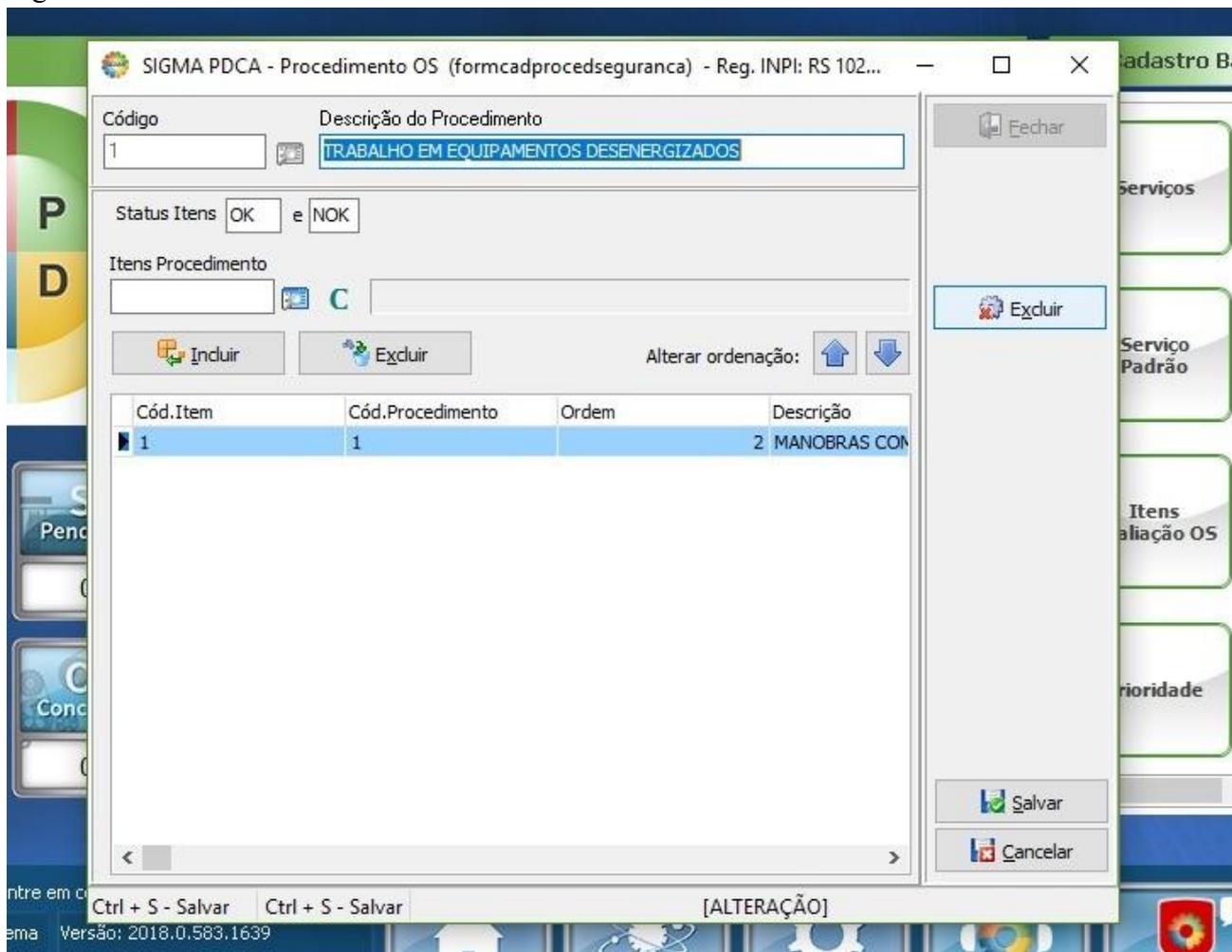
Diante disso, percebe-se que o SIGMA oferece a possibilidade de subdividir os serviços e que existe o conceito de dependência entre suas etapas.

### 3.3.4.2 Associação de Serviço ou Etapa de Serviço com Procedimentos ou Padrões

Na seção de Planejamento, dentro do pilar CADASTRO BÁSICO DE OS, existe uma aba chamada PROCEDIMENTO OS onde é possível cadastrar novos procedimentos, assim como criar e incluir itens pertencentes a esse procedimento.

Esses padrões previamente cadastrados podem ser incluídos dentro da criação da OS, como mostra a Figura 17.

Figura 18 – Cadastro de Procedimento OS



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

É possível, também, vincular normas técnicas à sintomas.

#### 3.3.4.3 Detalhamento de Necessidades (Mão-de-Obra, Materiais e Ferramentas)

No momento da criação da OS corretiva, pode-se atribuir a responsabilidade a um funcionário, puxando o seu tempo disponível dentro do intervalo desejado da manutenção. Todo funcionário já possui um checklist de ferramentas próprias, caso as ferramentas já sejam designadas ao mantenedor.

Caso sejam necessárias novas ferramentas para o serviço, é possível abrir o cadastro do funcionário para adicionar tais ferramentas, como mostra a Figura 19.

Figura 19 – Inclusão de Ferramentas para Funcionário

The screenshot shows the 'SIGMA PDCA - Funcionários (formcadfuncionarios) - Reg. INPI: RS 10297-6' window. The 'Funcionário' field is set to '2'. The 'Ferramentas' tab is active, displaying a table of tools and a form to add new ones.

| Ferramentas | Descrição          | Quantidade |
|-------------|--------------------|------------|
| CFENDA      | Chave de Fenda     | 1          |
| LUVA        | LUVA DE PROTEÇÃO   | 1          |
| MART        | MARTELO            | 1          |
| MULT        | MULTIMETRO DIGITAL | 1          |

Below the table, there is a form to add a new tool:

- Ferramentas:** [Input field]
- Quantidade:** [Input field]
- Buttons:** Incluir, Excluir, Imprimir
- Total de Ferramentas:** 0

The sidebar on the right contains the following options: Fechar, Imagem, Panel1, Etiqueta Barras, MTTR, Imprimir Ficha, Ausências, Ficha Técnica, Excluir, Salvar, and Cancelar. The status bar at the bottom indicates '[ALTERAÇÃO]' and includes keyboard shortcuts: Campo Obrigatório, Ctrl + S - Salvar, Esc - Cancela.

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Além disso, há uma aba chamada de formulários de requisitos, onde é possível estabelecer os requisitos mínimos padrões para aquela OS dentro de 5 campos básicos, sendo eles Etapas, Normas, Ferramentas, Especialidades e Peças.

Preenchendo tais critérios, o gestor da manutenção indica qual a necessidade mínima e complexidade para aquele serviço, facilitando o planejamento, aumentando a eficiência e diminuindo os riscos eminentes.

Na Figura 20, pode-se verificar a tela de cadastro de requisitos dentro da OS.

Figura 20 – Requisitos Ordem de Serviço

**Os:** 1 - CONDICIONADOR DE AR NÃO LIGA Fechar

Exibir Serviços do Detalhamento

**Etapas**

| Ordem | Serviço | Descrição | Tempo |
|-------|---------|-----------|-------|
| !     |         | Descrição | :     |

**Normas**

Normas:  Incluir Excluir

| ! | Normas | Descrição |
|---|--------|-----------|
| ! |        | Descrição |

**Ferramentas**

Ferramentas:  Incluir Excluir

| ! | Código | Descrição |
|---|--------|-----------|
| ! |        | Descrição |

**Especialidades**

Funções:  Incluir Excluir

| ! | Descrição | AREA_CODIG | Origem | Custo Médio Hora | Função | Imagem |
|---|-----------|------------|--------|------------------|--------|--------|
| ! |           |            |        |                  |        |        |

**Peças**

Peças:  Incluir Excluir Qtde:

| ! | Peça | Descrição da Peça |
|---|------|-------------------|
| ! |      | Descrição da Peça |

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Diante disso, percebe-se que o software SIGMA possibilita o detalhamento das necessidades, seja de mão-de-obra, seja de materiais, seja de ferramentas.

### 3.3.5 Possibilidade de especificar data desejada para início e/ou término de serviço/etapa

No momento da abertura da OS, na parte inferior da tela de cadastro, é possível alimentar informações referentes às datas e prazos para o atendimento e conclusão da ordem. Pode-se alimentar a informação de data da Emissão, a data e a hora de disponibilidade e a data e a hora do término desejável, assim como o prazo para o término. Tal informações podem ser vistas na Figura 21.

Figura 21 – Configuração de Tempo OS

| Programação            | Mão de Obra         | Anexos | Informações                         | Procedimentos OS |
|------------------------|---------------------|--------|-------------------------------------|------------------|
| Emissão                | 19/04/2019 às 14:13 |        | MTRR: _02:50                        |                  |
| Equipamento Disponível | 19/04/2019 às 14:13 |        | Tempo trabalhado: _:_               |                  |
| Término Desejado       | 20/04/2019 às _:_   |        | Diferença: _:_                      |                  |
| Data Térm. Desejado    | 20/04/2019          |        |                                     | / / 15           |
| Prazo para Término     | 20/04/2019 às _:_   |        | <input type="checkbox"/> Retrabalho |                  |

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

As datas podem ser alteradas posteriormente pelo gestor da manutenção com o devido acesso.

#### 3.3.5.1 Facilidades para Orçamentação de Serviço

Os serviços de manutenção são orçados automaticamente de acordo com as informações cadastradas anteriormente, como preço da hora do funcionário, custo das peças, ferramentas, tempo de equipamento parado e outras variáveis. Uma funcionalidade extra é a presença de ferramentas que calcula automaticamente o preço da hora dos funcionários de acordo com os parâmetros de pagamento, como periculosidade, insalubridade, adicionais noturnos e horas extras. Ao imputar os dados, é possível gerar o valor correto da hora.

A Figura 22 mostra o cálculo automático que o software realiza para a composição do custo homem-hora.

Figura 22 – Cálculo Valor Homem-Hora

The screenshot displays the 'SIGMA PDCA - Homem Hora (formrelhh) - Reg. INPI: RS 10297-6' window. The 'Funcionário' section shows ID '2' and name 'Francisco Silva'. The 'Cálculo' tab is selected, showing a 'Calcula Valor Homem Hora' button and a 'Valor Normal' field set to 'R\$ 0,00'. The 'Horas Extras' section has three rows: 1st H.Ext. at 50%, 2nd H.Ext. at 50%, and 3rd H.Ext. at 70%. The 'Hora Extra Domingos/Feriados' section has a field for '(%) D. e Feriados' set to 0. The 'Plantão' section shows a table with columns 'Código Plantão', 'Escala de Trabalho', and 'Dia', listing shifts 70 through 74. The 'Adicionais' section includes 'Noturno' (0%), 'Periculosidade' (0%), and 'Insalubridade' (0%). The bottom section shows the period '19/04/2019' to '19/04/2019' and a 'Recalcula Lançamentos de Horas em OS's' button. The status bar at the bottom indicates '0%' and 'Campo Obrigatório Ctrl + S - Salvar'.

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

É possível, também, alterar os custos das OS fechadas com a atualização desse novo preço vinculada ao funcionário. No momento do lançamento da OS também é possível atribuir valores fixos a cada atividade que vai ser ingressada, sendo um campo de livre preenchimento.

### 3.3.5.2 Esquema de Atribuição de Responsabilidades

No momento da criação da OS, é possível atribuir a ordem a um funcionário que será o primeiro mantenedor. Essa atribuição não exclui a possibilidade de lançar horas trabalhadas a outros funcionários ou família/equipe no decorrer da manutenção.

É possível também, atribuir como requisitos básicos especialidades para aquele serviço, como a necessidade de um engenheiro mecânico ou eletrotécnico para realizar a manutenção.

Os serviços também podem ser vinculados a uma área específica. No momento do cadastro de um defeito, é possível atribuir uma área da manutenção para que já esteja predefinido o responsável por aquela anomalia, caso venha a surgir. Assim como é possível definir a área para um defeito, é possível atribuir também a um sintoma.

#### 3.3.5.3 *Recursos Adicionais que Enriqueçam o Planejamento de Serviços*

Existem recursos adicionais que enriquecem tanto o planejamento de serviços quanto traz facilidade para a execução do lançamento de informações. O software conta com um aplicativo *mobile*, onde é possível fazer a criação de solicitações de serviços, de ordens de serviço, o lançamento *Real Time* das atividades realizadas e horas trabalhadas, assim como a capacidade de realizar a programação e acompanhamento das manutenções e base de ativos de qualquer lugar que tenha sinal de internet para o aparelho celular ou *tablet*.

O software conta, também, com a possibilidade de gerar automaticamente OS predefinidas, de acordo com uma programação prévia ou a programações de manutenções preventivas.

O SIGMA conta, também, com uma série de aplicativos externos que fazem conexão com seu banco de dados, que seriam uma separação das suas atividades. Como um aplicativo para criação de solicitações de serviços, um para a gestão de custos, outra apenas para o lançamento de horas e etc, não havendo a necessidade da abertura da central para realizar, controlar e solicitar algumas funcionalidades de forma avulsa.

#### 3.3.5.4 *Capacidade de Planejar Subprojetos (Work Breakdown Structure)*

Existe uma aplicação sigma chamada Sigma Projetos. Porém, possui seu acesso apenas na versão PRO.

Dentro do pilar de CADASTRO BÁSICO DE OS, dentro da parte de planejamento, existe uma aba chamada PROJETO, onde é possível atribuir o nome de um projeto e preencher uma listagem de ordens e descrições. No momento da criação das ordens, é possível cadastrar isso dentro de um projeto específico. Mas não foi encontrada maneira de fazer o detalhamento em subprojetos.

### 3.3.6 Parâmetros de Controle

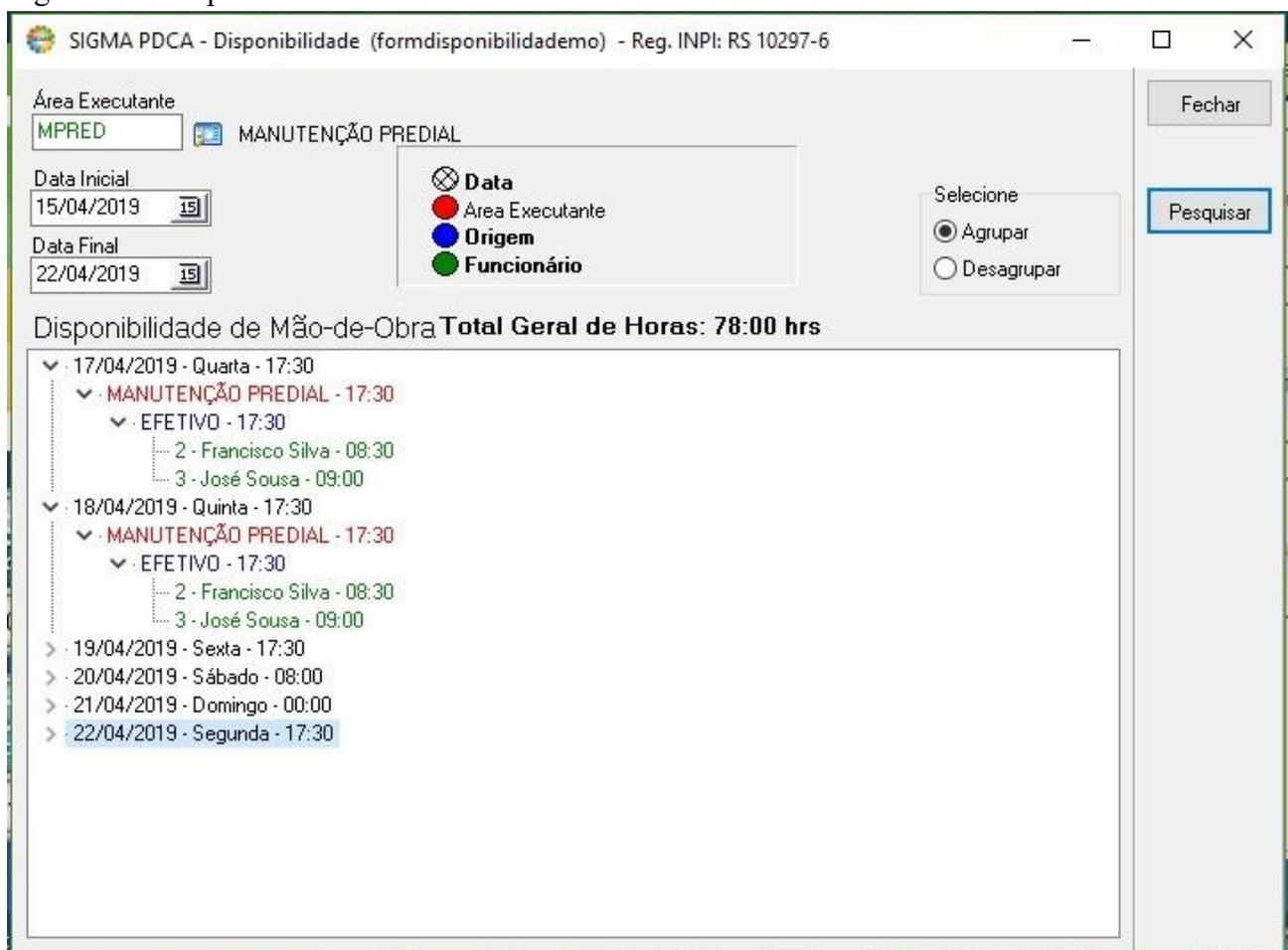
Neste tópico, será o software SIGMA será analisado no que se refere aos seus parâmetros de controle e suas metodologia de controle.

#### 3.3.6.1 Recursos de mão-de-obra, controle de pessoal, disponibilidade, função

Dentro da seção de Planejamento, conta-se com diversos pilares que tornam possível o cadastro das informações básicas.

A partir da listagem de funcionários e suas devidas escalas cadastradas, é possível gerar a disponibilidade de mão de obra utilizando a área e a data com parâmetro de busca, ao acionar a pesquisa, ele organiza Data, Área executante, Origem (Efetivo, terceiro, estagiário e etc ), o funcionário e a sua disponibilidade, gerando, também, a disponibilidade total de horas naquele período pesquisado, como mostrado na Figura 24.

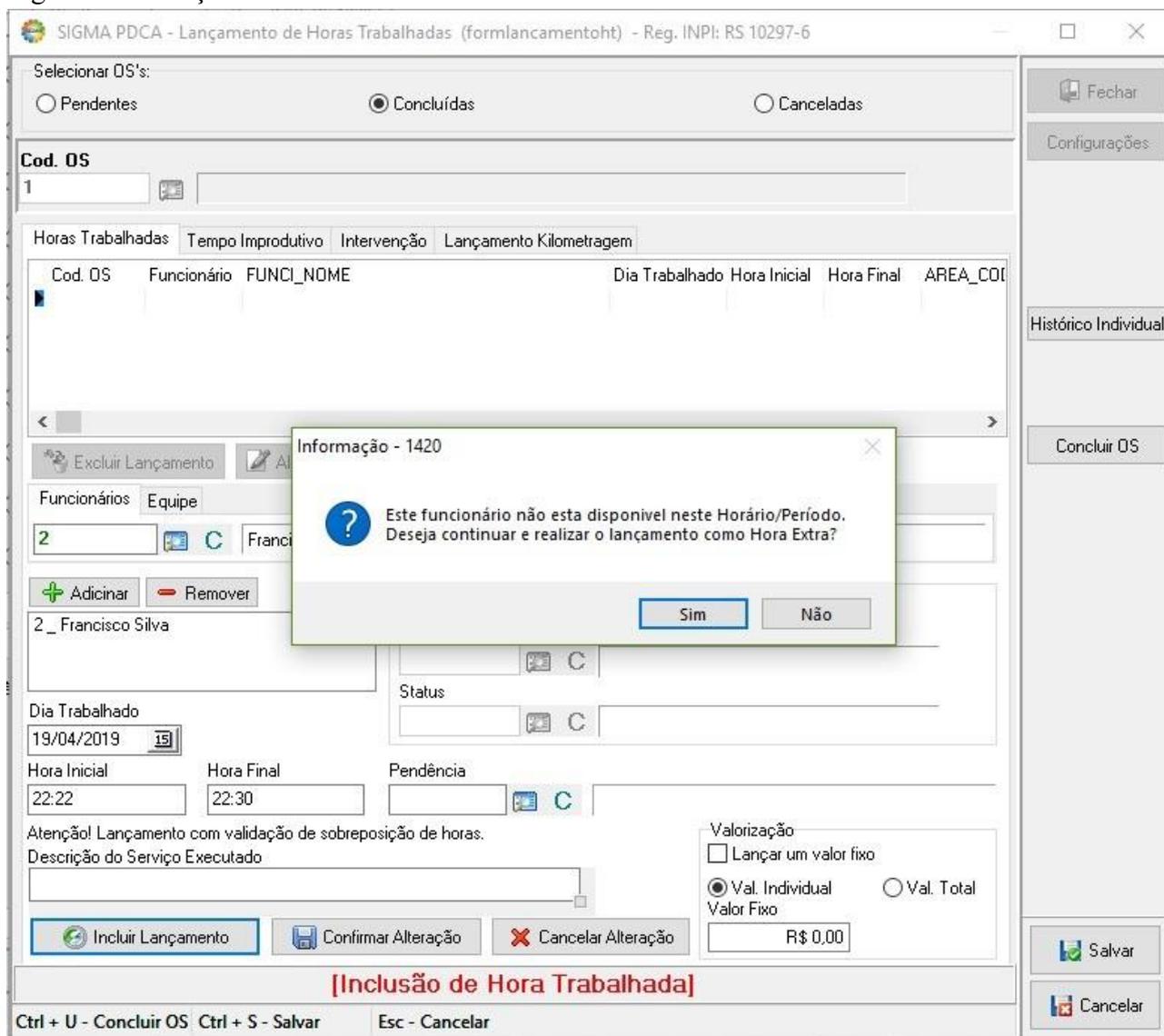
Figura 23 – Disponibilidade Mão-de-Obra



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

No momento da geração de uma OS, do levantamento de horas, ele já indica qual mão de obra está disponível ou, caso não esteja disponível, o usuário pode optar por fazer o lançamento de horas extras fora de sua escala de trabalho, como indicado na imagem 23.

Figura 24 – Lançamento Hora Extra



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Diante disso, percebe-se que o SIGMA possui a capacidade de listar os recursos de mão-de-obra e sua disponibilidade de maneira clara e objetiva.

### 3.3.6.2 Metodologia de Controle da Disponibilidade de Materiais, Ferramentas e Máquinas

Dentro do SIGMA, é possível acompanhar a disponibilidade das máquinas automaticamente, pois software mostra os principais de cada equipamento assim que o usuário entra em sua ficha cadastral, como mostra a Figura 25, ou assim que entra na seção de acompanhamento de indicadores.

Figura 25 – Resumo KPI na Ficha Cadastral da Máquina

|   |                            |                        |                       |   |
|---|----------------------------|------------------------|-----------------------|---|
| <b>Máquina</b>  | <b>Aviso de Pendências</b> | <b>Disponibilidade</b> | <b>0,00%</b>          | <input checked="" type="checkbox"/> Em produção |
| split01   | Nenhuma OS pendente!       | <b>Confiabilidade:</b> | <b>0,00%</b>          |   |
|   |                            | <b>MTBF</b>            | <b>00:00</b>          |   |
| <b>Descrição Máquina</b>  |                            | <b>Criticidade</b>     | <b>Nº Patrimonial</b> |   |
| Condicionador de ar Split Hi Wall Elgin Eco Power 9000 BTUs Frio 220V |                            | 0                      | 001                   |   |

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Para ferramentas e peças, é possível acompanhar a disponibilidade não como indicador, mas a quantidade de peças disponíveis em estoque, em relatórios ou na ficha cadastral de cada material, mais informações serão abordadas dentro do critério de Administração de Estoque.

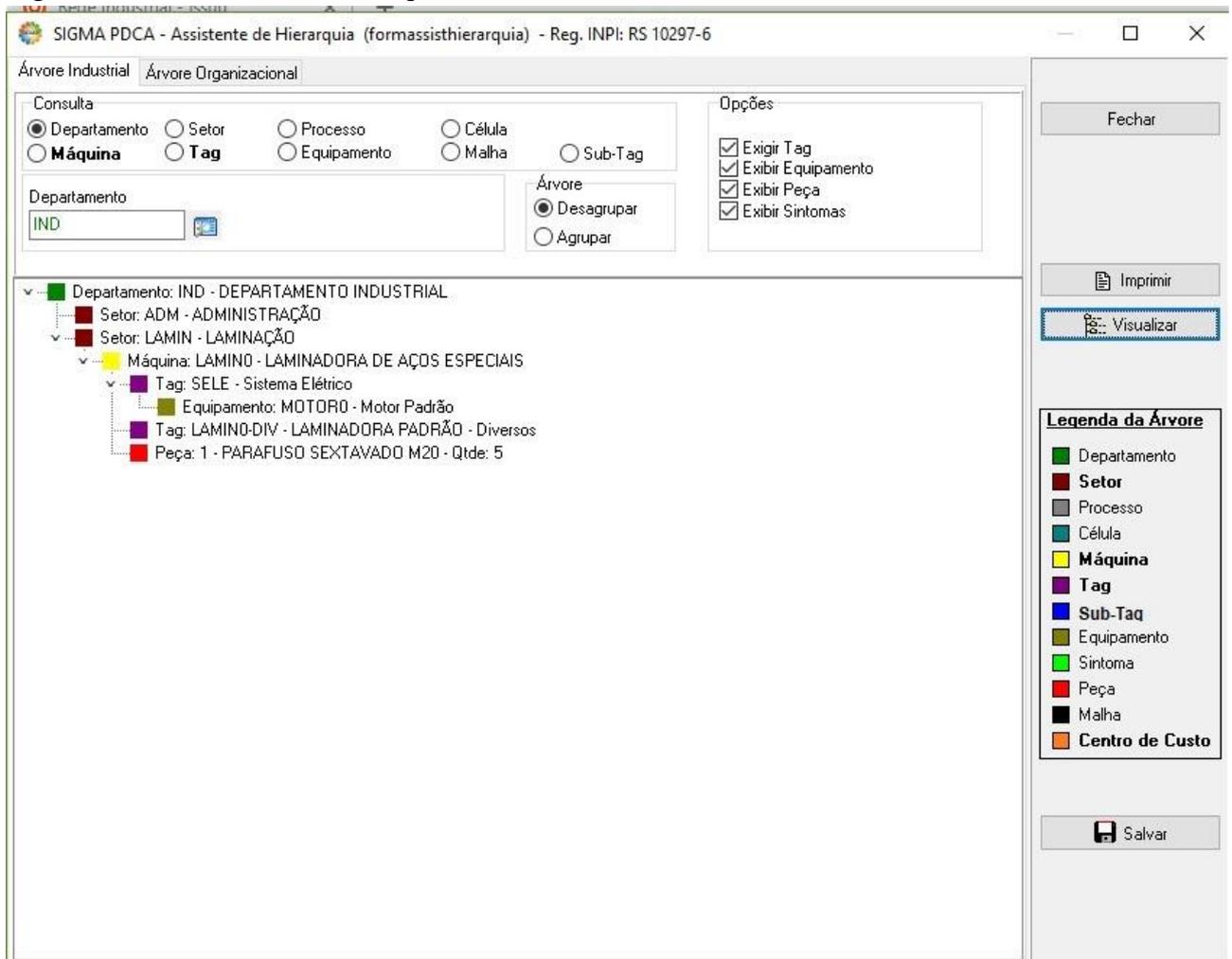
### 3.3.6.3 Tabelas e Distribuição de Serviços/Recursos por Área Geográfica/Especialidade

Boa parte das funções imputadas podem ser visualizadas a partir de tabelas geradas com diversos parâmetros de pesquisa e filtros. Para as informações básicas de Máquinas, TAGs, Equipamentos entre outras informações estruturais, existe uma opção chamada de ASSISTENTE DE HIERARQUIA, que permite demonstrar a hierarquia da estrutura do que foi cadastrado.

O Assistente de Hierarquia possui duas opções, sendo uma a Árvore Industrial e a outra a Árvore Organizacional. Dentro da árvore industrial, ele mostra todos os equipamentos, tags, processos e etc, de acordo com o que se deseja consultar. Já na árvore organizacional elencam-se as áreas, processos e centros de custos na estrutura organizativa da empresa.

A Figura 26 mostra o assistente de hierarquia.

Figura 26 – Assistente de Hierarquia



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

O assistente de hierarquia facilitar o conhecimento das ligações entre departamentos, máquinas, equipamentos entre outros.

### 3.3.7 Programação de Serviços

Neste tópico o software SIGMA será analisado quanto a sua capacidade de programar serviços e a facilidade que ele traz para o processo.

#### 3.3.7.1 Critérios de Definição dos Serviços a Serem Executados

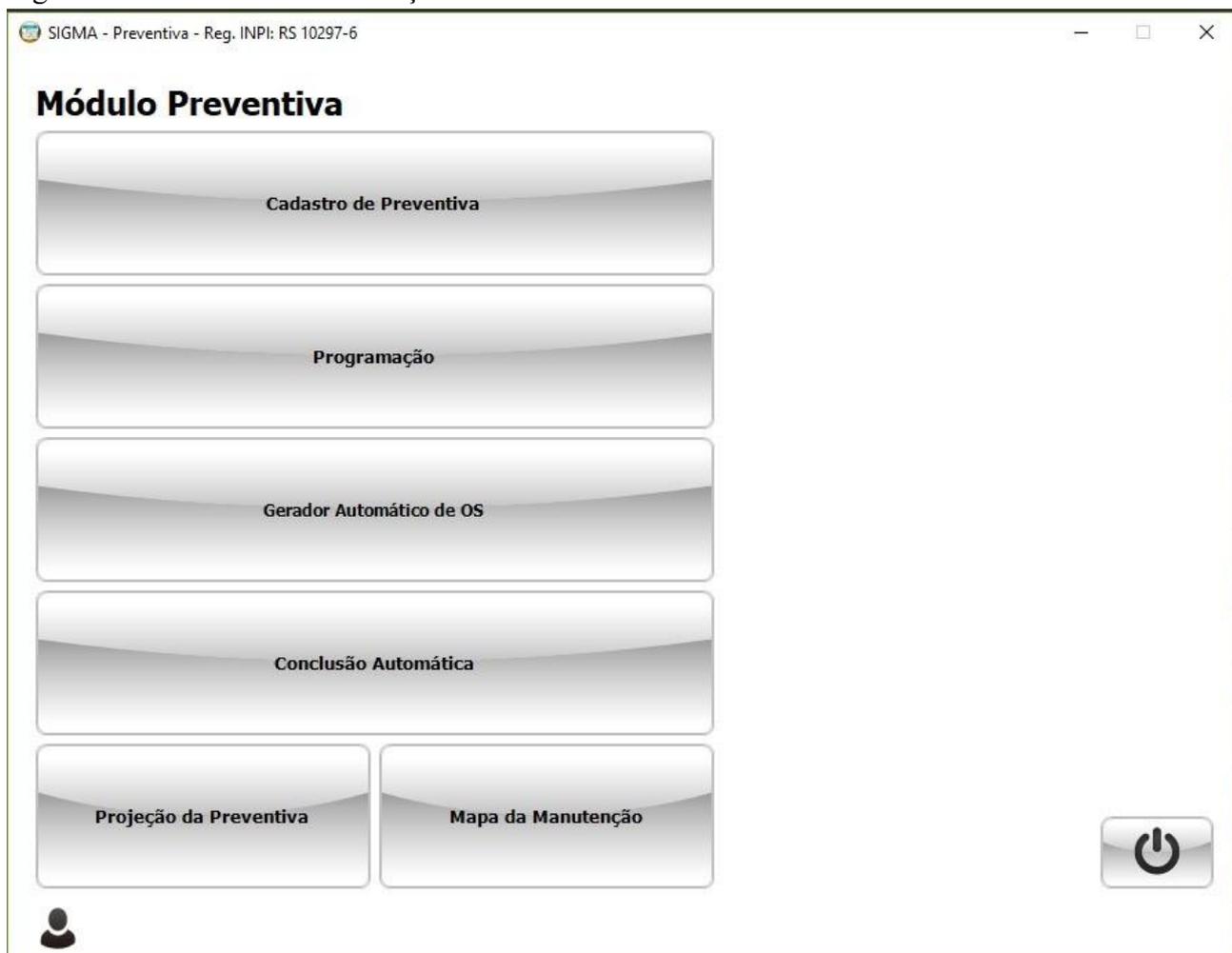
No SIGMA é possível realizar a programação da manutenção de maneira manual ou automática, fazendo a gestão da disponibilidade de mão-de-obra e a possibilidade de intervenção

nas máquinas e equipamentos. É possível, também, programar paradas, manutenções preventivas, preditivas, e corretivas, gestionar intervenções para lubrificação e mais algumas funções.

Na criação da OS corretiva, é possível colocar os prazos que o serviço deve ser feito, assim como alocar um responsável para a execução.

A criação de OS preventiva é possível de ser feita em uma aplicação externa ao sistema principal, mas também pode ser acessado dentro da seção de Execução, no pilar de MANUTENÇÃO PREVENTIVA. Com o módulo de preventiva, é possível criar programações para certas máquinas, onde, além da possibilidade de criar alertas para o planejador criar as ordens, é possível que elas sejam criadas automaticamente de acordo com informações já pré-estabelecidas e no calendário cadastrado. Escolhendo a periodicidade e já deixando listada as atividades que serão executadas. É possível também realizar a conclusão automática das OS que foram geradas automaticamente. A Figura 26 apresenta a tela do módulo de Manutenção Preventiva.

Figura 27 – Módulo de Manutenção Preventiva



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

O Cadastro de OS Preditivas segue de forma muito parecida às ordens de preventiva, podendo gerar automaticamente e programado de maneira periódica.

A Figura 27 apresenta a tela de cadastro de Manutenções Preventivas.

Figura 28 – Criação OS Manutenção Preventiva

**Preventiva**

Descrição

Área

Tipo de OS

Família

Serviço Padrão

Tipo

Afeta Produção

Ajustar

Anexo Nenhum anexo selecionado

Imagem Nenhuma imagem selecionada

| Etapas |           | Peças  |          |
|--------|-----------|--------|----------|
| Ordem  | Descrição | Método | Critério |
|        |           |        |          |

[Ctrl + Del para excluir uma etapa]

Campo Obrigatório    Ctrl + S - Salvar    Esc - Cancela

Fechar

Excluir

BtnAtu

Imagem

Replica prog.

Serviço Padrão

Exportar Etapas

Salvar

Cancelar

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

A Figura 28 mostra a tela de programação da manutenção preventiva, para que sejam geradas OS automáticas.

Figura 29 – Programação Preventiva

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

As outras ordens para serviços de calibração, lubrificação e etc, seguem de forma parecida à OS corretiva.

Existe, também, uma opção dentro da seção planejamento, no pilar de PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO, a opção “Programação Diária” onde abre-se um calendário com o período de 1 ano, essa opção será detalhada no próximo tópico.

### 3.3.7.2 Relatório/Telas de Serviços Programados

A principal tela de controle dos serviços programados para um dado dia é a aba de Programação Diária que fica dentro da seção de planejamento, no pilar de PLANEJAMENTO

DA MANUTENÇÃO. Com todos os dias no período de 1 ano, a primeira informação clara que essa tela mostra é quais são os dias úteis, feriados e finais de semana, auxiliando na programação prévia dos serviços.

Ao selecionar um dia, visualiza-se quais serviços estão programados e, caso necessário, pode se realizar o cadastro de uma nova atividade a ser feita, selecionando a OS e qual o horário que ela deverá ser executada.

A Figura 30 mostra o calendário de Programação.

Figura 30 – Calendário de Programação

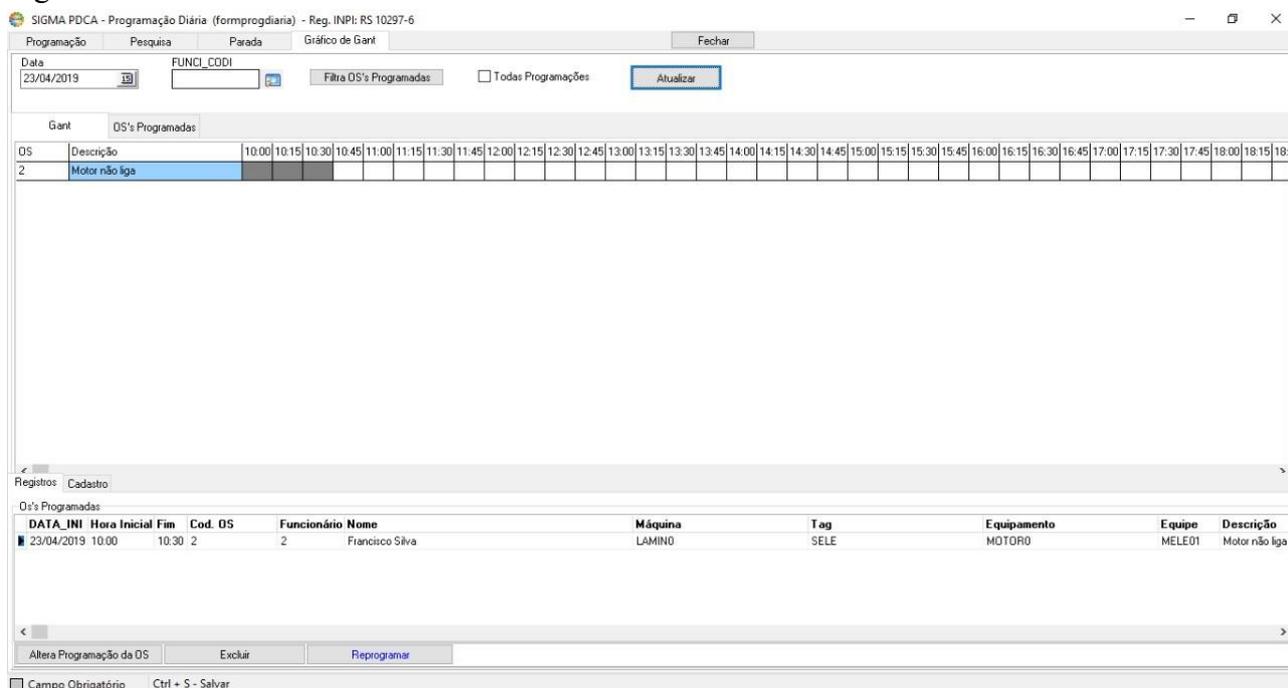
The screenshot shows the 'SIGMA PDCA - Programação Diária' software interface. The window title is 'SIGMA PDCA - Programação Diária (formprogdia) - Reg. INPI: RS 10297-6'. The interface includes tabs for 'Programação', 'Pesquisa', 'Parada', and 'Gráfico de Gant', along with a 'Fechar' button. Below the tabs is a search section with 'Selecionar por' options, 'Por:' and 'ou:' dropdowns, an 'Ano' dropdown set to '2019', and 'Pesquisar' and 'Limpar' buttons. There are also date selection fields for 'De' and 'Até'. The main area is a calendar grid for the year 2019, with days of the week (Do, Se, Te, Qu, Qu, Se, Sá) and dates (01-31) displayed. The calendar shows various days highlighted in blue and red. Below the calendar is a 'Registros' section with a 'Cadastro' tab and a table for 'Os's Programadas'. At the bottom, there are buttons for 'Altera Programação da OS', 'Excluir', and 'Reprogramar'.

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

É possível, também, cadastrar paradas, pesquisar os serviços programados e gerar um gráfico/carta de Gantt, mostrando a programação do dia e o horário que está sendo programado.

Um exemplo de carta gantt pode ser vista na Figura 31.

Figura 31 – Carta Gantt



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Diante disso, percebe-se que a programação das atividades da manutenção com o auxílio do software SIGMA se tornam mais claras e objetivas, oferecendo uma forma simples de visualizar o cronograma de atividades.

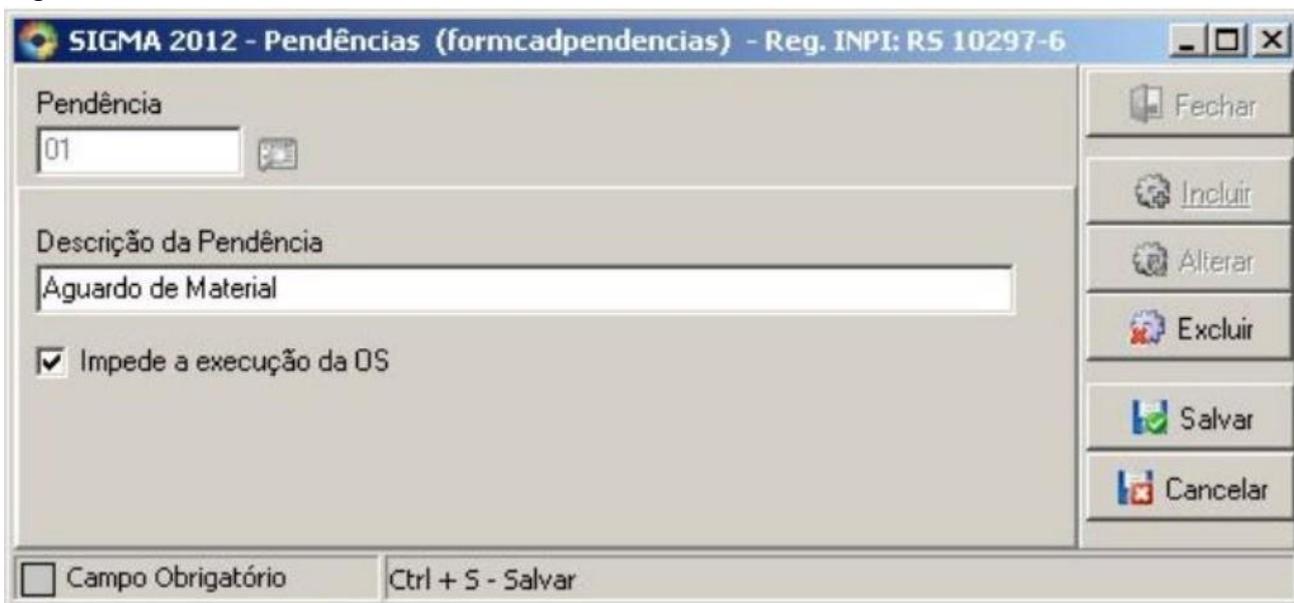
### 3.3.8 Controle de Execução dos Serviços

#### 3.3.8.1 Tipos de Impedimentos, ou Bloqueios, de Serviços ou Etapas

No SIGMA é possível realizar o cadastro de impedimentos/bloqueios que são chamados de pendência. Uma pendência pode ser desde a falta de materiais até a falta de mão-de-obra disponível para aquele horário. No cadastro de uma pendência é alimentado apenas a descrição e a observação se aquela pendência impede a execução da OS.

A Figura 33 mostra a tela de cadastro de uma pendência. Como e onde os impedimentos serão usados vai ser abordado no próximo tópico.

Figura 32 – Cadastro de Pendência



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Selecionando a caixa IMPEDE A EXECUÇÃO DA OS, a OS não pode ser fechada até a resolução da pendência, isso também será abordado no próximo tópico.

### 3.3.8.2 Metodologia de Gerenciamento de Impedimentos

As pendências podem ser definidas dentro de uma OS no momento do lançamento de serviços executados ou lançamento de horas trabalhadas. Ao fazer a indicação e detalhamento da atividade, o usuário assinala a existência de alguma pendência previamente cadastrada ou cadastra uma nova pendência, caso ela impeça a continuação do serviço de manutenção (foi assinalada a caixa no momento do cadastro) o serviço fica parado enquanto a pendência não é concluída.

Para concluir a pendência, basta fazer a indicação que a atividade foi concluída ou cancelada, mostrando a possibilidade de dar prosseguimento para a manutenção. É possível, também, fazer o acompanhamento das pendências pelos relatórios.

Na Figura 34, é possível visualizar a tela de lançamento de atividades na OS e o campo de pendência.

Figura 33 – Lançamento de Atividade com Pendência

The screenshot shows the 'SIGMA PDCA - Lançamento de Horas Trabalhadas' window. At the top, there are radio buttons for 'Pendientes', 'Concluídas', and 'Canceladas', with 'Pendientes' selected. Below this, the 'Cod. OS' is set to '2' and the description is 'Motor não liga'. A table with columns 'Cod. OS', 'Funcionário', 'FUNCI\_NOME', 'Dia Trabalhado', 'Hora Inicial', 'Hora Final', and 'AREA\_COI' is visible but empty. Below the table are buttons for 'Excluir Lançamento' and 'Alterar Lançamento'. The 'Funcionários' section shows '2\_Francisco Silva' with '+ Adicionar' and '- Remover' buttons. The 'Status da Tarefa' section has 'Serviço Padrão' selected, with 'Tarefa' set to '2' and 'DESMONTAGEM DO MOTOR'. The 'Dia Trabalhado' is '20/04/2019'. The 'Hora Inicial' and 'Hora Final' fields are empty. The 'Pendência' section is set to '1' with the description 'AGUARDANDO MATERIAL'. The 'Valorização' section has 'Val. Individual' selected and a value of 'R\$ 0,00'. At the bottom, there are buttons for 'Incluir Lançamento', 'Confirmar Alteração', and 'Cancelar Alteração'. A red banner at the bottom reads '[Inclusão de Hora Trabalhada]'. The status bar at the very bottom shows 'Ctrl + U - Concluir OS', 'Ctrl + S - Salvar', and 'Esc - Cancelar'.

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Pode-se lançar pendências diferentes dentro de uma OS contanto que a pendência não esteja marcada para impedir a continuação do serviço ou o lançamento de horas e peças.

### 3.3.8.3 *Facilidade de Apropriação dos Serviços, Registro de Ocorrências e de Informações para o Histórico de Manutenção e Custos*

Como o funcionamento do SIGMA é a partir de bancos de dados, todas as informações preenchidas podem ser acessadas, seja por meio de relatórios ou pelo acesso direto às

informações salvas. Os serviços, ocorrências e informações podem ser acessadas diretamente na seção CHECK, no pilar de RELATÓRIOS. Para informações de custos, existe o seu respectivo pilar para gestão de tais informações.

#### *3.3.8.4 Indicadores/Índices relatórios ao andamento/conclusão dos serviços e custos*

Todos os tópicos com relação à indicadores foram concentrados em uma seção extra para melhor entendimento.

#### *3.3.8.5 Sistemática para Replanejamento de Serviços*

Todas as Ordens, até aquelas que já foram concluídas, podem ser editadas em certas informações. Para realizar o replanejamento do serviço, seja adicionando etapas que não haviam sido previstas, seja reprogramando a atividade, pode ser feito direito no cadastro de cada informação. Uma vez criada a OS, basta entrar novamente nela para que suas informações possam ser editadas ou complementadas. Já para edição de serviços, sintomas, defeitos, informações de peças entre outros, o usuário pode mudar as informações ou no cadastro (caso sejam alterações de cunho permanente) ou muda-las no momento da edição da OS.

Reprogramações podem ser feitas, também, dentro do Calendários de Serviços.

#### *3.3.8.6 Indicadores Relativos a Histórico de Manutenção*

Todos os tópicos com relação à indicadores foram concentrados em uma seção extra para melhor entendimento.

#### *3.3.8.7 Indicadores Relativos à Confiabilidade de Equipamentos*

Todos os tópicos com relação à indicadores foram concentrados em uma seção extra para melhor entendimento.

#### *3.3.8.8 Facilidades de consulta e Relatórios Disponíveis*

Existem, dentro da seção de verificação, um pilar focado em relatórios, onde é possível gerar relatórios de tudo o que foi cadastro no sistema, tendo dezenas de parâmetros de pesquisa. É possível, também, extrair relatórios de equipamentos e tags a partir de pontos da ficha técnica como filtro.

Os relatórios disponíveis no pilar RELATÓRIOS são: Cadastro, Quantitativo, Análise de Equipamento, Equipamento, TAG e Ficha Técnica, Descritivo, Relatório de Máquina Parada, Desempenho da Manutenção, Certificado de Manutenção, Consumo de OS programada, Consulta de Localização, Equipamento com ficha técnica e PMOC - OS's Concluídas.

Na Figura 34 pode-se verificar o exemplo dos campos de preenchimento do relatório De cadastro de OS.

Figura 34 – Campos Relatório de Cadastro de OS

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

O sistema se torna um pouco confuso à primeira vista, no quesito de não ser intuitivo para gerar algumas informações, pois dá acesso a inúmeros parâmetros de pesquisa e filtro

e indica que todos devem estar preenchidos para gerar os relatórios. Contando com dezenas de parâmetros, alguns deles possuindo mais de uma tabela com a mesma nomenclatura. No momento da consulta ao manual, não é claro a utilizando dos relatórios, necessitando de um pouco de prática para conseguir gerar os relatórios da forma correta.

Alguns pilares contam com sua própria forma de consulta às informações de maneira mais direta, sem precisar realizar consultas à relatórios.

### ***3.3.9 Gerência de Equipamentos***

Neste tópico, o software SIGMA será analisado quanto aos critérios de gerência de equipamentos, verificando as tabelas de informações, codificação de peças, de máquinas, e metodologias para cadastro de informações técnicas, , registro da manutenção e acompanhamento desse histórico a partir de TAGs.

#### ***3.3.9.1 Tabelas Existentes***

Avalia-se as tabelas existentes em 3 aspectos, sendo eles: Definição de Classes de Equipamento, Indicação de intercambiabilidade de Peças e Codificação de sintomas, causas, defeitos e soluções.

##### ***3.3.9.1.1 Definição de Classes de Equipamentos***

Os equipamentos podem ser agrupados de acordo com certos parâmetros, sendo o principal dele por família. A criação de uma família pode indicar que os equipamentos pertencem a uma mesma classe e possuem características comuns entre si, como características técnicas semelhantes, padrões de defeitos, soluções, sintomas. Normas técnicas também podem ser compartilhadas por família, as intervenções e os índices de criticidade.

Além de equipamentos, também se pode criar famílias de peças e funcionários, que partilhariam também de alguma informação semelhante.

A Figura 35 demonstra as informações que podem ser preenchidas no cadastro de um Família.

Figura 35 – Cadastro de Famílias

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

A utilização de famílias é importante para organizar a estrutura e facilitar a identificação de padrões entre as informações cadastradas.

### 3.3.9.1.2 Indicar Intercambiabilidade de Peça

Não foi encontrado, além do agrupamento em famílias, a possibilidade de indicar a intercambiabilidade de peças, não de forma clara e objetiva.

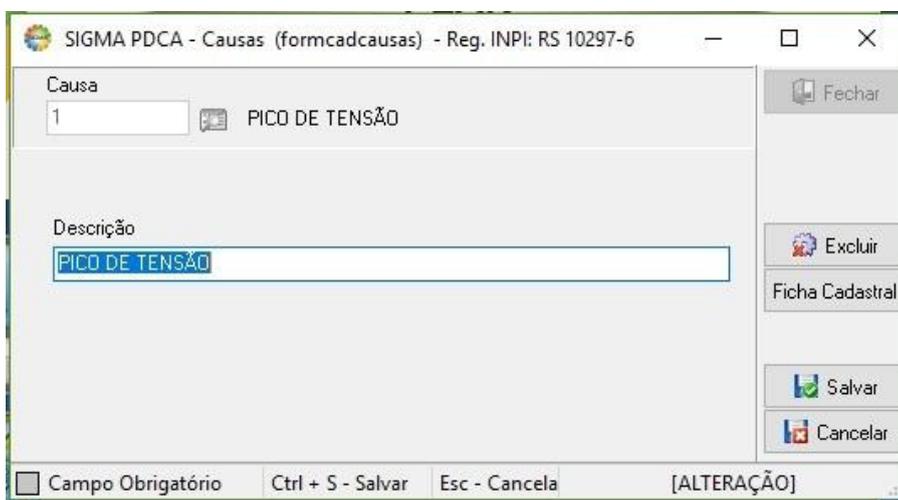
Como sugestão, pode-se utilizar o conceito de família para agrupar peças que possuem exatamente a mesma funcionalidade, podendo consultar para saber a possibilidade de usar uma no lugar de outra.

### 3.3.9.1.3 Codificar Sintomas, Causas de Falhas, Defeitos e Soluções Adotadas

No SIGMA é possível realizar o cadastro de sintomas, causas, defeitos e soluções separadamente, existindo sua conexão no momento do preenchimento da conclusão das ordens ou a adição de novas informações e observações no momento da realização da manutenção. A causa e a solução possuem informações de cadastro básicas, contendo apenas a descrição detalhada como opção de preenchimento.

A Figura 36 mostra a tela de cadastro de causas.

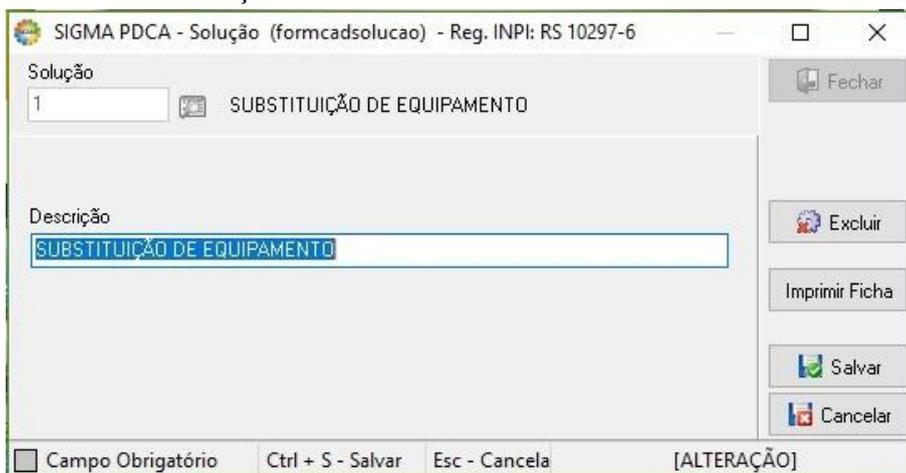
Figura 36 – Cadastro de Causa



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Já a figura 37 mostra a tela de cadastro de soluções.

Figura 37 – Cadastro de Solução



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

O defeito, recebe um nível de informações maior, visto a necessidade do gestor da manutenção necessitar de um maior detalhe. As informações preenchidas são área que realizará

a manutenção, nível de criticidade, tempo estimado de correção, taxa e unidade de reincidência e o responsável, como mostrado na Figura 38.

Figura 38 – Cadastro de Defeitos

The screenshot shows a software window titled "SIGMA PDCA - Defeito (formcaddefeito) - Reg. INPI: RS 10297-6". The main form area contains the following fields and values:

- Defeito:** 2
- Descrição:** CONTROLE QUEBRADO
- Tempo Estimado:** 00:15
- Reincidência:** (empty field)
- Unidade da reincidência:** (empty field)
- AREA\_CODIG:** MPRED
- Responsável:** MANUTENÇÃO PREDIAL

On the right side, there is a vertical toolbar with buttons: Fechar, Excluir, Imprimir Ficha, Salvar, and Cancelar. At the bottom, a status bar displays:  Campo Obrigatório, Ctrl + S - Salvar, Esc - Cancela, and [ALTERAÇÃO].

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

O Sintoma, como já explicado, possui informações mais detalhadas e pode ser vinculado a serviços padrões previamente cadastrados.

O sistema de codificação para os fatores acima é de livre escolha do planejador, mas sugere-se que exista um padrão a ser seguido para facilitar a gestão da informação.

### 3.3.9.2 Metodologia para Definição de Características Técnicas de Equipamentos

Existe um cadastro chamado de ficha técnica, onde é possível cadastrar uma série de informações técnicas para uma família, com os dados preenchidos da maneira correta, poderá ser usado como parâmetro para efetuar novas compras ou troca de equipamentos.

Normalmente, essas informações vêm junto do manual da máquina/equipamento. Após criada uma ficha técnica, é necessário, caso não existem, criar itens para compor a ficha, como nome do fabricante, modelo, potência, eficiência e etc.

Na Figura 39 mostra-se a tela de cadastro de ficha técnica e seus respectivos campos de preenchimento.

Figura 39 – Ficha Técnica

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Salienta-se que, inicialmente, criam-se os parâmetros da ficha e cadastra, posteriormente, para cada máquina ou peças seus itens técnicos, informando item a item as informações. Normalmente, tais informações são dadas no manual oferecido pelo fornecedor dos produtos e equipamentos.

### 3.3.9.3 Metodologia de Registro de Histórico de Manutenção.

Todas as OS, não importando a origem, ficam armazenados do histórico de cada equipamento. Entrando na ficha cadastral da máquina, é possível realizar a impressão do histórico da manutenção, onde estarão listadas todas as OS que já foram realizadas, assim como as atividades que foram feitas, pendências e horas lançadas. O registro é feito de maneira automática a medida que as manutenções são realizadas.

Na Figura 40, pode-se observar a ficha cadastral das Máquinas e as informações que podem ser verificadas.

Figura 40 – Ficha Castral Máquina

SIGMA PDCA - Máquinas (formcadmaq) - Reg. INPI: RS 10297-6

**Máquina** LAMINO **Aviso de Pendências** 1 OSs pendentes! **Disponibilidade** 100,00% **Confiabilidade** 36,79% **MTBF** 720:00 **2 Dias 12:49 Hrs**  Máquina Desativada

Descrição Máquina: LAMINADORA DE AÇOS ESPECIAIS Criticidade: 5 N° Patrimonial: 1234

Dados Técnicos | Cadastros | Imagens | Consultas | Indicadores

Carga Máquina

**Família** LAMIN CONJUNTO DE LAMINADORAS

**Centro de Custo** CCM320 MANUTENÇÃO

Célula

Processo

**Setor** LAMIN LAMINAÇÃO

Departamento IND DEPARTAMENTO INDUSTRIAL

**Metas da Manutenção**

|                  |                      |                 |   |
|------------------|----------------------|-----------------|---|
| Máquina Parada   | Total Máquina Parada | Totais do Setor | Disponibilidade de Horas / Dia            |
| 5 %              | __00:10              | R\$             | 24:00                                     |
| Custo Manutenção | Custo Manutenção     | R\$             | Disponibilidade de Horas Parada/Dia       |
| 10 %             | R\$ 6.000,00         | R\$             | 00:00                                     |
| Faturamento      | R\$ do Faturamento   | R\$             | Tempo de Parada Acumulado                 |
| 15 %             | R\$ 120.000,00       | R\$             | __:__                                     |
| SLA              |                      |                 | Período                                   |
| __00:00          |                      |                 | <input type="text"/> <input type="text"/> |
|                  |                      |                 | Peso da Produção                          |
|                  |                      |                 | 0   |

Campo Obrigatório Ctrl + S - Salvar Esc - Cancela [ALTERAÇÃO]

Fechar Configurações QRCode Excluir Atu TAG-DIV Imagem Imprimir Histórico OS Ficha Técnica Gráficos de Metas MTBF MTRR Disponibilidade Certificado de Man. Características Imprimir Ficha Lembrete Salvar Cancelar

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Além disso, mais detalhes ou outros parâmetros de pesquisa podem ser retirados na parte de relatórios do software.

#### 3.3.9.4 Metodologia para Registro de Dados técnicos Relativos à Manutenção

Como citado anteriormente, o registro de informações é feito de maneira automática, a medida que os processos vão sendo realizados e baseado no que foi cadastrado previamente no banco de dados do software. A cada mudança e realização de um serviço, cria-se um histórico de alterações, sejam elas de origens financeiras ou técnicas.

### *3.3.9.5 Possibilidade de Acompanhamento de Históricos de Equipamentos por Indivíduo e por TAG*

O histórico de manutenção cadastrada para um equipamento pode ser visualizado dentro de sua própria matrícula ou um resumo mais gerencial pode ser encontrado dentro da aba de relatórios, onde é possível puxar o histórico de OS de maneira resumida, pesquisando por Máquina, TAG ou Equipamento, escolhendo entre mais alguns filtros de pesquisa ou de ordem.

### *3.3.10 Administração de Estoque*

Neste tópico o software SIGMA será analisado quanto sua capacidade de gestionar materiais, desde sua compra até sua utilização.

#### *3.3.10.1 Facilidade de Agrupamento de Materias por Área de Utilização, tipo de equipamento, forma de aquisição, faixa de custo, etc.*

No momento do cadastro de materiais e peças, é possível preencher uma série de dados e categorizá-los baseando-se nos equipamentos a qual são usadas, máquina, TAG, fornecedor, categoria, família, setor, e uma série de outras informações. Tais filtros podem ser usados como filtro para gerar relatórios.

#### *3.3.10.2 Formas de Controle de Ressuprimento e de Estoque*

No cadastro das peças também é possível fazer a indicação do estoque mínimo e estoque máximo permitido, assim como o cadastro de outras informações.

A Figura 41 mostra a ficha cadastral das peças e as suas informações de preenchimento.

Figura 41 – Cadastro de Peças

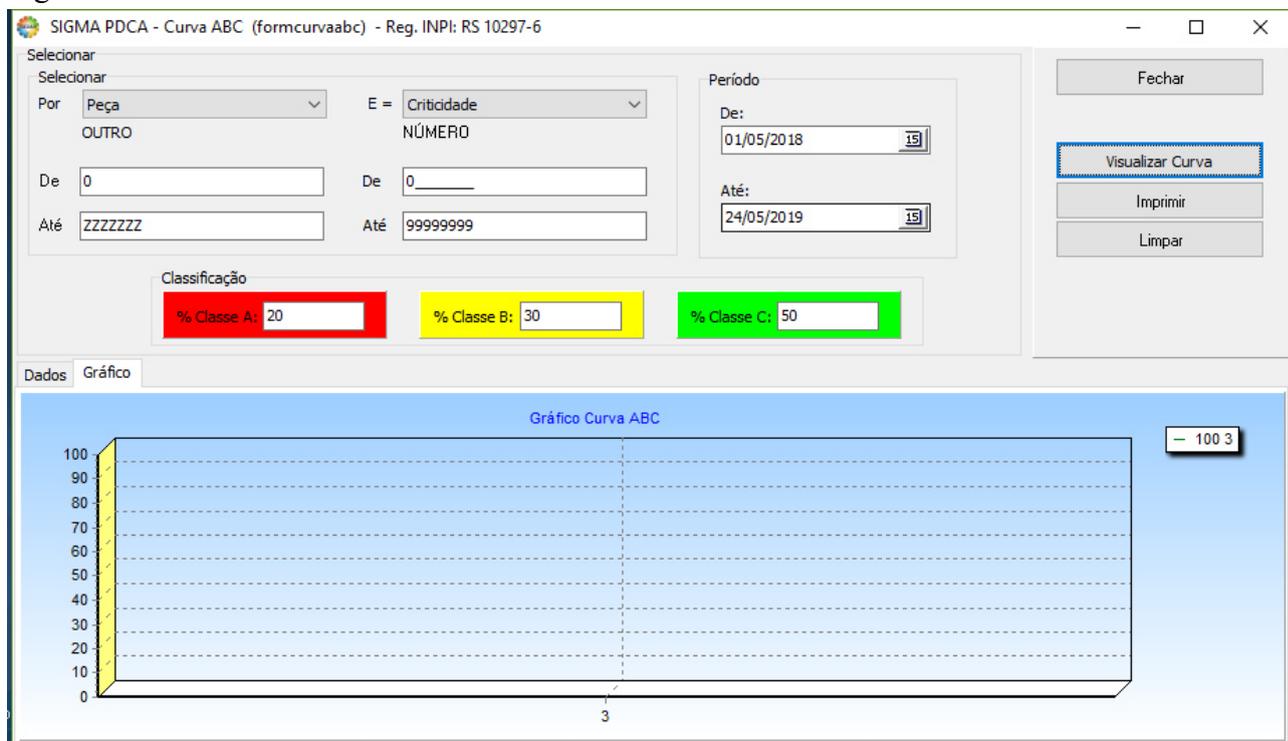
The screenshot shows a software window titled "SIGMA PDCA - Peças (formcadsobressalentes) - Reg. INPI: RS 10297-6". The main area is a form for registering a part. It includes various input fields for identification, pricing, inventory, and technical details. A sidebar on the right provides additional actions like "Fechar", "QR Code", "Excluir", "Imagem", "Garantias", "Grupo", "Sub Grupo", "Classificação", "Ficha Técnica", "Categoria", "Imprimir Ficha", "Calc. Valor Médio", "Proc. Hist. Mov", "Salvar", and "Cancelar". At the bottom, there are checkboxes for "Campo Obrigatório" and "Ctrl + S - Salvar".

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

As principais ferramentas de controle de estoque é a possibilidade da definição da curva ABC, onde é possível plotar uma curva baseando-se em critérios, onde o usuário define os 2 parâmetros de base e as porcentagens das curvas, gerando assim o gráfico de pareto ou curva ABC do estoque.

A Figura 42 mostra os campos para configuração e extração da curva ABC.

Figura 42 – Curva ABC



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Existem também relatório de Estoque mínimo, onde é possível, a partir de diversos parâmetros básicos, visualizar os materiais que estão dentro ou abaixo do estoque mínimo. Além disso, é possível ver o histórico de movimentação de peças.

### 3.3.11 Facilidades de Requisição de Materiais por Parte do Usuário

É possível realizar a requisição de material a partir de um pedido avulso, dentro da seção de Execução, no pilar MOVIMENTAÇÃO DE MATERIAL ou realizar a requisição já dentro de uma OS. O fluxo da requisição de material é simples. Cria-se a requisição preenchendo as informações básicas como código do material, centro de custo, preço estimado e a quantidade.

É possível, também, indicar observações gerais, como indicado na Figura 43.

Figura 43 – Criação da RM

Requisição de Material

1

Compra

Centro de Custo: CCM320 MANUTENÇÃO

Conta Contabil: Solicitante: Tales

Tipo de Requisição:  Almoxxarifado  Compra

Área Exec. do Avaliador: MELE

Data Pedido: 15/04/2019 Hora Pedido: 20:51:59 Data Limite: // Nível: Comprador:

Motivo: material em estoque mínimo Endereço de Entrega:

| Peça | Qtde | Valor Estimado | OS |
|------|------|----------------|----|
| 2    | 5    | 1196,8         |    |

Peça: Val. Estim.: 96,849976 Quantidade: 0

Observação por Peça:

Observação Geral: ATUALIZAÇÃO DE MATERIAS EM ESTOQUE MÍNIMO

Classificação: Setor: Unidade:

Requisições / Peças

Campo Obrigatório Ctrl + S - Salvar

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

A requisição sendo criada, ela vai para o circuito de aprovação. Onde o responsável fará a validação do documento e fará a aprovação da requisição.



Na Figura 45 observa-se a tela de aprovação de pedido.

Figura 45 – Aprovação de Pedido de Compra

The screenshot shows the 'SIGMA PDCA' software interface. The main window title is 'SIGMA PDCA - (formaprovapedidocompras) - Reg. INPI: RS 10297-6'. The interface is divided into several sections:

- Top Left:** 'Data Limite Inicial' (15/04/2019) and 'Data Limite Final' (17/04/2019).
- Top Center:** 'Selecionar Funcionário' with radio buttons for 'Pendentes', 'Aprovadas', and 'Reprovadas'.
- Top Right:** Search fields for 'Por:' (Requisição de Material), 'De:' (0), and 'Até:' (//////). A 'Pesquisar' button is also present.
- Table:** A table with columns: 'Código Peça', 'RM', 'Fornecedor', 'Qtde Requisitada', 'Qtde Compra', 'X', 'Custo Unitário', '=', and 'Custo Total'. Two rows are visible:
 

| Código Peça | RM | Fornecedor | Qtde Requisitada | Qtde Compra | X | Custo Unitário | = | Custo Total |
|-------------|----|------------|------------------|-------------|---|----------------|---|-------------|
| 2           | 1  |            | 5                | 5           | X | R\$ 0,000000   | = | R\$ 0,00    |
| 2           | 1  |            | 1                | 6           | X | R\$ 0,000000   | = | R\$ 0,00    |
- Bottom Left:** 'Fornecedor' and 'Desconto:' fields.
- Bottom Center:** 'Qtde Compra:' field with value '5,00' and a 'Salvar' button.
- Bottom Right:** Summary fields: 'Custo Peça' (R\$ 1.196.849976), 'Data Limite' (17/04/2019), 'Qtde Sugerida' (10), 'Motivo' (material em estoque mínimo), and 'Desc. Peça' (Motor Elétrico Nova Monofásico 3cv 2 Polos).
- Right Panel:** A vertical menu with buttons: 'Fechar', 'Configurações', 'Aprovar', 'Reprovar', 'Tomar Pendente', 'Observação', 'Imprimir', and 'Impressão Simplificada'.
- Bottom Bar:** Navigation buttons: 'Início', 'Universo SIGMA', 'Configurações', 'Ajuda', 'Check-SIGMA', and 'Sair'.

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Após esse processo, o pedido é enviado diretamente para o fornecedor, para que ele possa seguir com o procedimento. A emissão ou recebimento de quaisquer notas fiscais não é feito dentro do software SIGMA.

### 3.3.11.1 Facilidades de Consulta a Saldos de estoque

No momento da solicitação de retirada de materiais, no momento da entrada em estoque e nas requisições e pedidos de compra, é possível visualizar claramente o estoque da peça que está sendo atendida. Além disso, com os relatórios de estoque mínimo, curva ABC, relatório de valorização, histórico de movimentação de peças e relatório de peças consumidas, é possível consultar facilmente os saldos de estoque das peças, agrupando-as de acordo com a necessidade da informação.

Além disso, no momento de retirada de peças, ele alerta quando se atinge o estoque mínimo, como consta na Figura 47.

Figura 46 – Aviso de Estoque Mínimo

The screenshot shows the 'SIGMA PDCA - Saída de Peças' window. The form contains the following data:

- RM: [Empty]
- Cod. OS: 1 (Motivo: Motor não liga)
- Centro de Custo: CCM320 (MANUTENÇÃO)
- Data: 15/04/2019
- Hora: 20:28:40
- Funcionário: 2 (NICOLAS COSTA BARRETO)
- Documento: [Empty]
- Aprovação: [Empty]
- Solicitante: [Empty]
- Motivo: [Empty]
- Peça: [Empty]
- Observação: [Empty]
- Estoque Atual: 0
- Cód Devolução: [Empty]

The table below the form displays the following data:

| Peça   | Custo Unitário | Quantidade | Depto. | Cod. OS |
|--|----------------|------------|--------|---------|
| 2 - Motor Elétrico Nova Monofásico 3cv 2 Polos | 1.196,849976   | 1          |        | 1       |

The modal alert box is titled 'Atenção! - 300' and contains the message 'Estoque MÍNIMO atingido!' with an 'OK' button.

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Uma tela de aviso também surge quando não há mais peças em estoque.

### 3.4 Outras Interfaces

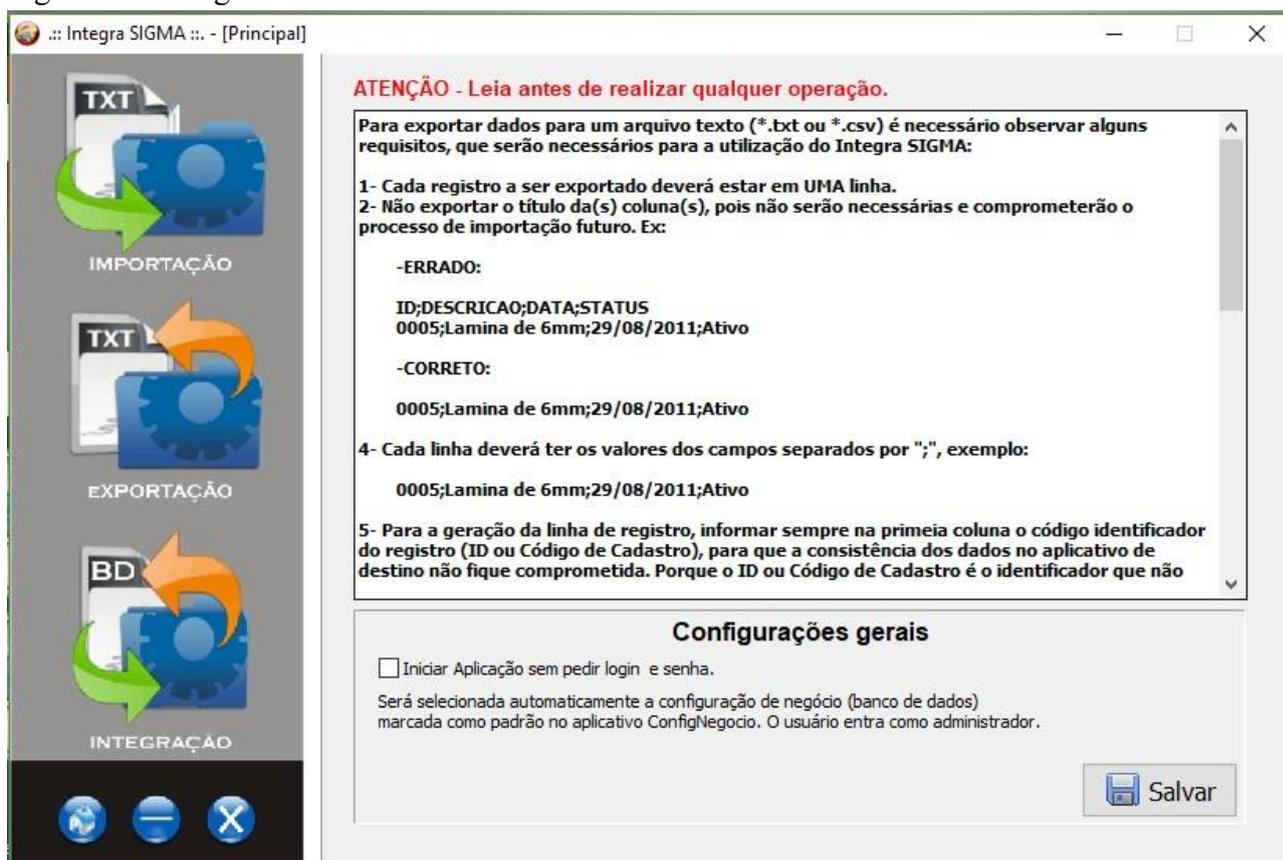
O SIGMA não possui uma interface direta com qualquer outro sistema, mas como seu funcionamento é a partir de um banco de dados, existe uma ferramenta de extração e importação de dados, que torna possível a migração e o trabalho com as informações em outras plataformas.

Outro detalhe é a possibilidade de automatização no processamento de dados e criação de algoritmos lógicos para criar avisos ou eventos e a partir da aplicação Controle Lógico Programável (CLP) Virtual , a partir de uma programação em JAVA. Junto dessa ferramenta, o SIGMA dispõe da aplicação Monitor PC, uma ferramenta que possibilita o armazenamento de dados coletados da máquina, como por exemplo, informações de vibração, em um banco de dados, possibilitando a transmissão aos funcionários a partir de seus aparelhos celulares.

Além disso, é possível a criação de alertas por e-mail, sms ou alarmes luminosos em caso de eventos ou anomalias diversas, permitindo os mantenedores e gestores da manutenção tenham conhecimento no momento que ocorre.

Com a integração das aplicações acima, se torna possível criar um fluxo lógico que pode criar SS ou OS a partir de uma informação retirada e tratada em tempo real de um equipamento, possibilitando a ação imediata. A Figura 49 mostra a tela da Aplicação Integra SIGMA.

Figura 47 – Integra SIGMA



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

O SIGMA também conta com diversas aplicações de apoio. Como EWO (*Emergency Work Orders*) para criação de OS de urgência, onde é possível também fazer a análise do problema

e criação de planos de ação para correção.

O software possui, também, a possibilidade de análise de criticidade a partir de uma matriz GUT ou com um pequeno questionário baseado em alguns critérios para seu cálculo.

Além disso, o SIGMA conta com um módulo com Plano de Manutenção, Operação e Controle (PMOC), para gestão da manutenção baseado exigência da Anvisa para locais que possuem ambientes climatizados. Onde vem com uma predefinida base de dados. Conta com um módulo de gestão da lubrificação e diversos outros módulos de acessos externos para gestão de processos sem necessidade de ingressar no módulo principal.

### ***3.4.1 Pontos Complementares***

#### ***3.4.1.1 Indicadores***

Os indicadores da manutenção são um dos principais pontos de gestão da área de Manutenção de uma empresa, onde são estabelecidas metas a partir de estratégias e históricos anteriores.

As informações de metas já começam a aparecer no cadastro dos departamentos, onde é possível estabelecer metas para disponibilidade, indisponibilidade e informações de faturamento e gerar um gráfico de metas baseado em um intervalo de tempo e os serviços executados em tal intervalo.

Na Figura 48 é possível visualizar, no cadastro de Departamento, a área de inclusão das metas.

Figura 48 – Criação de Departamento (metas)

SIGMA PDCA - Cadastro de Departamento (formcaddepto) - Reg. INPI: RS 10297-6

Departamento: IND **Aviso de Pendências**: 1 OSs pendentes!

Dados Gerais | Dados Adicionais

Descrição: DEPARTAMENTO INDUSTRIAL

Disponibilidade de máquina / Mês  
 Horas Trabalhadas/ Dias do Mês: 24 Hs / 30 720:00H

Indisponibilidade de Máquina/Mês  
 Metas da Manut (%): 5 % Total de Horas: 36:00

Faturamento / Custo Manutenção  
 Total Faturamento: R\$ 2.000.000,00 (% para Manutenção: 10 %)  
 Custo Manutenção: R\$ 200.000,00

Links | **Setores** | Anexos

Máquina  Tag  Equipamento

Fechar, Excluir, OS, Gráficos de Metas, Salvar, Cancelar

Campos Obrigatórios | Ctrl + S - Salvar | Esc - Cancela | [ALTERAÇÃO]

Versão: 2018.0.583.1639

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Já no cadastro das máquinas, é possível cadastrar informações como % de máquina parada, custos da manutenção e faturamento, baseando-se no valor predefinido de seu departamento.

Ainda na ficha de cadastro, é possível visualizar informações como gráfico de meta, seu indicador MTBF (Tempo Médio Entre Falhas), MTTR (Tempo Médio para Reparo) disponibilidade.

A Figura 49 mostra a ficha cadastral da máquina.

Figura 49 – Ficha Cadastral Condicionador de Ar

**SIGMA PDCA - Máquinas (formcadmaq) - Reg. INPI: RS 10297-6**

**Máquina** split01 **Aviso de Pendências** Nenhuma OS pendente! **Disponibilidade** 0,00% **Confabilidade:** 0,00% **MTBF** 00:00 **Em produção**  Máquina Desativada

**Descrição Máquina** Condicionador de ar Split Hi'Wall Elgin Eco Power 9000 BTUs Frio 220V **Criticidade** 0 **Nº Patrimonial** 001

**Dados Técnicos** | **Cadastros** | **Imagens** | **Consultas** | **Indicadores**

**Carga Máquina**

**Família** CONDAR EQUIPAMENTOS DE CONDICIONAMENTO DE AR E

**Centro de Custo** CCM320 MANUTENÇÃO

**Célula** COMP ÁREA DE COMPRAS

**Processo**

**Setor** ADM ADMINISTRAÇÃO

**Departamento** IND DEPARTAMENTO INDUSTRIAL

**Metas da Manutenção**

|                  |                      |                 |                                     |
|------------------|----------------------|-----------------|-------------------------------------|
| Máquina Parada   | Total Máquina Parada | Totais do Setor | Disponibilidade de Horas / Dia      |
| 0 %              | __00:00              | R\$ 00:00       | 00:00                               |
| Custo Manutenção | Custo Manutenção     | R\$ 0           | Disponibilidade de Horas Parada/Dia |
| 0 %              | R\$ 0,00             | R\$ 0           | 00:00                               |
| Faturamento      | R\$ do Faturamento   | R\$ 0           | Tempo de Parada Acumulado           |
| 0 %              | R\$ 0,00             | R\$ 0           | __:__                               |
| SLA              |                      |                 | Período                             |
| __00:00          |                      |                 | __:__                               |
|                  |                      |                 | Peso da Produção                    |
|                  |                      |                 | 0                                   |

Campo Obrigatório **Ctrl + S - Salvar** **Esc - Cancela** [ALTERAÇÃO]

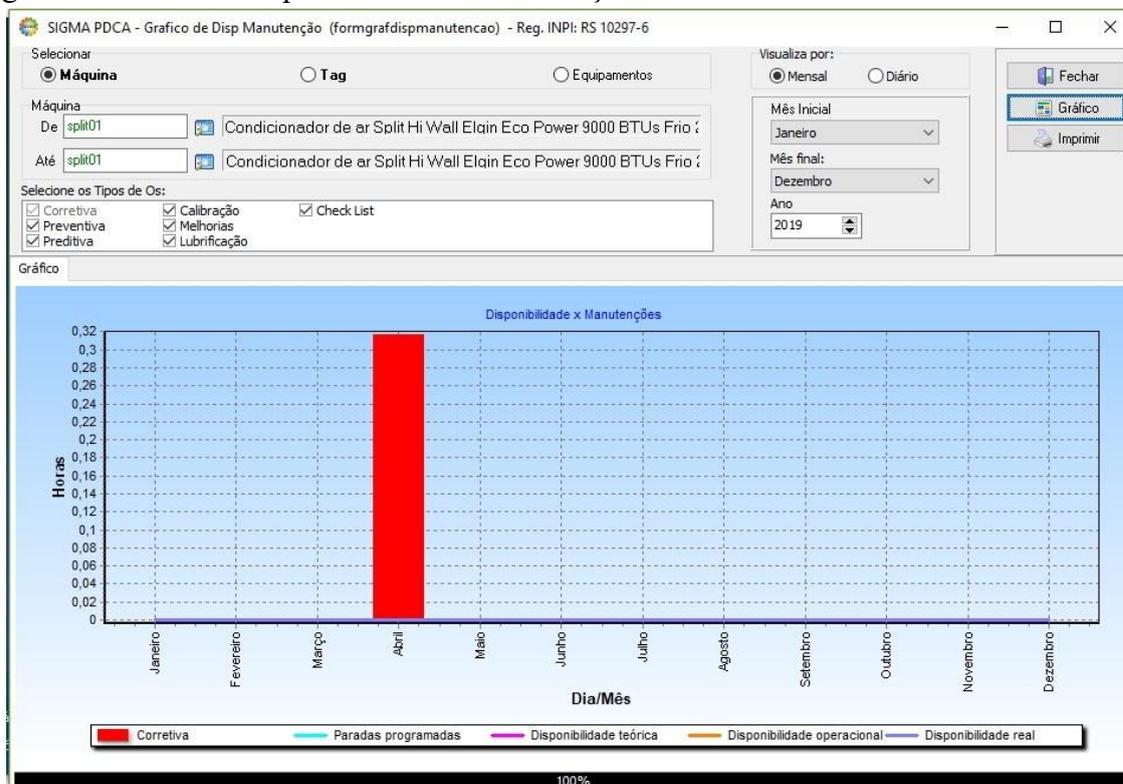
**Fechar** **Configurações** **QRCode** **Excluir** **Atu TAG-DIV** **Imagem** **Imprimir Histórico** **OS** **Ficha Técnica** **Gráficos de Metas** **MTBF** **MTTR** **Disponibilidade** **Certificado de Man.** **Características** **Imprimir Ficha** **Lembrete** **Salvar** **Cancelar**

Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Ao selecionar os indicadores MTBF e MTTR, é possível selecionar o intervalo desejado de cálculo e se deseja vincular a algum sintoma específico.

Já na disponibilidade, pode-se fazer o mesmo agrupamento, mas ele gera automaticamente um gráfico Disponibilidade x Manutenções, como indicado na Figura 50.

Figura 50 – Gráfico Disponibilidade x Manutenção



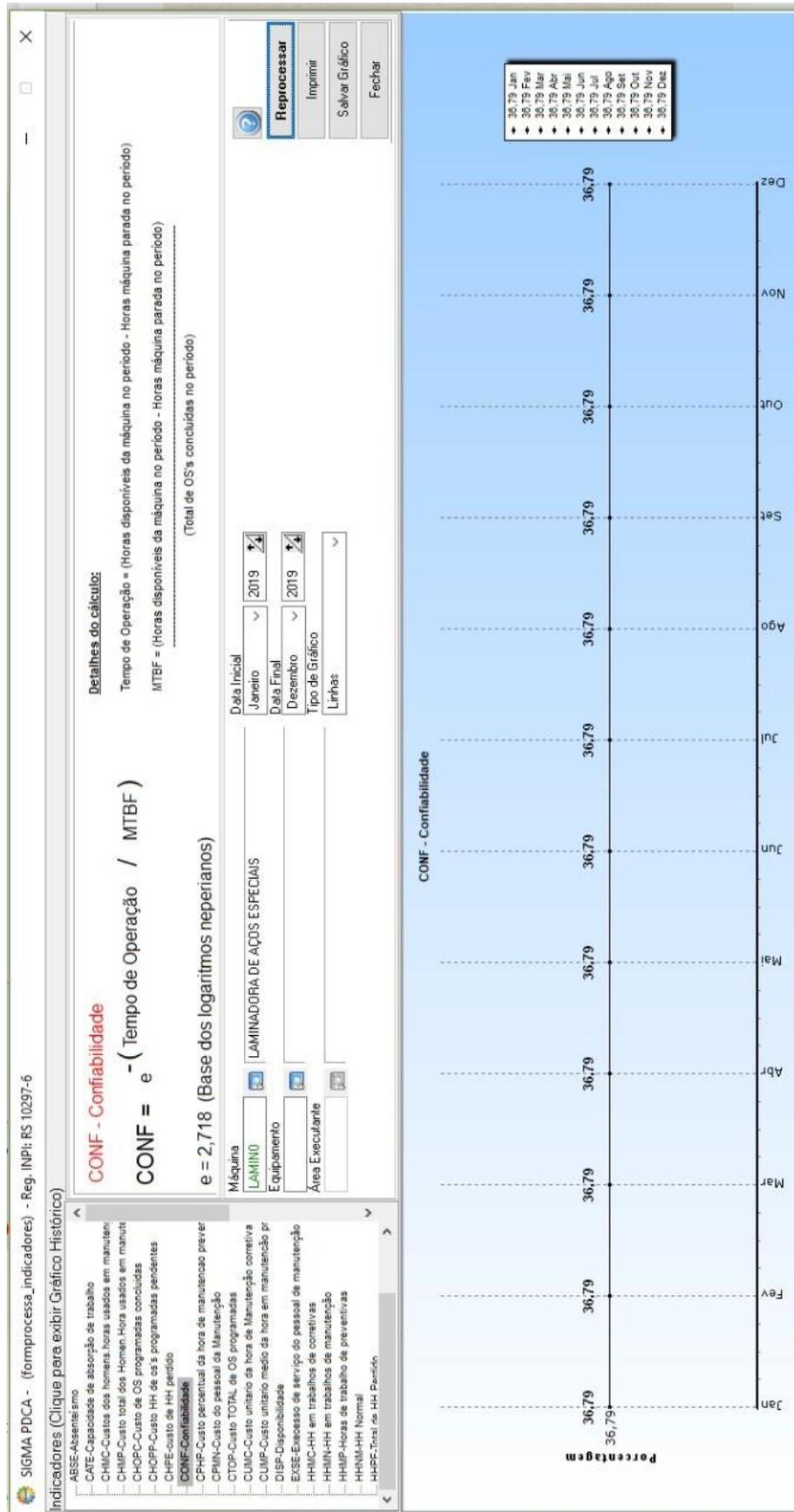
Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Já dentro da ficha cadastro de funcionário, é possível extrair o indicador MTTR.

Na seção de verificação, tem-se o pilar de KPI, onde é possível visualizar os principais indicadores da manutenção, sendo eles MTBF, MTTR, BACKLOG, Tempo Real de Início e o índice de retrabalho. Cada aba possui um gerador de gráfico e uma página para verificação dos valores.

Além disso, o SIGMA conta com um gerador de gráfico para o KPI contendo 36 indicadores, apresentado a fórmula de cálculo e dando as opções de intervalo de tempo e parâmetro de filtro para processar as imagens, um exemplo é apresentado na Figura 51.

Figura 51 – Resumo Indicadores por Máquina



Fonte: Captura da Tela do Software SIGMA

Diante disso, percebe-se que o software SIGMA conta com um suporte para o acompanhamento de indicadores, facilitando as tomadas de decisão.

### **3.5 Considerações Finais sobre o Estudo de Caso**

Chega-se, portanto, ao final do estudo de caso apresentando um quadro resumo com as principais conclusões sobre cada um dos critérios avaliados.

A Figura 52 mostra a primeira parte no quadro resumo e a Figura 53 mostra a segunda parte do quadro resumo.

Figura 52 – Quadro Resumo Parte 1

| Critério | Descrição   | Atende? Não Atende/ Atende Parcialmente | Observações  |
|----------|---|---|--|
| a        | Equipamentos necessários para o software (microcomputador, Vax, HP, Edisa, AS-400.etc.) | Atende                                  | O software SIGMA não necessita de máquinas potentes, sua configuração é intermediária e de fácil aquisição nos dias de hoje  |
| b        | O sistema funciona em rede ou é monousuário?  | Atende                                  | O software SIGMA é conectado em rede, possuindo 3 tipos de acesso distintos. Além disso, conta com diversos módulos externos para acesso em rede   |
| c        | O sistema, se em rede, dispõe de módulo de solicitação de serviços?                     | Atende                                  | O software SIGMA possui um módulo separado para criação de Solicitações de Serviço, podendo ser acessado também pela interface principal   |
| d        | Facilidades para Planejar o Serviço   | Atende                                  | O Software SIGMA conta com diversos auxílios para facilitar o planejamento dos serviços, como a adequação de custos e recursos automaticamente, a medida que as informações vão sendo lançadas nas ordens. Além disso, é possível detalhar o serviço, apontar responsáveis e indicar horários de início e término. Não foi possível testar o módulo de Gerenciamento de Projeto por falta de acesso                                    |
| e        | Parâmetros de Controle  | Atende                                  | O software SIGMA conta com uma boa capacidade de registro de informações e possui formas fáceis de visualizá-las, seja em árvores lógicas, seja em fichas cadastrais. Possui tabelas com informações e capacidade de controle de disponibilidade por indicadores ou por avisos nos lançamentos e criação de ordens   |
| f        | Programação dos Serviços  | Atende                                  | O software SIGMA conta com uma boa metodologia para programação de serviços, um ponto relevante é a apresentação de um calendário geral no período de um ano, onde é possível criar ordens, reprogramá-las, visualizar carta Gantt para serviços diários e realizar outras programações  |
| g        | Controle da Execução dos Serviços   | Atende                                  | O software SIGMA possui um sistema de pendências que ao serem adicionadas às ordens, bloqueiam a continuação do serviço até sua retirada. Além disso, todas as informações ingressadas para as máquinas são convertidas em informações de histórico e podem ser usadas posteriormente. Um ponto a se trabalhar é tornar a geração de relatório mais intuitiva, retirando as colunas duplicadas e a possibilidade de usar menos filtros |

Fonte: Elaborado pelo Autor

Figura 53 – Quadro Resumo Parte 2

| Critério | Descrição                 | Atende? Não Atende? Parcialmente | Observações  |
|----------|---------------------------|----------------------------------|--|
| h        | Gerência de equipamentos  | Atende                           | O software SIGMA, apesar de não possuir indicação direta de intercambiabilidade de peças, possibilita o agrupamento de informações por família, atribuindo uma série de dados técnicos e informações semelhantes. Nele, é possível, também, realizar o acompanhamento por TAG e outras codificações desejadas  |
| i        | Administração de Estoques | Atende                           | O software SIGMA possui um sistema completo de controle de suprimentos. No momento da retira de peças, ele pode indicar a falta do material ou alerta estoque mínimo, já dentro da OS é possível realizar a requisição de material, no módulo de gestão de estoque, pode-se aprovar as requisições e criar pedidos, que são enviados diretamente para os fornecedores. No software existem vários relatórios de estoque e informações de apoio |
| j        | Outras Interfaces         | Atende                           | Apesar de possibilitar a interface direta com outros sistemas de uma empresa, como o contábil, o software SIGMA dispõe de uma série de facilidades como o acesso a CLP para monitoramento das máquinas, a extração de informações via banco de dados para manejear as informações externamente. Ele conta, também, com um aplicação <i>mobile</i> . Além disso, o SIGMA conta com diversas aplicações próprias separados em seus módulos.      |
| Extra    | Indicadores               | Atende                           | O software SIGMA conta com uma sessão focada nos indicadores da manutenção, contando com cerca de 36 indicadores em seus relatórios e geração gráfica. Além disso, é possível ter acesso direto à resumos nas fichas das máquinas e funcionários, apresentando os principais indicadores de forma resumida e de fácil acesso   |

Fonte: Elaborado pelo Autor

#### 4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

No presente trabalho, analisou-se o software SIGMA, criado pela empresa Rede Industrial em parceria com o SENAI Nacional, seguindo critérios criados pelo Engenheiro Gilberto Antonio Adamatti e apresentado por Kardec e Nascif (2001) para a avaliação de um *Computerized Maintenance Management System*.

Ao longo da revisão bibliográfica foi possível identificar os principais conceitos da gerência da manutenção para a análise de um CMMS, em destaque para os conceitos de planejamento e controle de manutenção, sistemas de gestão da manutenção, indicadores da manutenção e os tipos de manutenção.

Por meio da revisão bibliográfica identificou-se, também, os principais parâmetros capazes de orientar a avaliação de um CMMS, dentre tais parâmetros estão os requisitos mínimos do software, as funcionalidades são em rede ou apenas monousuários, quais as facilidades apresentadas para o planejamento, programação e gestão da execução do serviço, quais os parâmetros de controles, tabelas e funcionalidades, quais outras interfaces o software possui, como é feita a gestão de equipamentos e recursos e se ele apresenta funcionalidade de administração de estoques. Além disso, constatou-se, também, as principais características de um CMMS, em destaque está o processamento de solicitações de serviço, a capacidade de planejar, programar e gerenciar a execução de serviços, além de possibilitar o registro dos recursos utilizados, gerir a carteira de serviços e gerenciar os padrões de serviços e recursos.

Através do estudo de caso, constatou-se que o software SIGMA atendeu aos critérios analisados. Diante dessa análise, salienta-se que o SIGMA é que contempla todas as atividades do PCM, além disso, a interface apresentada para a programação, possibilitando a visualização de todas as ordens em um calendário, facilita as tarefas do programador. Ele conta, também, com um sistema de armazenamento de informação em seus bancos de dados, possibilitando a geração dos mais diversos relatórios. Em contrapartida, não é intuitivo gerar tais relatórios, necessitando de um conhecimento mais profundo dos filtros e informações necessárias. Além disso, apesar de ter diversos módulos de apoio e a possibilidade de extrair seu banco de dados, ele não possui compatibilidade com módulo financeiro e aporte para outros sistemas.

Assim, conclui-se que o objetivo geral foi atendido, uma vez que o software SIGMA foi analisado por meio dos critérios propostos para a avaliação de um CMMS e verificou-se que ele atendeu a tais critérios. Além disso, as limitações do trabalho não influenciaram de forma significativa nesta pesquisa, visto que apenas um subitem de um critério foi influenciado.

Como recomendações para trabalhos futuros, sugere-se a aplicação de outra metodologia de análise de CMMS no mesmo software SIGMA, para que possam ser validados os critérios listados. Outra sugestão é a aplicação da mesma metodologia em outros softwares e que possa ser realizado a comparação entre eles.

## REFERÊNCIAS

- ABRAMAN. Situação da manutenção no brasil - documento nacional 2009. **Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN)**, 2009. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/index.php>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- ABRAMAN. Situação da manutenção no brasil - documento nacional 2013. **Associação Brasileira de Manutenção e Gestão de Ativos (ABRAMAN)**, 2013. Disponível em: <<http://www.abraman.org.br/index.php>>. Acesso em: 20 abr. 2019.
- ALMEIDA, R. C. de; ERTHAL, M. Benefícios do gerenciamento da manutenção industrial numa empresa de porte médio com a aplicação do programa “cmms”. 2012. Artigo disponibilizado pela Marinha do Brasil. Disponível em: <<https://www.marinha.mil.br/spolm/sites/www.marinha.mil.br/spolm/files/115171.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5462: confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- BRANCO, G. **A Organização, o Planejamento e o Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda, 2008.
- CARDOSO, H.; MARQUES, J. N. Principais fatores considerados por empresas que implementam um cmms. análise a partir dos resultados de um conjunto de auditorias à função manutenção. 2017. Artigo disponibilizado pela empresa fabricante do CMMS MANWINWIN. Disponível em: <[https://manwinwin.com/wp-content/uploads/2017/08/Auditorias\\_CMMS.pdf](https://manwinwin.com/wp-content/uploads/2017/08/Auditorias_CMMS.pdf)>. Acesso em: 10 abr. 2019.
- CASTILHO, A. P. *et al.* **Manual de Metodologia Científica**. 2. ed. Imtubiara, 2014.
- COSTA, M. d. A. **Gestão estratégica de manutenção : uma oportunidade para melhorar o resultado operacional** 2013. 103 f. Dissertação (Graduação em Engenharia de Produção) — Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora - MG, 2013.
- DUTRA, J. T. **Planejamento e Controle da Manutenção Descomplicado**. 1. ed. Brasília: Engeteles, 2017.
- FOGLIATTO, F. S.; RIBEIRO, J. L. D. **CONFIABILIDADE E MANUTENÇÃO INDUSTRIAL**. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier:ABEPRO, 2011.
- FUENTES, F. F. E. **Metodologia para Inovação da Gestão de Manutenção Industrial**. 2006. 206 p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) — Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC, 2006.
- IBGE. O que é pib - produto interno bruto. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE)**, 2019. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/economia/participacao-da-industria-na-economia-brasileira-sobe-para-22-diz-cni/>>. Acesso em: 20 mai. 2019.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2001.
- KARDEC, A.; NASCIF, J. **Manutenção: função estratégica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2009.

- LOPES, I.; OTHERS. Requirements specification of a computerized maintenance management system—a case study. **Procedia CIRP**, v. 52, p. 268–273, 2016.
- MARTINELLI, F. B. **Gestão da Qualidade Total**. [S.l.]: Fundação Biblioteca Nacional, 2009.
- MEDEIROS, F. W. A.; MENDES, M.; FERRAZ, S. Contratação por performance para serviços de manutenção industrial. In: **20º Congresso Brasileiro de Manutenção**. [s.n.], 2005. Disponível em: <[http://www.inovarse.org/sites/default/files/T10\\_0268\\_0981.pdf](http://www.inovarse.org/sites/default/files/T10_0268_0981.pdf)>. Acesso em: 18 mai. 2019.
- MONCHY, F. **A FUNÇÃO MANUTENÇÃO**. 1. ed. São Paulo: DURBAN/EBRAS, 1989.
- OLIVEIRA, M. F. de. **Metodologia Científica**: um manual para a realização de pesquisas em administração. Catalão, 2011.
- OTANI, M.; MACHADO, W. V. A proposta de desenvolvimento de gestão da manutenção industrial na busca da excelência ou classe mundial. **Revista Gestão Industrial, Ponta Grossa**, v. 4, n. 2, p. 1–16, 2008.
- REDE INDUSTRIAL. **Apresentação Técnica**: Sigma – sistema de gerenciamento de manutenção. São Paulo, 2015. Disponível em: <[http://www.centralsigma.com.br/pdf/manuais\\_documentos/SIGMA\\_Apresentacao\\_Tecnica.pdf](http://www.centralsigma.com.br/pdf/manuais_documentos/SIGMA_Apresentacao_Tecnica.pdf)>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- REDE INDUSTRIAL. **Manual de Implantação SIGMA**: Sistema gerencial de manutenção. São Paulo, 2017. 132 p. Disponível em: <[https://issuu.com/redeindustrial/docs/manual\\_20sigma\\_20pdca\\_20\\_28vers\\_c3\\_](https://issuu.com/redeindustrial/docs/manual_20sigma_20pdca_20_28vers_c3_)>. Acesso em: 20 mar. 2019.
- SILVA, A. C. L. da; MELO, P. H. B. **Proposta de um CMMS para Manutenção de Equipamentos na Universidade de Brasília** 2017. 80 p. Dissertação (Graduação em Engenharia de Software e Engenharia Eletrônica) — Faculdade UnB Gama - FGA, Universidade de Brasília, Brasília - DF, 2017.
- SILVA, E. L. da; MENEZES, E. M. **Metodologia da Pesquisa e Elaboração de Dissertação**. 4. ed. Florianópolis, 2005.
- SWANSON, L. Computerized maintenance management systems: a study of system design and use. **Production and inventory management journal**, American Production & Inventory Control Society, Inc., v. 38, n. 2, p. 11, 1997.
- TAVARES, L. A. **Administração Moderna de Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Nova Polo Editora, 2000.
- VIANA, H. R. G. **PCM, Planejamento e Controle de Manutenção**. 1. ed. Rio de Janeiro: Editora Qualitymark, 2002.
- WIENKER, M.; HENDERSON, K.; VOLKERTS, J. The computerized maintenance management system an essential tool for world class maintenance. **Procedia Engineering**, v. 138, p. 413–420, 2016.
- WOLK, V. Participação da indústria na economia brasileira sobe para 22%, diz cni. **Portal de Notícias CNI**, Brasília, 2019. Disponível em: <<https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/economia/participacao-da-industria-na-economia-brasileira-sobe-para-22-diz-cni/>>. Acesso em: 20 mai. 2019.
- XENOS, H. G. D. **Gerenciando a Manutenção Produtiva**. 1. ed. São Paulo: INDG, 2004.