

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETROTÉCNICA
ENGENHARIA INDUSTRIAL ELÉTRICA ÊNFASE EM
ELETROTÉCNICA

ALIÃ BIANCO DE BRITO

**FERRAMENTA PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA
DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
EM SISTEMAS INDUSTRIAIS**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2018

ALIÃ BIANCO DE BRITO

**FERRAMENTA PARA APLICAÇÃO DA METODOLOGIA
DA MANUTENÇÃO CENTRADA NA CONFIABILIDADE
EM SISTEMAS INDUSTRIAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a disciplina de TCC2, do curso de Engenharia Industrial Elétrica ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica da Universidade Tecnológica Federal do Paraná como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Eletricista.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Rodrigues

CURITIBA
2018

Aliã Bianco de Brito

Ferramenta para Aplicação da Metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade em Sistemas Industriais

Este Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação foi julgado e aprovado como requisito parcial para a obtenção do Título de Engenheiro Eletricista, do curso de Engenharia Industrial Elétrica ênfase em Eletrotécnica do Departamento Acadêmico de Eletrotécnica (DAELT) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Curitiba, 26 de Junho de 2018.

Prof. Dr. Antonio Carlos Pinho
Coordenador de Curso
Engenharia Industrial Elétrica ênfase em Eletrotécnica

Profa. Ma. Annemarlen Gehrke Castagna.
Responsável pelos Trabalhos de Conclusão de Curso
de Engenharia Industrial Elétrica ênfase em Eletrotécnica do DAELT

ORIENTAÇÃO

Prof. Dr. Marcelo Rodrigues
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Roberto Candido
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Emerson Rigoni
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Dr. Marcelo Rodrigues
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Orientador

A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia Industrial Elétrica ênfase em Eletrotécnica.

RESUMO

BRITO, Aliã Bianco de. **Ferramenta para Aplicação da Metodologia da Manutenção Centrada na Confiabilidade em Sistemas Industriais**. 2018. 115 f. Trabalho de Conclusão de Curso(Graduação) - Engenharia Industrial Elétrica Ênfase em Eletrotécnica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2018.

A Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) é uma metodologia consolidada no meio industrial para a elaboração de planos de manutenção baseados nas funções e modos de falha de cada equipamento. Para facilitar o preenchimento dos formulários pertinentes a implantação da MCC, de modo auditável, este trabalho desenvolveu um aplicativo em plataforma Microsoft Excel. O estudo para estruturação da ferramenta fundamentou-se nos seguintes autores: Smith(2004), Moubray(1997), Rigoni(2009) e Siqueira (2005). As principais funcionalidades apresentadas no aplicativo são: a facilidade na geração de relatórios; análise simplificada de pré-requisitos e auditoria; Análise do modo de falhas seus efeitos e criticidade alinhadas com a definição das técnicas de manutenção; correlação entre as etapas e sugestões de auto-preenchimento para alguns campos.

Palavras-chave: Manutenção, Manutenção Centrada em Confiabilidade, MCC, FMECA, Implementação MCC

ABSTRACT

BRITO, Aliã Bianco de. **Tool for Reliability-Centered Maintenance Methodology Application in Industrial Systems**. 2018. 115 f. undergraduate thesis - Federal Technological University of Parana. Curitiba, 2018.

Reliability-Centered Maintenance (RCM) is a consolidated methodology in the industrial environment for the elaboration of maintenance plans based on the functions and modes of failure of each equipment. To facilitate the completion of forms relevant to RCM deployment, in an auditable way, this work developed an application in Microsoft Excel platform. The study for structuring the tool was based on the following authors: Smith (2004), Moubray (1997), Rigoni (2009) and Siqueira (2005). The main features presented in the application are: ease of reporting; simplified prerequisite and audit analysis; Failure mode analysis its effects and criticality in line with the definition of maintenance techniques; correlation between the steps and suggestions for self-completion for some fields.

Keywords: Maintenance, Reliability Centered Maintenance, RCM, FMECA, RCM Implementation

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATA	<i>Air Transport Association of America</i>
AIAG	<i>Automotive Industry Action Group</i>
DoD	Departamento de Defesa dos Estados Unidos
EOE	Evidente Operacional/Econômica
ESA	Evidente Segurança/Ambiental
FAA	<i>Federal Aviation Administration</i>
FAA	Administração da Aviação Federal dos Estados Unidos
FMEA	Análise de Modos de Falha e seus Efeitos
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
FMECA	Análise de Modos de Falha seus Efeitos e Criticidade
FMECA	<i>Failure Mode Effects & Criticality Analysis</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
IEC	Comissão Eletrotécnica Internacional
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MSG	<i>Maintenance Steering Group</i>
NAVAIR	Comando Aéreo e Naval dos Estados Unidos
NPR	Nível de Prioridade de Risco
NPR	<i>Risk Priority Number</i>
OOE	Oculto Operacional/Econômica
OSA	Oculto Segurança/Ambiental
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
RCM	<i>Reliability Centered Maintenance</i>
SAE	<i>Society of Automotive Engineers</i>
SAE	Sociedade dos Engenheiros da Mobilidade

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.1 – Evolução da Manutenção	10
Figura 2.1 – Consolidação da MCC: Principais Normas e Autores	15
Figura 2.2 – Procedimento de Referência	17
Figura 2.3 – Avaliação dos Pré-Requisitos e Auditoria da MCC	18
Figura 2.4 – Diagrama seleção itens significantes	26
Figura 2.5 – Diagrama de decisão para classificação dos modos de falha	27
Figura 2.6 – Conceito do diagrama de decisão da MCC	28
Figura 2.7 – Vivendo o Programa de MCC	30
Figura 3.1 – Menu da ferramenta	33
Figura 3.2 – Acesso ao menu da ferramenta	34
Figura 3.3 – Gráfico de desempenho da implementação da MCC	35
Figura 3.4 – Gráfico de Análise de Critérios de Diagnóstico da MCC	36
Figura 3.5 – Cabeçalho e rodapé dos Relatórios	37
Figura 3.6 – Formulário documentação Etapa 0	38
Figura 3.7 – Formulário documentação Etapa 1	39
Figura 3.8 – Formulário documentação Etapa 2	40
Figura 3.9 – Formulário documentação Etapa 7	41
Figura 3.10 – Formulário documentação Etapa 8	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 2.1 – Principais metodologias e procedimentos da MCC.	15
Quadro 2.2 – Abordagens dos Autores e normas à FMEA e FMECA	22
Quadro 2.3 – Sugestões de Critérios para Avaliar a Severidade dos Efeitos do Modo de Falha.	23
Quadro 2.4 – Sugestões de Critérios para Avaliar a Ocorrência da Causa da Falha .	24
Quadro 2.5 – Sugestões de Critérios para avaliar a Probabilidade de Detecção da Causa da Falha	25
Quadro 3.1 – Quesitos para a Auditoria e checagem de Pré-Requisitos	35
Quadro 3.2 – Campos Plano de Ação e Responsável	36
Quadro 3.3 – Parte da planilha MCC	45
Quadro 3.4 – Tabela Auxiliar de funções	45
Quadro 3.5 – Tabela Auxiliar de Falhas Funcionais	46
Quadro 3.6 – Tabela Auxiliar de Modos de Falha	46
Quadro 3.7 – Tabela Auxiliar de Efeitos	46
Quadro 3.8 – Campos da etapa 4 da planilha MCC	46
Quadro 3.9 – Campos da etapa 5 da planilha MCC	47
Quadro 3.10 – Campos da etapa 6 da planilha MCC	48

SUMÁRIO

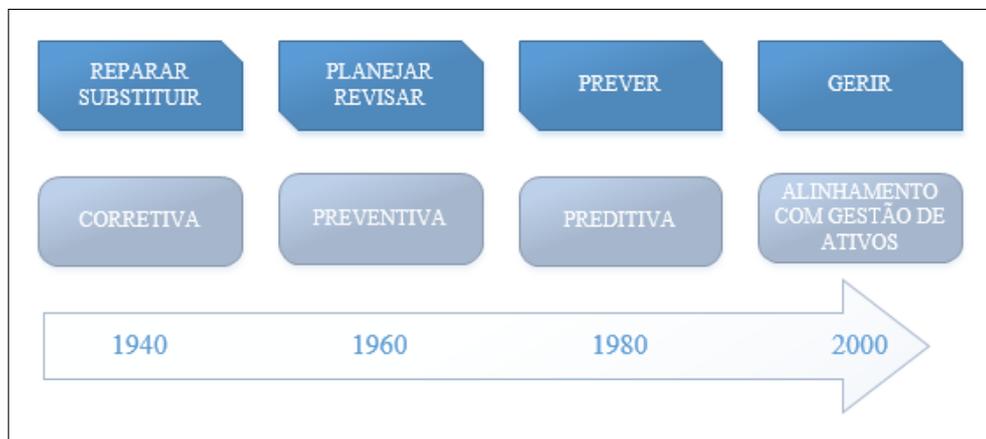
1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Delimitação do tema	11
1.2	Problemas e premissas	11
1.3	Objetivos	11
1.3.1	Objetivo Geral	11
1.3.2	Objetivos Específicos	12
1.4	Justificativa	12
1.5	Procedimentos Metodológicos	13
1.6	Estrutura do Trabalho	13
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
2.1	Metodologia de aplicação da MCC	15
2.1.1	Etapa 0 - Adequação da MCC	18
2.1.2	Etapa 1 - Preparação	18
2.1.3	Etapa 2 - Seleção de Sistema e coleta de Informações	20
2.1.4	Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e Criticidade (FMECA)	21
2.1.4.1	Função	22
2.1.4.2	Falha Funcional	22
2.1.4.3	Modo de Falha	22
2.1.4.4	Efeitos	22
2.1.4.5	Severidade (S)	23
2.1.4.6	Causas	23
2.1.4.7	Ocorrência (O)	23
2.1.4.8	Controles Atuais	24
2.1.4.9	Detecção (D)	24
2.1.4.10	Nível de Prioridade de Risco (NPR)	25
2.1.5	Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha	25
2.1.6	Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas	27
2.1.7	Etapa 6 - Definição dos intervalos iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	29
2.1.8	Etapa 7 - Redação do Manual e Implementação das Ações	29
2.1.9	Etapa 8 - Acompanhamento e Realimentação	30
2.1.9.1	Absorver novas informações e Modificações:	31
2.1.9.2	Monitorar e Reportar Resultados:	31

3	A FERRAMENTA	32
3.1	Preenchimento e navegação	33
3.2	Planilha de Diagnóstico	34
3.3	Documentação	36
3.4	Planilha MCC	43
3.4.1	Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e Criticidade - FMECA	44
3.4.2	Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha	45
3.4.3	Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas	47
3.4.4	Etapa 6 - Definição dos intervalos iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção	48
3.4.5	Documentação	49
4	CONCLUSÃO	50
	Referências	51
APÊNDICE A	MANUAL DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA	54
APÊNDICE B	EXEMPLO DE RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO	71
APÊNDICE C	QUESTÕES DE PRÉ-REQUISITO DOS RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO	79
APÊNDICE D	QUESTÕES DE AUDITORIA DOS RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO	89
APÊNDICE E	EXEMPLO DE FORMULÁRIOS DE DOCUMENTAÇÃO	104
APÊNDICE F	EXEMPLO DA PLANILHA MCC COMPLETA	114

1 INTRODUÇÃO

Após a segunda guerra mundial com o aumento da mecanização, complexidade dos sistemas industriais e surgimento da indústria aeroespacial, nuclear e eletrônica. Existe a carência crescente de manter de maneira eficaz todos esses processos que evoluem cada vez mais em complexidade (LAFRAIA, 2006). Este contexto reforça a evolução pela qual a manutenção nas organizações tem passado (ver figura 1.1) e a necessidade de se romper com o seu estereótipo comum de despesa necessária, e passar a tratá-la como uma ferramenta estratégica para o sucesso da organização.

Figura 1.1 – Evolução da Manutenção.



Fonte: adaptado de Kardec (2009), Moubray (1997) e Lafraia (2006)

Isto é possível por meio de uma atuação efetiva de gestão da manutenção alcançada pela Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) que possibilita altos níveis de disponibilidade, segurança e confiabilidade. Pois segundo Fuentes (2006), combina várias técnicas e ferramentas para a administração da manutenção tais como as árvores de decisão e a análise do modo de falha e efeito de forma sistemática, para apoiar efetiva e eficientemente as decisões de manutenção.

A MCC pode ser completamente descrita também, por suas principais características: preservar a função, identificar os modos de falha que podem afetar a função, priorizar os requisitos da função (por meio dos modos da falha) e selecionar tarefas de manutenção que sejam efetivas (FUENTES, 2006).

Para sua efetiva aplicação, Siqueira (2006) ressalta que o método precisa de um suporte sólido de um processo de documentação, registro de informações e auditoria em todo seu processo.

1.1 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este trabalho delimita-se no desenvolvimento de uma ferramenta facilitadora para a implementação de um programa de manutenção fundamentado na metodologia da MCC, guiando-se pelo trabalho realizado por [Rigoni \(2009\)](#) e adaptando soluções já validadas pelos principais autores e normas.

1.2 PROBLEMAS E PREMISSAS

O contexto atual de competitividade e sustentabilidade empresarial, requer das empresas a habilidade de desenvolver a maior quantidade possível de diferenciais competitivos ([HIGGINS, 2008](#)). Sob intensa ação da manutenção o aumento da disponibilidade, confiabilidade e redução dos custos são vantagens características da MCC que corroboram para o alcance desses objetivos ([HIGGINS, 2008](#); [KARDEC, 2009](#)).

Durante o processo de implementação da MCC é característico a grande quantidade de informações requeridas ([SMITH, 2004](#); [SIQUEIRA, 2005](#)), sendo o registro manual destas informações, principalmente do processo de análise dos modos de falha, possível mas não recomendado por ser intenso o trabalho manual. Junto a isso a necessidade de adicionar, modificar ou alterar novos parâmetros, produzir análises, dispor/gerar relatórios e manter o sistema atualizado e coerente, torna a metodologia pouco eficiente sem um auxílio tecnológico ([SMITH, 2004](#)).

A MCC já deu origem a várias plataformas comercializadas com sucesso. Entretanto [Smith \(2004\)](#) alerta que as promessas e recursos que os softwares consolidados, além de caros, podem muitas vezes ir contra a crescente necessidade de cumprir projetos com maior rapidez, mínimo esforço e custo.

Além disso é comum destas soluções a falta de liberdade de personalização para o alinhamento com os objetivos característicos de cada empresa e a evidente incompatibilidade com contextos de aprendizado, que priorizam simplicidade e princípios metodológicos ao lugar de soluções complexas, caras e superdimensionadas.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma ferramenta em plataforma Microsoft Excel para auxiliar no processo de implementação de um programa de manutenção fundamentado na metodologia da MCC.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar a bibliografia sobre o tema da manutenção Centrada em Confiabilidade, abordando os principais conceitos de cada etapa da MCC.
- Selecionar a forma de documentar o processo da MCC.
- Descrever as etapas que serão desenvolvidas.
- Selecionar os recursos da ferramenta que serão desenvolvidos.
- Desenvolver os recursos selecionados.
- Finalizar a ferramenta por meio da revisão e correção de bugs.

1.4 JUSTIFICATIVA

A capacidade de gerir e manter os dados inerentes ao processo da MCC além da facilidade de leitura, modificação e obtenção de resultados, fazem das planilhas um recurso já utilizado há muito com sucesso (SMITH, 2004).

O desenvolvimento e disponibilização de uma ferramenta baseada em uma plataforma amplamente utilizada, estabelece um ponto de partida facilitador para a implementação da metodologia da MCC.

É consenso entre os autores, que a MCC não exige ferramentas computacionais dedicadas para sua aplicação e é possível a sua implementação por meio de planilhas e formulários (MOUBRAY, 1997; SMITH, 2004; SIQUEIRA, 2005). Por outro lado, a digitalização é cada vez mais presente nas empresas (CNI, 2016) e é evidente que mesmo estes formulários e planilhas, aplicados em todas as áreas das empresas, são ferramentas computacionais que possuem uma enorme quantidade de recursos¹ que podem contribuir em várias etapas da MCC. Dentre os softwares de planilha eletrônica o Microsoft Excel é o mais conhecido e com notáveis vantagens:

- Baixo ou nenhum custo, estando disponível em muitas empresas
- Conhecimento comum e de fácil treinamento e aprendizado.
- Permite o fácil aprimoramento e adaptação a realidade da empresa.

Portanto ainda que softwares específicos sejam comercializados e facilitem algumas tarefas características da MCC, existem necessidades da metodologia que podem ser implementadas por meio de recursos disponíveis nas planilhas do Microsoft Excel.

¹ SIMON, J. L. **Excel data analysis: your visual blueprint for analyzing data, Charts and PivotTables**. [S.l.]: John Wiley Consumer, 2005.

Para a escolha apropriada dos requisitos, é importante entender também o possível contexto no qual esta ferramenta se encaixa. É sugerido então que o contexto mais favorável para a aplicação da ferramenta, é aquele no qual a organização ainda não conhece, ou conhece pouco, sobre a metodologia da MCC e esta portanto, em processo de aprendizado e treinamento, onde seria recomendável, segundo Rigoni (2009, p127), a aplicação de um projeto piloto.

1.5 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A revisão da bibliografia será guiada pelo trabalho de Rigoni (2009) que cita autores e normas respeitados, facilitando e propiciando uma pesquisa otimizada. Serão expostos então os principais conceitos e informações relativas os procedimentos mais notórios da metodologia. As principais necessidades e os recursos encontrados para a documentação dessas, serão enumerados e priorizados para serem então selecionados e desenvolvidos. Este desenvolvimento será viabilizado pelos documentos de ajuda do software, guias e exemplos de domínio público disponíveis na internet, além do conhecimento e familiarização do autor com linguagens de programação e a plataforma utilizada.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho será dividido nos seguintes tópicos:

- No capítulo 1 são expostos o problemas, premissas e o objetivo do trabalho, seguidos da apresentação da justificativa, delimitação do tema, procedimentos metodológicos e estrutura do trabalho.
- No capítulo 2 é apresentando a consolidação histórica da manutenção, especialmente da MCC, em seguida a conceituação do procedimento e metodologia, compondo assim o referencial teórico deste trabalho.
- O capítulo 3 apresenta os recursos selecionados e desenvolvidos para suprir as carências tecnológicas mais críticas da metodologia para o contexto proposto.
- No capítulo 4 são apresentados a conclusão e sugestões para trabalhos futuros.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo serão abordados os principais conceitos e diferentes abordagens de autores e normas acerca da metodologia da manutenção centrada em confiabilidade e suas principais ferramentas e técnicas.

Percebe-se que a implantação de metodologias de análise de confiabilidade em diversos setores da engenharia é comum aos países detentores de tecnologia (LAFRAIA, 2006) e a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), citada como a metodologia que oferece a melhor estratégia de priorização e estruturação das tarefas de manutenção (SMITH, 2004).

A MCC tem suas raízes ¹ na indústria aeronáutica dos anos 60, quando uma força-tarefa da United Air Lines deu origem a MSG-1² (*Maintenance Steering Group*), motivados pela necessidade de certificação perante a FAA (*Federal Aviation Authority*). Já em 1970 Nowlan e Heap vinculados a ATA (*Air Transport Association of America*), aprimoraram a técnica e publicaram a os padrões MSG-1 e MSG-2³ que se consolidou com a MSG-3⁴ em 1980, que passou a ser adotada como metodologia de manutenção obrigatória para novas aeronaves do Departamento de Defesa Americano (DoD). (SIQUEIRA, 2005)

Na década de 80 algumas normas militares passaram a abranger embarcações navais e outros sistemas de suporte ⁵ e movida pelas necessidades da indústria deste período, a disseminação da metodologia alcançou a indústria nos anos 90, sendo notórios os trabalhos de Moubray (1997), Smith (1993) e as normas JA1011 (SAE, 2009), JA1012 (SAE, 2011) e 60300-3-11 da IEC (2009).

Esta evolução notória pode ser observa na figura 2.1 que contém as principais normas encontradas na pesquisa bibliográfica.

¹ FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Handbook for Maintenance Control by Reliability Methods**: Advisory circular 120-17. [S.l.], 1964.; AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA. **MSG-1**: Maintenance evaluation and program development. [S.l.], 1968.

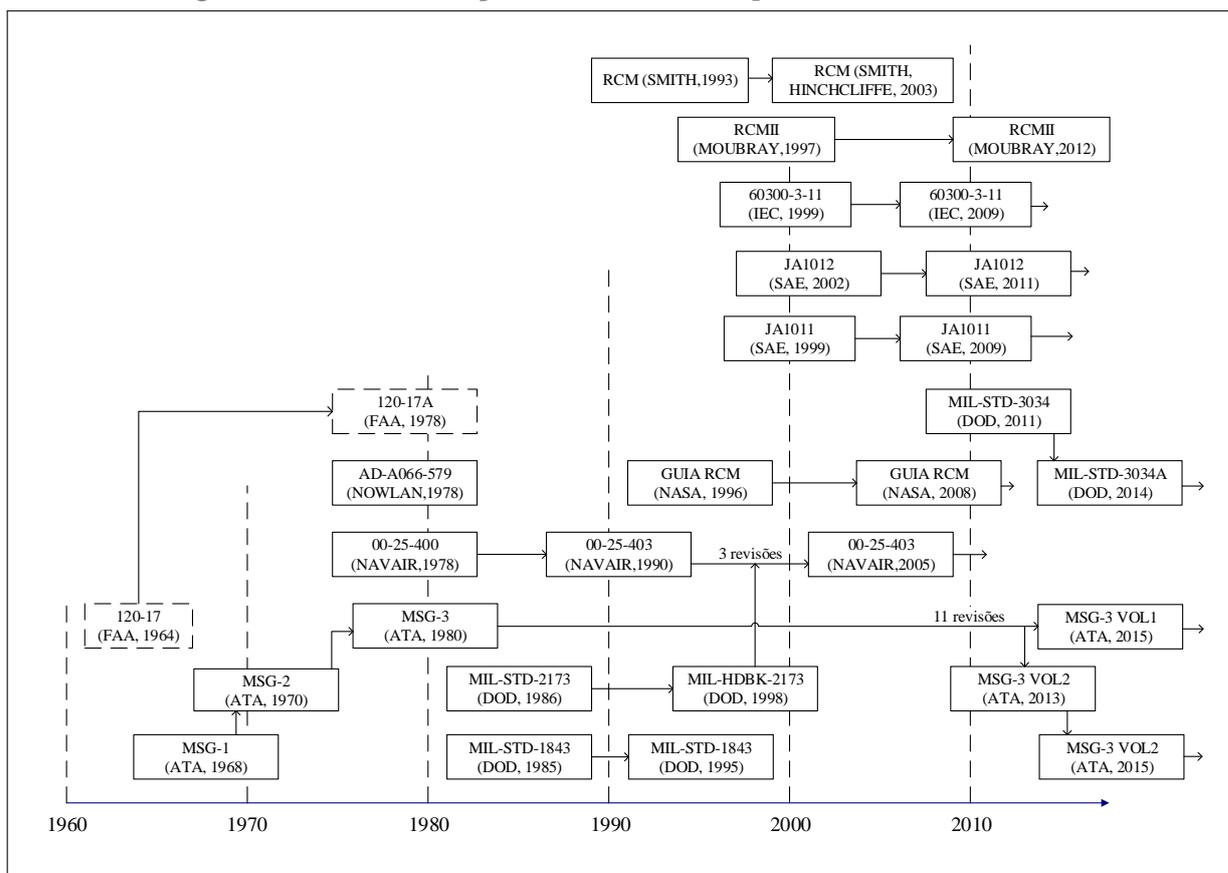
² AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA. **MSG-1**: Maintenance evaluation and program development. [S.l.], 1968.

³ AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA. **MSG-2**: Airline/manufacturer maintenance program planning. [S.l.], 1970.

⁴ AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA. **MSG-3**: Operator/manufacturer scheduled maintenance development. [S.l.], 1978.

⁵ DEPARTMENT OF DEFENSE, USA. **MIL-STD-1843**: Reliability-centered maintenance for aircraft, engines and equipment. [S.l.], 1985.

Figura 2.1 – Consolidação da MCC: Principais Normas e Autores



Fonte: Adaptado de Baran (2011) e Pelrokorpi (2009)

2.1 METODOLOGIA DE APLICAÇÃO DA MCC

Meio a evolução da MCC e diferentes normativas e literaturas, Rigoni (2009) propôs um procedimento de referência para a implementação da MCC baseado em normas, especialistas em implementação MCC e programas consolidados. As principais metodologias e a quantidade de etapas propostas esta apresentada no quadro 2.1.

Quadro 2.1 – Principais metodologias e procedimentos da MCC.

Metodologia	Setor ou contexto	Etapas
Nowlan (1978)	Militar e aeronáutico	7
Norma 60300-3-11 IEC (2009)	Elétrico	9
Norma SAE JAI011/JAI012 SAE (1994)	Automotivo	10
ABS (American Bureau of Shipping - 2004)	Naval	10
NASA (2000)	Aeroespacial	10
Moubray (1997)	Industrial	6
Smith (1993)	Industrial	7
Smith e Hinchcliffe (2004)	Industrial	9
Rigoni (2009)	Industrial	9

Fonte: Adaptado de Rigoni (2009)

Normalmente não abordados em uma etapa propriamente dita, muitos autores tratam de outros aspectos da implementação da MCC em estudos como:

- Implementação (SMITH, 2004; MOUBRAY, 1997; BLOOM, 2006);
- Preparação (BLOOM, 2006);
- Recomendações (MOUBRAY, 1997);
- Lições Aprendidas, Experiências (SMITH, 2004; CARLSON, 2007);
- Vivendo o programa, Avaliação e realimentação, Programa contínuo (SMITH, 2004; BLOOM, 2006; IEC, 2009);
- Desafios (MOUBRAY, 1997);
- Oportunidades de Fracasso (SIQUEIRA, 2005);
- Erros de implementação (SIQUEIRA, 2005);
- Como Não deve ser aplicado (MOUBRAY, 1997).

Rigoni (2009) propõe então que esse conhecimento, até então disperso, heurístico e pouco consolidado como parte integrante dos procedimentos de implementação, seja incluído efetivamente em algumas etapas da metodologia da MCC:

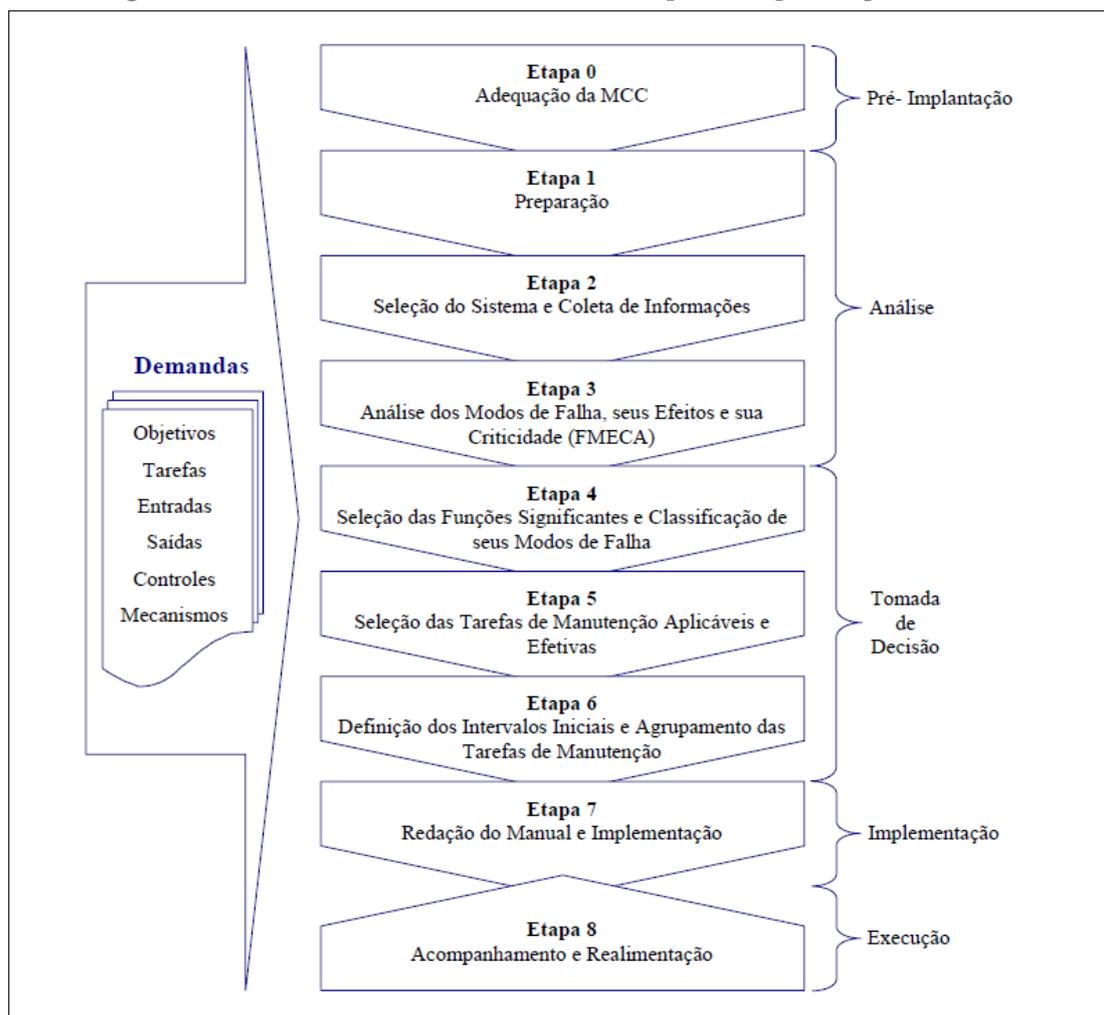
- Adequação (Etapa 0)
- Preparação (Etapa 1)
- Redação do Manual e Implementação (Etapa 7)
- Acompanhamento e Realimentação (Etapa 8)

Esta proposta de procedimento é mostrada na figura 2.2.

Além do procedimento de referência, Rigoni (2009) propõe também uma metodologia para o diagnóstico da MCC, que pode ser visualizada na figura 2.3 e deve ser implementada em cada etapa do procedimento proposto e se caracteriza basicamente por:

- Pré-Requisitos avaliados e corrigidos antes do início de cada etapa
- Implementação da Etapa
- Auditoria para certificação da conformidade ao final de cada etapa

Figura 2.2 – Procedimento de Referência para Implantação da MCC.



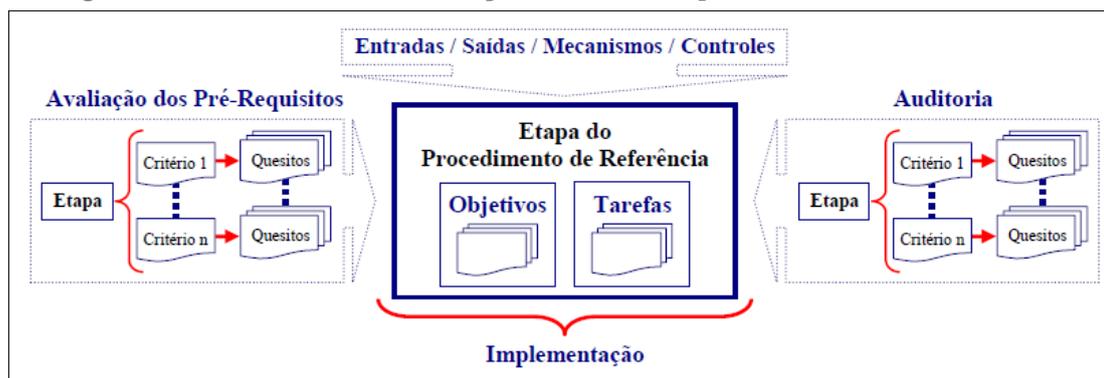
Fonte: Rigoni (2009)

A auditoria, na sua essência, existe desde épocas medievais (MATTHEWS, 2006) e se mostra presente e eficiente na maioria das metodologias da MCC desde seu surgimento (NOWLAN, 1978; MOUBRAY, 1997; SIQUEIRA, 2005). A auditoria da metodologia proposta difere das já aplicadas na MCC (NOWLAN, 1978; MOUBRAY, 1997), por requerer que seja executada ao final de cada etapa, antes do início da subsequente e não no fim do processo da MCC. Os Pré-Requisitos, que se constituem de uma série de quesitos que devem ser avaliados e corrigidos antes da implementação da etapa, devem ser realizados no início de cada etapa.

Essa abordagem é um diferencial na bibliografia pesquisada e se mostra válida para auxiliar a aplicação efetiva de todas as etapas da MCC (SILVA, 2010).

Por consolidar uma literatura respeitada e normas de diversos setores por meio de procedimentos claros e que proporcionem uma visão sistêmica da MCC. Optou-se por seguir a metodologia e o procedimento proposto por Rigoni (2009). Procedimento este que será tratado nas próximas seções.

Figura 2.3 – Processo de Avaliação dos Pré-Requisitos e Auditoria da MCC



Fonte: Rigoni (2009)

2.1.1 ETAPA 0 - ADEQUAÇÃO DA MCC

Com o objetivo de verificar se a metodologia é realmente adequada ao contexto na qual se pretende implementá-la, esta é uma das etapas com conhecimento disperso na bibliografia e tratada apenas na metodologia de Rigoni (2009) como um procedimento propriamente dito.

Para isso os principais aspectos que podem ser observados são:

- Disponibilidade da Informação/recursos
- Condição e desempenho atual da manutenção
- Sistema computacional de suporte
- Cultura da Manutenção/Empresa
- Gerenciamento Estratégico da manutenção

2.1.2 ETAPA 1 - PREPARAÇÃO

Uma vez validado que a metodologia MCC se adéqua a organização observando seus principais aspectos, é necessário verificar os principais requisitos para a sua efetiva implementação:

- Equipe de implantação - O alto nível de conhecimento dos sistemas requerido pela análise feita na MCC, exige que o envolvimento da organização vá além da equipe de manutenção (MOUBRAY, 1997). O tamanho desta equipe deverá ser compatível com a complexidade e abrangência dos resultados almejados (SIQUEIRA, 2005), podendo envolver representantes: da operação, engenharia, técnicos, fabricantes, fornecedores. A disponibilidade da alocação deste recurso humano é mencionada por Smith (2004, 210), como uma "questão monumental" que deve ser gerenciada.

- Patrocinador - É quem irá identificar quem são aqueles com poder de decisão (geralmente em altos níveis gerenciais) para envolver apenas as pessoas certas no processo de venda da MCC (SMITH, 2004). E uma vez legitimado por estes gerentes, mobilizará os recursos humanos e financeiros.
- Facilitador - Sua principal função segundo Moubray (1997), é facilitar a aplicação do método por meio do(a): aplicação da lógica da MCC, gerenciamento da análise, condução das reuniões, gerenciamento do tempo, administração e logística das ações.
- Método e Estratégia de Implementação - É comum quatro métodos: força-tarefa treinada, seletivo de instalações críticas, abrangente de instalações simultâneas e projeto piloto. A escolha depende essencialmente no nível de maturidade da Engenharia de Manutenção, sendo recomendado para o primeiro contato com a empresa o método do projeto piloto, que consiste na escolha de um pequeno sistema para implementação (SIQUEIRA, 2005; MOUBRAY, 1997).
- Sistemas candidatos - A maioria das organizações tem alguns sistemas que são mais suscetíveis que outros a falhas e provavelmente as vantagens da MCC (MOUBRAY, 1997). É aqui que eles devem ser identificados para serem selecionados na etapa seguinte.
- Treinamento - Muitos conceitos da MCC podem ser novos para a equipe, que precisa aprende-los para poder aplicar a metodologia com sucesso, principalmente aqueles mais envolvidos com a abordagem mais tradicional da manutenção (MOUBRAY, 1997). Segundo Siqueira (2005), esta necessidade pode variar também com o papel de cada participante na implementação da MCC.
- Calendário de Reuniões e Cronograma de Implantação - Além de dar suporte para o planejamento, que já deve fazer parte da organização da manutenção, uma agenda eficiente é chave para garantir comprometimento, bom aproveitamento dos profissionais e planejamento eficaz. Pois um time de sucesso da MCC necessita de pessoal com muito conhecimento, que frequentemente é também muito solicitado (SMITH, 2004, p213).
- Previsão orçamentária - Até aqui todos já devem estar bem positivos sobre a metodologia e as ações necessárias para a efetiva implementação podem envolver várias variáveis financeiras como: custos com pessoal (tempo ou contratações), treinamento, software, consultoria, nível salarial. Levantar estas informações é essencial para embasar o retorno financeiro da metodologia (SMITH, 2004; SIQUEIRA, 2005).

2.1.3 ETAPA 2 - SELEÇÃO DE SISTEMA E COLETA DE INFORMAÇÕES

Em geral, existem 4 níveis de estruturação importantes para a MCC: Parte, Componente, Sistema e Planta. É sabido que o melhor nível de aplicação é a nível de sistema (SMITH, 2004) e a seleção do sistema que está mais susceptível aos benefícios da MCC, deverá levar em conta os objetivos de negócio da empresa (MOUBRAY, 1997). Estes aspectos significantes para o processo podem ser resumidos em 3 critérios principais, sugeridos pela IEC (2009), Bloom (2006):

- Viabilidade econômica
- Segurança (Pessoas e Meio-Ambiente)
- Disponibilidade

Tendo em vista os principais critérios, é consenso entre os autores que o método utilizado pode ser qualitativo: como o julgamento coletivo da engenharia e quantitativo; como níveis de criticidade e o princípio de Pareto ⁶, sugerida por Smith (2004) com notoriedade.

Uma vez com o sistema escolhido deve-se ir em busca de: manuais de equipamento, operação, histórico de equipamentos (SMITH, 2004), projetos de engenharia (SIQUEIRA, 2005) e conhecimento dos profissionais da manutenção, operação e engenharia; (BLOOM, 2006) é fundamental para realizar a coleta de informações deste sistema e poupar muito esforço das etapas seguintes (SMITH, 2004).

É sugerido por Smith (2004), Siqueira (2005) a consolidação desse conhecimento por meio de informações como:

- Descrição textual
- Diagrama esquemático
- Diagrama lógico funcional do sistema
- Diagrama funcional do sistema
- Diagrama da hierarquia funcional
- Definição de fronteiras e bordas dos sistemas

⁶ Sugerido por Smith (2004) para os diagramas de pareto: custo de manutenções corretivas, Número de manutenções corretivas e Número de horas atribuídas a interrupção da planta

2.1.4 ETAPA 3 - ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, SEUS EFEITOS E CRITICIDADE (FMECA)

A Análise dos Modos de Falha e seus Efeitos (FMEA) ou Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e Criticidade (FMECA) é uma ferramenta eficaz para alcançar altos níveis de confiabilidade (CARLSON, 2007). Presente em normas militares e corporativas, existem registros formais de sua aplicação disciplinada desde 1960 na indústria aeroespacial (SAE, 1994).

Pode ser descrita, segundo a norma J1739 da SAE (1994) como um grupo de atividades sistematizadas para: reconhecer e validar a falha potencial de um produto/-processo e seus efeitos, identificar ações que possam eliminar ou reduzir a chance de uma falha potencial ocorrer e documentar o processo.

Tão útil, é orientada para atender diferentes objetivos sendo comum sua divisão em alguns tipos: FMEA conceito, design, processo e equipamentos (SAE, 1994; FORD, 1996). Dentre as normas e guias mais conceituadas que orientam boas práticas, destacam-se:

- MIL-STD-1629A do DoD (1980) data década de 70. Sugere o uso para todo desenvolvimento de engenharia.
- J1739 da SAE (2002) com sua primeira edição publicada em 1994, é direcionada a indústria automotiva e recomenda praticas para FMEA. A edição mais recente de 2002 apresenta metodologia para aplicação em equipamentos.
- ARP5580 da SAE (2012) Para designem aplicações que não sejam automotivas.
- MFMEA-2 da AIAG (2012) do setor automotivo especifica para FMEA em equipamentos.

Quando se trata da aplicação da FMEA ou FMECA na metodologia da MCC, é comum uma abordagem mais objetiva dos autores, como se observa no quadro 2.2. Não são abordados pontos como por exemplo: a aplicação das ações (para solucionar os modos de falha), índice de ocorrência, índice de detecção (do modo de falha), nível de prioridade de risco (NPR) e controle atual . Nota-se entretanto, que as etapas seguintes da MCC atendem a muitos destes requerimentos; como por exemplo a aplicação da ações na etapa de seleção de tarefas.

Rigoni (2009) propõe uma metodologia para a aplicação da FMECA que abrange os requerimentos de vários autores, ver figura ?? e se baseia na norma J1739 da SAE (2002), com a inclusão da falha funcional.

Quadro 2.2 – Abordagens de diferentes autores e normas sobre a metodologia FMEA e FMECA.

SAE J1739 (1994)	Subsistema	Função		Modo de Falha	Causas	Efeito			Severidade	Ocorrencia	Controle atual	Deteção	SOD (NPR)
MIL-STD-1629A (1980)	Nome	Função		Modos de Falha e Causas		Local	Próximo Nível	Final	Criticidade	Previsibilidade da Falha		Meios de Deteção da Falha	
SMITH (2004)	Componente e Descrição		Matriz Falhas Funcionais	Modo de Falha	Causas	Efeito							
MOUBRAY (1997)		Função	Falha Funcional (Perda Função)	Modos de Falha (Causas da Falha)		Local	Próximo Nível	Final					
SIQUEIRA (2005)		Função	Falha	Modo		Efeito			Criticidade				
RIGONI (2009)	Subsistema	Função	Falha Funcional	Modo de Falha	Causas	Local	Sistema	Planta	Severidade	Ocorrencia	Controle atual	Deteção	SOD (NPR)

Fonte: Autoria Própria

2.1.4.1 Função

Segundo a norma J1739 (SAE, 1994) a função deve conter, de maneira mais sucinta possível, a função do item analisado dentro de um parâmetro de performance. Se o item conter mais de uma função com diferentes modos de falha, a função deve ser listada separadamente. Siqueira (2005) sugere o uso do seguinte padrão construtivo: *verbo + objeto + limites*.

2.1.4.2 Falha Funcional

Definida pela incapacidade do item de desenvolver a sua função ou seu parâmetro de performance (MOUBRAY, 1997). Smith (2004) sugere em sua metodologia uma matriz que relaciona os componentes e as falhas funcionais a que eles estão sujeitos (Matriz falha funcional - equipamentos), porque uma falha funcional pode ter como causa vários componentes e vice-versa.

2.1.4.3 Modo de Falha

A norma J1739 da SAE (1994), define modo de falha como a maneira com que o item analisado pode falhar. Orienta ainda a considerar modos de falha que ocorrem em situações específicas e não confundir com sintomas percebidos pelo usuário.

2.1.4.4 Efeitos

A norma militar 1629A da DoD (1980), sugere que as consequências que cada modo de falha causa, seus efeitos, podem impactar diferentes níveis do sistema e portanto podem ser registrados nas instâncias: local, sistema e planta.

2.1.4.5 Severidade (S)

Siqueira (2005) sugere que muitas escalas de severidade podem ser aplicadas e a norma J1739 da SAE (1994) ressalta que deve haver concordância da equipe quanto ao critério escolhido. Esta norma sugere também a classificação da severidade em uma escala de 1 a 10. (ver quadro 2.3)

Quadro 2.3 – Sugestões de Critérios para Avaliar a Severidade dos Efeitos do Modo de Falha.

Severidade (S) do Efeito do Modo de Falha	Impacto na Função devido à Severidade dos Efeitos do Modo de Falha	Classificação
Perigoso Sem Aviso	Impacto na Segurança, saúde ou meio ambiente. A Falha ocorrerá sem aviso.	10
Perigoso Sem Aviso	Impacto na Segurança, saúde ou meio ambiente. A Falha ocorrerá com aviso.	9
Muito Alto	Impacto muito alto. A Função é perdida e é necessário um longo período de tempo para restauração da normalidade.	8
Alto	Impacto alto. Parte da função é perdida e é necessário um longo período de tempo para restauração da normalidade.	7
Moderado	Impacto moderado. Parte da função é perdida e é necessário um período de tempo moderado até a restauração da normalidade.	6
Baixo	Impacto baixo. A função é prejudicada necessitando ser verificada.	5
Muito Baixo	Impacto muito baixo. Parte da função é prejudicada necessitando ser verificada.	4
Pequeno	Impacto reduzido. A falha demora algum tempo para ser reparada, mas não afeta a função.	3
Muito Pequeno	Impacto insignificante. A falha pode ser reparada rapidamente.	2
Nenhum	Não se verificam efeitos na segurança, saúde ou meio ambiente.	1

Fonte: Rigoni (2009 apud SAE, 2002, p.34)

2.1.4.6 Causas

Aqui devem ser pontuados as causas para cada modo de falha, devem ser listados de maneira clara e objetiva o suficiente para que se consiga aplicar medidas de contenção.

2.1.4.7 Ocorrência (O)

É a frequência com que o modo de falha ocorre e os critérios para estabelecer este índice está na quadro 2.4, sugerida pela da norma J1739 da (SAE, 1994).

Quadro 2.4 – Sugestões de Critérios para Avaliar a Ocorrência da Causa da Falha

Número de Falhas em função do Tempo em Operação (horas)	Número de Falhas em função do Ciclo operacional (ciclos)	Confiabilidade baseada no Tempo Requerido pelo Usuário [C(t)%]	Classificação
1 em 1	1 em 90	$c(t) < 1\%$ MTBF=10% do tempo em operação	10
1 em 8	1 em 100	$c(t) = 5\%$ MTBF=30% do tempo em operação	9
1 em 24	1 em 36000	$c(t) = 19\%$ MTBF=60% do tempo em operação	8
1 em 80	1 em 90000	$c(t) = 37\%$ MTBF igual ao tempo em operação	7
1 em 350	1 em 180000	$c(t) = 61\%$ MTBF 2 vezes maior que o tempo em operação	6
1 em 1000	1 em 270000	$c(t) = 78\%$ MTBF 4 vezes maior que o tempo em operação	5
1 em 2500	1 em 360000	$c(t) = 85\%$ MTBF 6 vezes maior que o tempo em operação	4
1 em 5000	1 em 540000	$c(t) = 90\%$ MTBF 10 vezes maior que o tempo em operação	3
1 em 10000	1 em 900000	$c(t) = 95\%$ MTBF 20 vezes maior que o tempo em operação	2
1 em 25000	1 em mais de 900000	$c(t) = 98\%$ MTBF 50 vezes maior que o tempo em operação	1

Fonte: Rigoni (2009 apud SAE, 2002, p.34)

2.1.4.8 Controles Atuais

A norma J1739 (SAE, 1994) estabelece que são aqueles procedimentos capazes de atender a pelo menos uma das seguinte necessidades:

- Prevenir a causa/mecanismo do modo de falha/efeito de ocorrer, ou reduzir a frequência.
- Detectar a causa/mecanismo e levar a ações corretivas
- Detectar o modo de falha

2.1.4.9 Detecção (D)

É a capacidade atual da planta de detectar uma causa ou modo de falha antes da perda da característica funcional, segundo a norma J1739 da SAE (1994).

Quadro 2.5 – Sugestões de Critérios para avaliar a Probabilidade de Detecção da Causa da Falha

Chances de Detecção (D)	Critérios para avaliar a Probabilidade de Detecção (D) da Causa	Classificação
Quase impossível	Os dispositivos de controle existentes não irão detectar uma causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha. Ou não existe um dispositivo de controle relacionado com esta causa/mecanismo	10
Muito Remota	A possibilidade que os dispositivos de controle existente detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é muito remota	9
Remota	A possibilidade que os dispositivos de controle existente detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é remota	8
Muito Baixa	A possibilidade que os dispositivos de controle existente detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é muito baixa	7
Baixa	A possibilidade que os dispositivos de controle existente detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é baixa	6
Média	A possibilidade que os dispositivos de controle existente detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é média	5
Moderadamente Alta	A possibilidade que os dispositivos de controle existente detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é moderadamente alta	4
Alta	A possibilidade que os dispositivos de controle existente detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é alta	3
Muito Alta	A possibilidade que os dispositivos de controle existente detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é muito alta	2
Quase Certa	A possibilidade que os dispositivos de controle existente detectem a causa/mecanismo potencial e subsequente modo de falha é quase certa	1

Fonte: Rigoni (2009 apud SAE, 2002, p.34)

2.1.4.10 Nível de Prioridade de Risco (NPR)

É o produto da Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D). Conforme norma J17392 da SAE (1994). É fato que a concepção deste índice possui algumas limitações (RIGONI, 2009 apud BOWLES, 2003) e outras técnicas podem ser utilizadas para o Cálculo deste Índice.

Observa-se no entanto, que se utilizado o Nível de Prioridade de Risco (NPR) deve haver a compatibilidade da classificação da severidade, ocorrência e detecção.

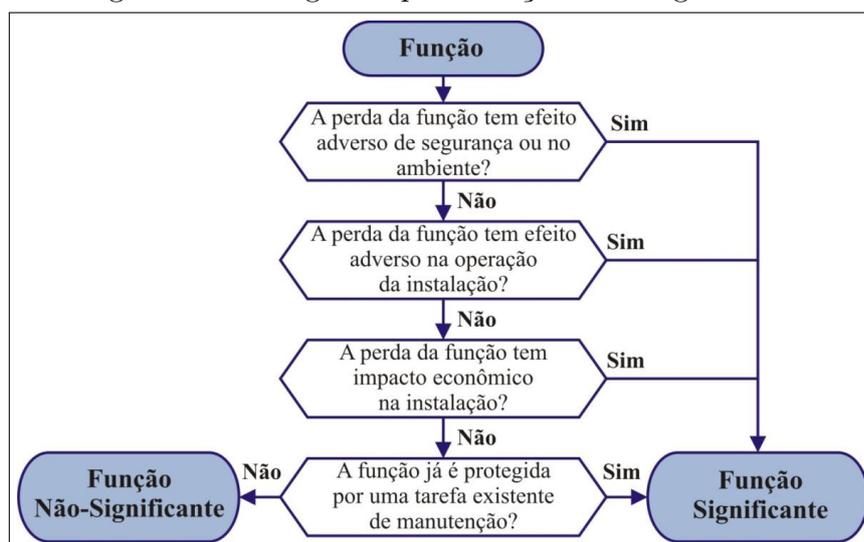
2.1.5 ETAPA 4 - SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA

Nesta etapa cada modo de falha será analisado com dois objetivos:

- Determinar se a função é significativa
- Classificar os modos de falha de acordo com seus efeitos

Existem muitos modos de falha que se ocorrerem não afetam a segurança; meio-ambiente, operacional ou financeiro da planta. Deixar estes itens até a falha é mais barato que tentar prevenir sua falha e a única consequência é o custo de seu reparo (NOWLAN, 1978, p80). Para facilitar esta decisão, o diagrama da figura 2.4 foi proposto por Siqueira (2005, p112).

Figura 2.4 – Diagrama para seleção itens significantes



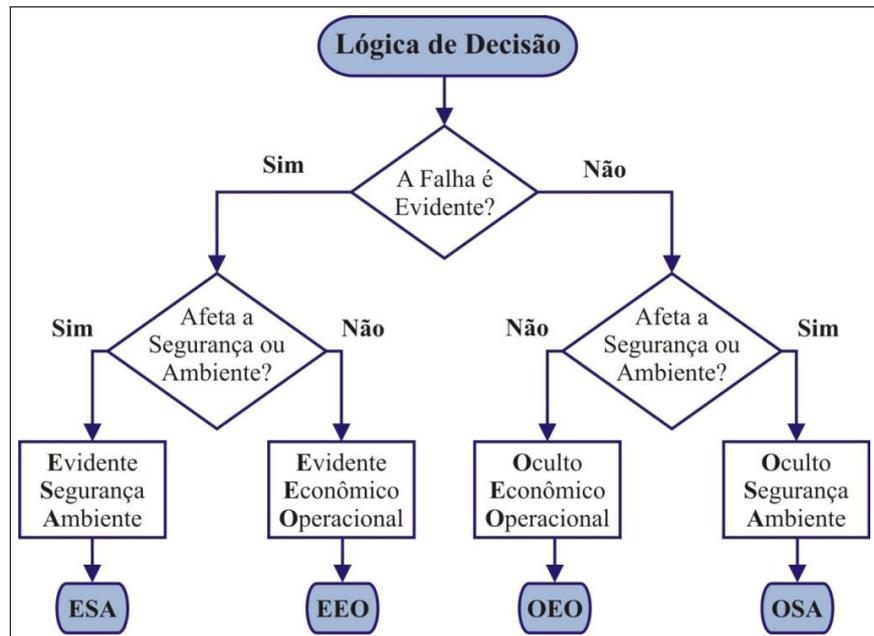
Fonte: Siqueira (2005, p112)

Para determinar as tarefas de manutenção para todas as funções significantes⁷ que serão selecionadas na próxima etapa, é emblemático do programa de MCC a aplicação do diagrama de decisão que, segundo Nowlan (1978 apud FAA, 1964), já era aplicado de maneira rudimentar no setor aeronáutico em 1964.

É característico de cada autor ou norma um diagrama específico do contexto do área da organização, mas é evidente a classificação dos modos de falha baseada em pelo menos dois principais critérios: a natureza evidente ou oculta e o impacto das consequências de cada modo de falha. Percebe-se que esta classificação é atendida pela proposta da norma 60300-3-11 da IEC (2009, pg25) que foi incorporada no procedimento proposto por Rigoni (2009). Esta classificação pode ser observada na figura 2.5.

⁷ SMITH, G. H. e A. M. RCM: Gateway to World Class Maintenance. [S.l.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

Figura 2.5 – Diagrama de decisão para classificação dos modos de falha



Fonte: Siqueira (2005, p171)

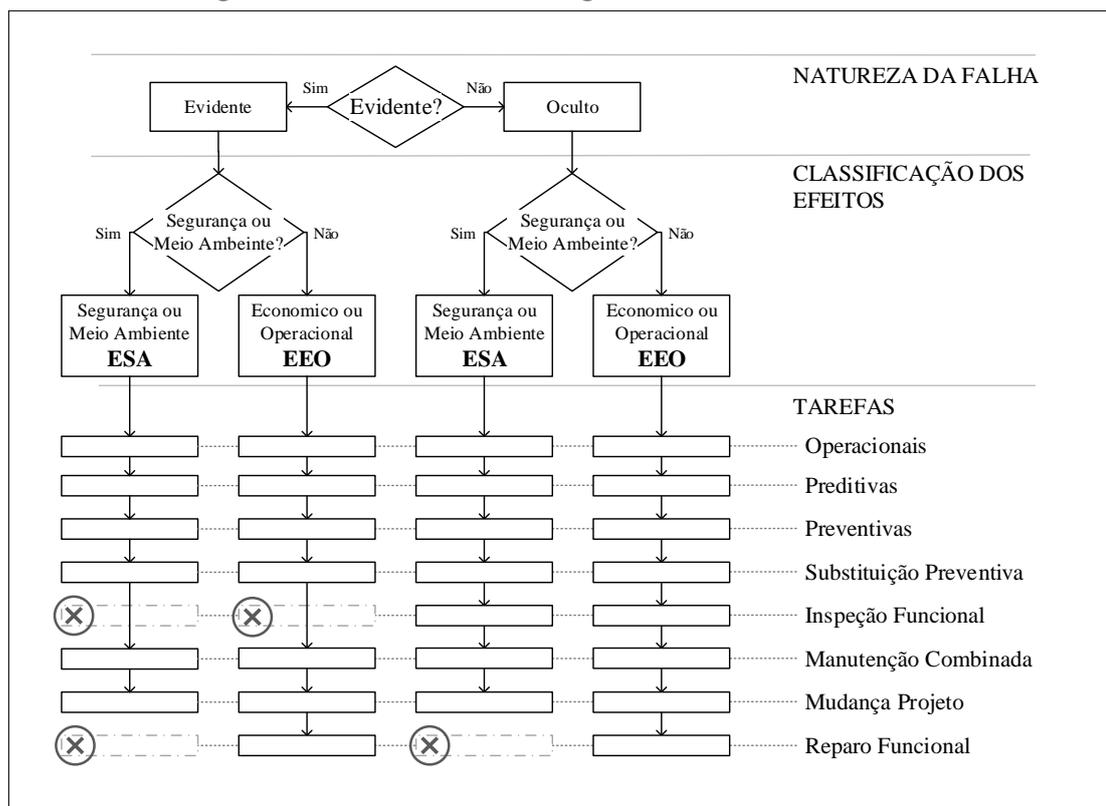
2.1.6 ETAPA 5 - SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFETIVAS

Com a classificação dos modos de falha realizada na etapa anterior, serão identificadas, priorizadas e selecionadas tarefas de manutenção apropriadas, que podem ser (SIQUEIRA, 2005, p169):

- Tarefas de manutenção programada (Serviço Operacional, Inspeção Preditiva, Restauração Preventiva, Substituição Preventiva e Inspeção Funcional)
- Combinação destas tarefas
- Aguardar que o modo de falha ocorra
- Executar uma outra ação alternativa

A lógica de seleção destas tarefas ou caminhos, segundo Smith (2004), se observa na figura 2.6.

Figura 2.6 – Conceito do diagrama de decisão da MCC.



Fonte: Adaptado de IEC (2009)

Em primeiro momento, é importante que as tarefas mais aplicáveis e efetivas, cuja definição de Smith (2004, p113) segue na sequencia, sejam identificadas e documentadas como candidatas.

- *Aplicável.* A tarefa deve prevenir ou mitigar a falha, detectar ou descobrir uma falha oculta
- *Efetiva.* A tarefa precisa ter boa relação custo-benefício entre as candidatas e reduzir o risco da falha a um nível aceitável.

A seleção destas tarefas, que envolve muito conhecimento e informação, precisa do envolvimento da equipe de manutenção e operação para encorpar conhecimento e garantir a aderência das equipes (SMITH, 2004, p113).

Para a documentação deste processo é comum na literatura a utilização de uma planilha, na qual se destacam os seguintes pontos chave:

- Tarefas candidatas. Com a identificação das tarefas aplicáveis e efetivas.
- Tarefa proposta. Sendo a mais efetiva e aplicável dentre as candidatas.
- Justificativa. Descrevendo a efetividade e aplicabilidade em meio as candidatas.

- Intervalo inicial e responsável. Que neste procedimento, será tratado na próxima etapa.

2.1.7 ETAPA 6 - DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS INICIAS E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO

A definição dos intervalos iniciais de cada tarefa proposta na etapa anterior é citada como o trabalho mais difícil da análise técnica da manutenção (SMITH, 2004).

Pode se afirmar que existe na literatura da MCC alguma relutância em recomendar que os intervalos iniciais sejam definidos por métodos quantitativos (MOUBRAY, 1997; SMITH, 2004). Existindo consenso apenas em reconhecer que a análise estatística pode ser vantajosa quando cuidadosamente validada e com dados disponíveis (MOUBRAY, 1997; SMITH, 2004; IEC, 2009; DOD, 2014; BLOOM, 2006).

Como este cenário ideal não é sempre uma realidade a recomendação da metodologia da exploração da idade (AE - Age Exploration) é comum e foi sugerida por Smith (2004, p126), Siqueira (2005, p190) e DoD (2014, p36).

Qualquer que seja a metodologia utilizada é proposto por Rigoni (2009) que os métodos sejam definidos e documentados para ser então aplicados. Isto também se aplica para o agrupamento das atividades.

Este agrupamento tem como objetivo o aumento da eficiência das tarefas de manutenção com o objetivo de minimizar os custos e interferências no processo produtivo (NOWLAN, 1978, p109).

Para isso, as necessidades e limitações características de cada organização deve ser considerada e Moubray (1997) sugere a seguinte divisão de tarefas:

- Alta frequência executadas pelos operadores
- Alta frequência executadas pela manutenção
- Baixa frequência executadas pela manutenção

2.1.8 ETAPA 7 - REDAÇÃO DO MANUAL E IMPLEMENTAÇÃO DAS AÇÕES

Documentar as informações adquiridas ao decorrer da MCC é fundamental, principalmente para a internalização, compartilhamento e conseqüente agregação do conhecimento pela organização (RIGONI, 2009, p58).

Com todo este conhecimento acumulado no programa de MCC, é vez de consolidar e organizar esta vantagem competitiva da organização (ALKAIM, 2003, p18). Tem se

início então as ações que tem como objetivo “Implementar formas de garantir que o trabalho seja feito” (MOUBRAY, 1997, p213).

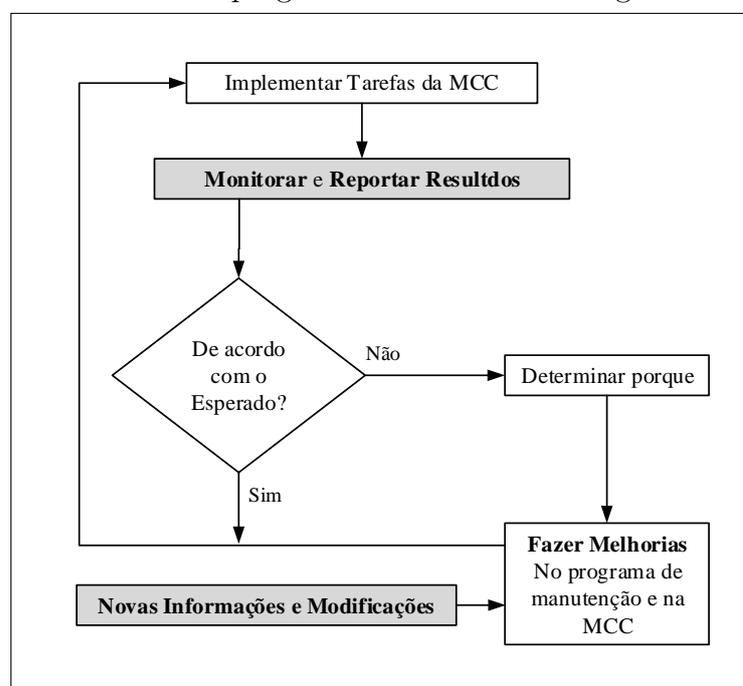
As tarefas devidamente agrupadas, oriundas da etapa anterior, podem então ser validadas (DOD, 2014, p43) e consolidadas em um plano de manutenção que será integrado aos sistemas e gestão da manutenção existente (SIQUEIRA, 2005, p284). Rigoni (2009) ressalta que nele deve conter a política de manutenção para os itens não significantes (Etapa 4) e antes de ser colocado em prática um planejamento estratégico é importante para sua efetiva aplicação.

É importante também que as não conformidades, mudanças e defeitos encontrados a-partir desta etapa, não sejam ignorados e passem por tratamento que será abordado em detalhes na próxima etapa (MOUBRAY, 1997).

2.1.9 ETAPA 8 - ACOMPANHAMENTO E REALIMENTAÇÃO

No centro de muitos processos de melhoria incremental estão ferramentas como o ciclo de Deming (PDCA), que foi base para a sugestão de Smith (2004) para o processo de acompanhamento e realimentação da MCC, figura 2.7.

Figura 2.7 – Vivendo o programa de MCC - um diagrama simplificado



Fonte: Smith (2004, p229)

Percebe-se então, as duas necessidades principais desta etapa:

- Absorver novas informações e Modificações
- Monitorar e Reportar Resultados

2.1.9.1 Absorver novas informações e Modificações:

Uma vez que a evolução da política de manutenção é inerentemente imprecisa (MOUBRAY, 1997, p284) e o consenso que o processo do MCC não é perfeito (SMITH, 2004; SIQUEIRA, 2005; MOUBRAY, 1997). É inevitável a negligência em alguns modos de falha, a definição incorreta de tarefas ou frequências (MOUBRAY, 1997, p284) e constantes mudanças na planta, solicitem que as tarefas de manutenção baseadas no MCC sejam revistas. (SMITH, 2004; MOUBRAY, 1997)

Neste contexto a coleta de informações, detecção e correção de potenciais falhas deve ocorrer antes que uma falha funcional aconteça (MOUBRAY, 1997, p233). Portanto é necessário que existam critérios de como isso irá ocorrer (RIGONI, 2009) e os procedimentos devem ser simples e eficazes (MOUBRAY, 1997, p233).

2.1.9.2 Monitorar e Reportar Resultados:

Além de monitorar o desempenho da manutenção do sistema que foi implementado o programa de MCC precisa também ser acompanhado. Para isso indicadores precisam ser definidos e Smith (2004, p227) sugere no mínimo 3 (em especial para comparar os resultados anteriores e posteriores a implementação da MCC); número de falhas inesperadas, disponibilidade da planta e custos de preventiva e corretivas. Rigoni (2009) ressalta ainda que uma vez escolhidos os indicadores é necessário estruturar e sistematizar a coleta de informações para que estes ocorram.

Revisões do programa da MCC, que podem ser feitas pelos grupos de trabalho que os organizaram, se mostram fundamentais para atender a estas necessidades. O intervalo que é sugerido que isso aconteça depende, em geral, da maturidade do programa implementado: podendo variar de 9 meses no caso de um programa novo, até 24 meses se mais consolidado (MOUBRAY, 1997; SMITH, 2004).

3 A FERRAMENTA

Será abordado neste capítulo quais as funcionalidades desenvolvidas pela ferramenta, para atender as principais necessidades tecnológicas da metodologia MCC, tendo em vista o contexto proposto de aplicação em um projeto piloto.

Normalmente aplicado em equipes de trabalho que não tem expertise em MCC e buscam aprimorar seus conhecimentos na metodologia, é importante levar em consideração alguns aspectos na seleção e desenvolvimento dos recursos:

- Armazenar e auxiliar nas tarefas das etapas e não distanciar o usuário dos procedimentos e dos conceitos da MCC (SMITH, 2004; MOUBRAY, 1997).
- Desenvolver recursos que precisam ser aplicados e não que são possíveis de ser aplicados.
- Organização e comunicação visual simples e objetiva.

A revisão bibliográfica realizada no capítulo 2 deste trabalho, permitiu então sugerir alguns recursos para a implementação da metodologia:

- Planilha de diagnóstico (auditoria e Pré-Requisito) - Auxiliam o acompanhamento e desenvolvimento da etapas.
- Relatórios para documentação das Etapas - Facilitam o preenchimento das informações e documentação das etapas.
- Planilha MCC - Armazena e organiza as informações relativas à:
 - Análise dos Modos de Falha, efeitos e criticidade (FMECA)
 - Seleção de funções significantes e Classificação
 - Seleção de Tarefas de Manutenção
 - Definição dos Intervalos e agrupamento de Tarefas

Além dos recursos mencionados acima, algumas funcionalidade citadas por Siqueira (2006) já poderiam ser atendidos pela própria plataforma do Excel:

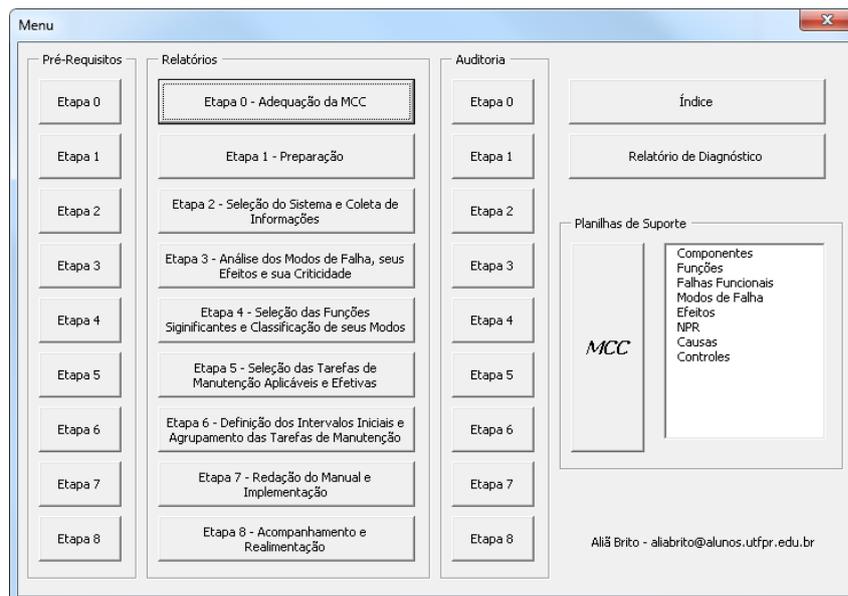
- Instalação - Não requer instalação.
- Segurança – Controle de acesso e permissões.

- Escalabilidade - Limitada mas possibilita o acesso de múltiplos usuários.
- Multiplicidade - É possível ter vários arquivos para atender inúmeros sistemas e instalações.
- Centralização – Possível disponibilizar em um servidor na rede da empresa ou na nuvem.
- Integridade – Possibilita cópias de segurança automatizadas.

3.1 PREENCHIMENTO E NAVEGAÇÃO

Para facilitar a navegação pelos recursos da ferramenta, um menu de acesso foi desenvolvido (figura 3.1) que é exibido automaticamente ao se abrir a ferramenta e pode ser acessado por meio de clique direito do mouse em qualquer região da planilha (figura 3.2).

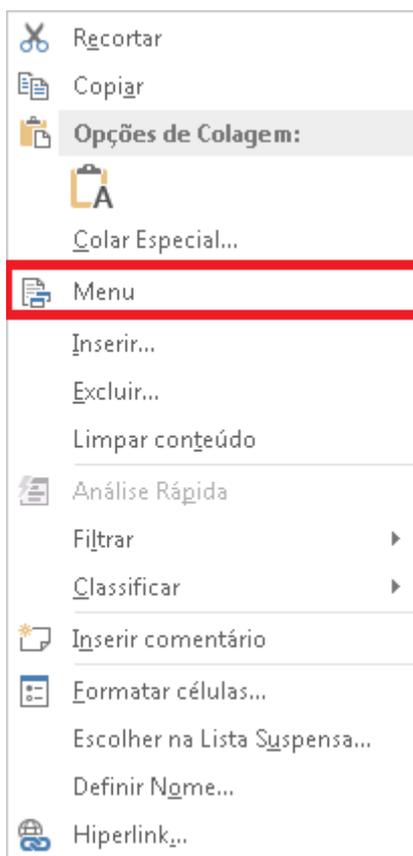
Figura 3.1 – Menu da ferramenta



Fonte: Autoria Própria

A sequência de preenchimento das informações deve seguir a mesma ordem do procedimento de referência e dos relatórios de diagnóstico (pré-requisito e auditoria) propostos por Rigoni (2009) e tratados no Capítulo 2.1 deste trabalho.

Figura 3.2 – Acesso ao menu da ferramenta



Fonte: Autoria Própria

3.2 PLANILHA DE DIAGNÓSTICO

O objetivo desta planilha é garantir, de forma objetiva e mensurável, que a metodologia abordada no Capítulo 2.1 seja aplicada.

A avaliação de Pré-Requisitos e Auditoria é feita por meio da ponderação de questões elaboradas por Rigoni (2009), organizadas em critérios e etapas (da implementação da MCC). Toda questão deve ser preenchida pelo usuário com duas notas:

- Aderência - Que deve ser preenchida representando a aderência ou não da organização a questão em avaliação.
- Desejado - Que deve ser preenchido e representa o nível de desempenho desejado para o contexto da organização.

A organização das questões e as notas que devem ser preenchidas podem ser visualizadas no quadro 3.1.

Quadro 3.1 – Quesitos para a Auditoria e checagem de Pré-Requisitos

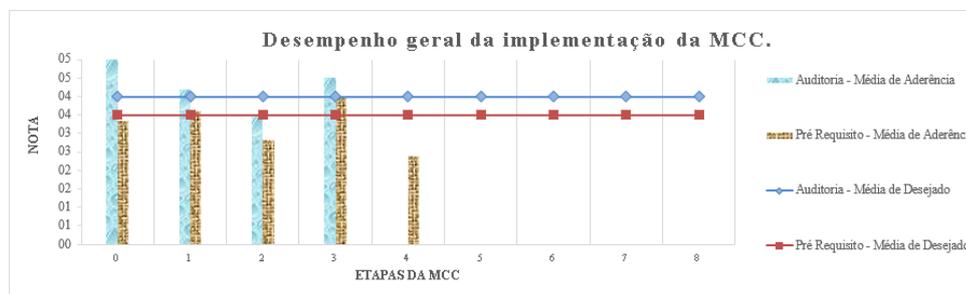
Etapa	Tipo	Critério	No. Questão	Questão	Aderência	Desejado
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequação da MCC), do procedimento de referência para implementação da MCC, estão disponíveis.	5	3,5
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção	4	3,5
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada.	3	3,5

Fonte: Autoria Própria

Todas as questões, de pré-requisitos e auditoria¹ podem ser também alteradas pelo usuário caso necessário. Assim é possível a adequação a normas que exijam requisitos específicos de auditoria.

Por meio do gráfico da figura 3.3, contido na ferramenta que utiliza as médias das notas preenchidas, um diagnóstico rápido do processo de implementação da MCC pode ser feito.

Figura 3.3 – Recorte da tela da ferramenta exibindo o gráfico de desempenho da implementação da MCC

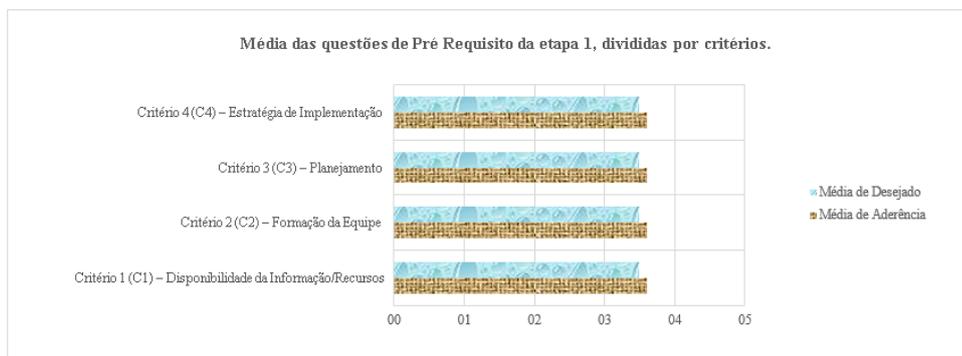


Fonte: Autoria Própria

Por meio do menu da ferramenta é possível filtrar as questões desta planilha por Etapa e Tipo (Pré-Requisito ou Auditoria) facilitando a análise das perguntas e gerando o gráfico da figura 3.4 que permite análise dos critérios de cada etapa.

¹ As questões utilizadas neste trabalho estão no apêndice e tem como base as normas IEC 60300-3-11, SAE JA1011 e SAE JA1012, condição necessária para o respaldo normativo exigido de um processo de auditoria (RIGONI, 2009)

Figura 3.4 – Recorte da tela da ferramenta exibindo um gráfico de desempenho de Pré-Requisitos da etapa 1, divididos por critérios.



Fonte: Autoria Própria

Para facilitar a implementação de ações para os quesitos com aderência mais baixa que o desejado existem os campos Plano de Ação e Responsável. Essa tabela pode ser visualizada no quadro 3.2.

Quadro 3.2 – Campos Plano de Ação e Responsável no tabela de Diagnóstico

Etapa	Tipo	Critério	Nº Questão	Questão	Aderência	Desejado	Plano de Ação	Responsável
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequação da MCC), do procedimento de referência para implementação da MCC, estão disponíveis.	5	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada.	3	3,5		

Fonte: Autoria Própria

Desta forma, além de atuar na auditoria e pré-validação de cada etapa, a planilha pode servir também de orientação para a implementação da MCC como um todo.

3.3 DOCUMENTAÇÃO

Para auxiliar na documentação e centralização das principais informações de cada etapa, um formulário para cada uma delas foi proposto.

Seu formato foi baseado nos modelos sugeridos pelas referências indicadas neste trabalho e reúnem as informações que eram recorrentes nos diferentes modelos de documentação da bibliografia estudada.

Os cabeçalhos e rodapés reúnem informações essenciais e objetivas, que podem ser configuradas pelo usuário uma única vez na planilha de Índice e serão replicadas para todos os relatórios. Ver figura 3.5.

A visualização padrão das planilhas para estes relatórios é a de "Layout de Página" que induz o usuário a gerar e pensar o conteúdo com o fim de uma impressão física.

Figura 3.5 – Cabeçalho e rodapé dos Relatórios

Sistema: Sistema (idsistema) Subsistema: Sub Sistema (issubsistema)	Etapa 1 Adequação à MCC	Data: 23/05/2018 Página: 1/1 planilha mcc r2 02-05
Análise: Colaborador 1, Colaborador 2 e facilitador (facilitador)	Ferramenta MCC por Alã Brito - alãbrito@alunos.utfpr.edu.br	Nome da Organização

Fonte: Autoria Própria

As planilhas propostas para os relatórios as etapas 0,1,2,7 e 8 não exigem recursos específicos do Microsoft Excel e podem conter as principais informações ou mencionar planilhas, anexos, manuais ou outros documentos.

Os formulários das etapas 3,4,5 e 6 tem o mesmo layout dos demais relatórios e seu conteúdo será tratado na próxima seção deste trabalho.

Assim como os formulários de cada etapa a planilha de diagnóstico e outras auxiliares, foram estruturadas para facilitar a documentação dos procedimentos de auditoria e pré-requisito.

Estes documentos podem ser visualizados nas figuras [3.6](#), [3.7](#), [3.8](#), [3.9](#) e [3.10](#).

Figura 3.6 – Formulário documentação Etapa 0

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão	Aderência	Desejado	Plano de Ação	Responsável
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequação da MCC), do procedimento de referência para implementação da MCC, estão disponíveis.	5	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada.	3	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	O planejamento estratégico da empresa, com relação à manutenção, está documentado de forma auditável.	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	1	O percentual de Manutenção Preditiva (baseada na condição) é maior do que o de Manutenção Preventiva (baseada no tempo) ou Corretiva.	5	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	2	O desempenho atual da manutenção é satisfatório e homogêneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada para o desempenho de sua função.	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	3	Historicamente o número de operadores, no chão de fábrica, é pequeno quando comparado a sistemas similares.	3	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção quando comparados a outros sistemas similares.	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	1	Para auxiliar a implantação do programa de MCC, um sistema computacional de automação de escritório estará disponível com as seguintes funcionalidades: desenho técnico, processamento de texto, banco de dados e planilhas eletrônicas.	2	3,5		

Sistema: Sistema (idsistema)
Subsistema: Sub Sistema (issubsistema)

**Planilha de Diagnóstico da MCC:
Pré-Requisitos e Auditoria**

Data: 24/05/2018
Página: 2/4
planilha mcc r2 24-05.xlsm

Análise: Colaborador 1, Colaborador 2 e facilitador (facilitador)

Ferramenta MCC por Aliã Brito - aliabrito@alunos.utfpr.edu.br
Nome da Organização

Fonte: Adaptado de Rigoni (2017)

Figura 3.7 – Formulário documentação Etapa 1

Sistema: Sistema (idsistema) Subsistema: Sub Sistema (issubsistema)	Etapa 1 Adequação à MCC	Data: DD/MM/AAAA Página: 1/1 ferramenta mcc		
<p>1 Equipe de Implantação (nome / cargo / dados de contato / etc...)</p> <p>2 Patrocinador Interno (nome / cargo / dados de contato / etc...)</p> <p>3 Facilitador (nome / cargo ou empresa / dados de contato / etc...)</p> <p>4 Método e Estratégia de Implementação (justificar)</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Método</p> <input type="checkbox"/> Método da Força Tarefa Treinada <input type="checkbox"/> Método Seletivo de Instalações Críticas <input type="checkbox"/> Método Abrangente de Instalações Simultâneas <input type="checkbox"/> Método do Projeto Piloto </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <p>Estratégia de Implementação</p> <input type="checkbox"/> Validação da Manutenção Existente <input type="checkbox"/> Exclusão de Modos de Falha Não Críticos <input type="checkbox"/> Análise Expedita por Analogia <input type="checkbox"/> Análise Expedita por Categoria <input type="checkbox"/> Base Zero </td> </tr> </table> <p>5 Sistemas Candidatos (justificar: pareto, GUT, perfil de perdas, etc...)</p> <p>6 Treinamento (necessidades e planejamento)</p> <p>7 Calendário de Reuniões (com anuência da equipe e chefias)</p> <p>8 Cronograma de Implantação (divulgar e solicitar anuência das chefias)</p> <p>9 Previsão Orçamentária (desenvolvimento, implementação e execução)</p> <p>10 Observações</p>			<p>Método</p> <input type="checkbox"/> Método da Força Tarefa Treinada <input type="checkbox"/> Método Seletivo de Instalações Críticas <input type="checkbox"/> Método Abrangente de Instalações Simultâneas <input type="checkbox"/> Método do Projeto Piloto	<p>Estratégia de Implementação</p> <input type="checkbox"/> Validação da Manutenção Existente <input type="checkbox"/> Exclusão de Modos de Falha Não Críticos <input type="checkbox"/> Análise Expedita por Analogia <input type="checkbox"/> Análise Expedita por Categoria <input type="checkbox"/> Base Zero
<p>Método</p> <input type="checkbox"/> Método da Força Tarefa Treinada <input type="checkbox"/> Método Seletivo de Instalações Críticas <input type="checkbox"/> Método Abrangente de Instalações Simultâneas <input type="checkbox"/> Método do Projeto Piloto	<p>Estratégia de Implementação</p> <input type="checkbox"/> Validação da Manutenção Existente <input type="checkbox"/> Exclusão de Modos de Falha Não Críticos <input type="checkbox"/> Análise Expedita por Analogia <input type="checkbox"/> Análise Expedita por Categoria <input type="checkbox"/> Base Zero			
Análise: Colaborador 1, Colaborador 2 e facilitador (facilitador)		Ferramenta MCC por Aliã Brito - aliabrito@alunos.utfpr.edu.br Nome da Organização		

Figura 3.8 – Formulário documentação Etapa 2

Sistema: Sistema (idsistema) Subsistema: Sub Sistema (issubsistema)	Etapa 2 - Seleção do Sistema e Coleta de Informações	Data: DD/MM/AAAA Página: 1/1 ferramenta mcc
1. Seleção do Sistema		
1.1 Método utilizados para Seleção do Sistema (pareto, GUT, perfil de perdas, etc...)		
1.2 Critérios utilizados para Seleção do Sistema (critérios utilizados no método 1.1)		
1.3 Resultados obtidos para a Seleção do Sistema (sistema escolhido - justificativa)		
2. Coleta de Informações		
2.1 Documentação do Sistema (listar, identificar e anexar ao manual da MCC)		
2.2 Especificação do Contexto Operacional (Produtividade, Padrões de Qualidade, Estratégia (contínuo/batelada), Disponibilidade, Segurança, Meio Ambiente, Ciclo Operacional, Redundâncias, Política de Sobressalentes, etc....)		
2.3 Definição das Fronteiras do Sistema (fotos/desenhos + descrição textual + tabela)		
Análise: Colaborador 1, Colaborador 2 e facilitador (facilitador)	Ferramenta MCC por Aliã Brito - aliabrito@alunos.utfpr.edu.br	Nome da Organização

Figura 3.9 – Formulário documentação Etapa 7

Sistema: Sistema (idsistema) Subsistema: Sub Sistema (issubsistema)	Etapa 7	Data: 24/05/2018 Página: 1/1 planilha mcc r2 24-05.xlsm
1. Redação do Manual As seguintes documentações foram geradas e arquivadas:		
Relatórios:		Anexos (opcionais):
<input type="checkbox"/> Etapa 0		<input type="checkbox"/> Modos de Falha
<input type="checkbox"/> Etapa 1		<input type="checkbox"/> Funções
<input type="checkbox"/> Etapa 2		<input type="checkbox"/> Componentes
<input type="checkbox"/> Etapa 3		<input type="checkbox"/> NPR
<input type="checkbox"/> Etapa 4		<input type="checkbox"/> Falhas Funcionais
<input type="checkbox"/> Etapa 5		<input type="checkbox"/> Efeitos
<input type="checkbox"/> Etapa 6		<input type="checkbox"/> Causas
<input type="checkbox"/> Etapa 7		<input type="checkbox"/> Controles
<input type="checkbox"/> Etapa 8		
Outros anexos: Documento X Documento Y Planilha Z		
2. Implementação das Ações Resumo do planejamento estratégico (ex: guia PMBOK) para colocar as tarefas da MCC em ação com: integração aos sistemas de gestão da manutenção, política de manutenção para não significantes, política de gestão de não conformidades.		
Análise: Colaborador 1, Colaborador 2 e facilitador (facilitador)		Ferramenta MCC por Aliã Brito - aliabrito@alunos.utfpr.edu.br Nome da Organização

Figura 3.10 – Formulário documentação Etapa 8

Sistema: Sistema (idsistema) Subsistema: Sub Sistema (issubsistema)	Etapa 8	Data: 24/05/2018 Página: 1/1 planilha mcc r2 24-05.xlsm
1. Absorver novas informações e modificações Critérios e procedimentos simples e eficazes para a coleta de informações, detecção e correção de potenciais falhas que possam ter sido negligenciadas durante o processo de implementação da MCC.		
2. Monitorar e reportar resultados Estruturação e sistematização da coleta e revisão de Indicadores de desempenho da MCC. Planejamento de revisões da metodologia da MCC.		
Análise: Colaborador 1, Colaborador 2 e facilitador (facilitador)	Ferramenta MCC por Aliã Brito - aliabrito@alunos.utfpr.edu.br Nome da Organização	

3.4 PLANILHA MCC

Tendo origem em um modelo de Análise de Modos de Falha e Criticidade (FMECA) em formato de tabela, esta planilha foi estendida para abranger as principais informações da análise da MCC das etapas:

- Etapa 3 - Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e Criticidade (FMECA)
- Etapa 4 - Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modosde Falha
- Etapa 5 - Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas
- Etapa 6 - Definição dos intervalos iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção.

A planilha estruturada de forma semelhante a de um banco de dados relacional, no qual os dados são armazenados em tabelas. Essa estrutura permite que cada tarefa de manutenção, definidas na etapa 6, não se desassocie da informações a qual à deu origem (Modo de Falha, Falha funcional, Causa e etc).

Tabelas auxiliares vinculadas por identificadores por meio da função PROCV, permitem que alterações em informações que se repetem na planilha, sejam atualizadas automaticamente. Isto agiliza o preenchimento e correção das informações no decorrer da implementação da análise. A seleção das informações contidas nessa tabela é feita de forma intuitiva por meio de duplo clique nas células.

Os principais campos desta planilha, que abrangem estas 4 etapas são:

- Componente
- Função
- Falha Funcional
- Modo de Falha
- Efeito Local
- Efeito Sistema
- Efeito Planta
- Severidade - S (dos Efeitos do Modo de Falha)
- Causas Potenciais do modo de falha
- Ocorrência - O (Falhas em função do tempo de operação, em horas)

- Controles Atuais
- Detecção - D (Chances de detecção)
- NPR (S.O.D)
- FF ou MF é Evidente?
- FF ou EF do MF afeta Segurança ou Meio Ambiente?
- FF ou EF do MF tem consequências Econômicas ou Operacionais?
- Categoria
- Função Já é protegida por uma tarefa existente de manutenção?
- Função Significante?
- Tarefas Manutenção Possíveis (Serviço Operacional, Inspeção Preditiva, Restauração Preventiva, Substituição Preventiva, Inspeção Funcional, Manutenção Combinada, Mudança de Projeto, Reparo Funcional)
- Tarefas Candidatas
- Tarefa Proposta
- Justificativa
- Intervalo Estimado
- Observações
- Intervalo Inicial
- Agrupamento
- Equipe Responsável

3.4.1 ETAPA 3 - ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, SEUS EFEITOS E CRITICIDADE - FMECA

Baseando-se nas referências estudadas no Capítulo 2, esta parte da planilha é uma análise FMECA que se destaca pelo preenchimento facilitado das informações por meio de tabelas auxiliares:

- Componentes
- Função

- Falha Funcional
- Modo de Falha
- Efeitos
- Causas
- Controles

As informações destas tabelas são vinculadas por identificadores, como se observa nos quadros 3.3 e 3.4.

Quadro 3.3 – Parte da planilha MCC com o ID do campo função selecionado

id_Componente	Componente	id_Funcao	Função	id_FalhaFuncional	Falha Funcional	id_ModoDeFalha	Modo de Falha
c01	Bomba P1 com motor 1HP	f01	Manter 70-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	1.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	01.01	Falha no rolamento selado

Fonte: Autoria Própria

Quadro 3.4 – Tabela Auxiliar de funções

id_f	Função
f01	Manter 70-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas
f02	Manter 50-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas

Fonte: Autoria Própria

O formulário de documentação exibe apenas os campos da planilha pertinentes a esta etapa. Isso pode ser visualizado no exemplo do apêndice A.

3.4.2 ETAPA 4 - SELEÇÃO DAS FUNÇÕES SIGNIFICANTES E CLASSIFICAÇÃO DE SEUS MODOS DE FALHA

Se no momento do preenchimento das tabelas auxiliares Falha Funcional, Modo de Falha e Efeitos, na etapa anterior, forem preenchidos as informações sobre evidência, consequências de segurança, econômica e operacionais. (ver quadros 3.5, 3.6 e 3.7) Os seguintes campos desta etapa serão preenchidos automaticamente:

- FF ou MF é Evidente?

- FF ou EF do MF afeta Segurança ou Meio Ambiente?
- FF ou EF do MF tem consequências Econômicas ou Operacionais?
- Categoria

Quadro 3.5 – Tabela Auxiliar de Falhas Funcionais

id_ff	Falha Funcional (ff)	Evidente?	Consequência Segurança ou Meio Ambiente?	Consequência Econômica ou Operacional?
1.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Não	Não	Sim
1.2	Fluxo é menor que 70GPM	Sim	Não	Sim
1.3	Falha a terminar fluxo no tempo especificado	Não	Não	Sim

Fonte: Autoria Própria

Quadro 3.6 – Tabela Auxiliar de Modos de Falha

id_mf	Modo de Falha (mf)	Evidente?
01.01	Falha no rolamento selado	Sim
01.02	Curto-Terra no motor	Sim
01.03	Vazamento entre motor e bomba	Sim

Fonte: Autoria Própria

Quadro 3.7 – Tabela Auxiliar de Efeitos

id_ef	Efeito (ef)	Consequência Segurança ou Meio Ambiente?	Consequência Econômica ou Operacional?
ef01	Bomba inoperante	Não	Sim
ef02	Perda de fluxo	Não	Sim
ef03	Degradação da água do Piscina/spa - spa inoperante	Não	Sim

Fonte: Autoria Própria

Os campos desta etapa podem ser visualizados no quadro 3.8. É importante frisar que as informações preenchidas automaticamente devem ser verificadas e podem ser alteradas manualmente. Uma alteração manual é sinalizada no campo superior da célula e por meio de formatação em itálico. Ver quadro 3.8.

Quadro 3.8 – Campos da etapa 4 da planilha MCC

FF ou MF é Evidente?	FF ou EF do MF afeta Segurança ou Meio Ambiente?	FF ou EF do MF tem consequências Econômicas ou Operacionais?	Categoria	Função Já é protegida por uma tarefa existente de manutenção?	Função Significativa?
Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim
Sim	<i>Sim</i>	Sim	ESA	Não	Sim

Fonte: Autoria Própria

3.4.3 ETAPA 5 - SELEÇÃO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO APLICÁVEIS E EFETIVAS

Dando continuidade na análise, a partir do modo de falha e suas causas tem início a etapa de seleção de tarefas de manutenção. Para auxiliar a documentação da seleção das tarefas nesta etapa, alguns campos importantes são sugeridos:

- Tarefas possíveis
 - Serviço Operacional
 - Inspeção Preditiva
 - Restauração Preventiva
 - Substituição Preventiva
 - Inspeção Funcional
 - Manutenção Combinada
 - Mudança de Projeto
 - Reparo Funcional
- Tarefas Candidatas
- Tarefa Proposta
- Justificativa
- Intervalo Estimado
- Observações

Estes campos podem ser visualizados na figura 3.9.

Quadro 3.9 – Campos da etapa 5 da planilha MCC

Categoria	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Reparo Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto	Reparo Funcional	Tarefas Candidatas	id_TarefaProposta	Tarefa Proposta	Justificativa	Intervalo Estimado	Observações
EEO	-	X	X	X		-	-	X	1. Análise de Vibração 2. Toca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	RF	Reparo Funcional	1. Custo do teste não justifica atividade, pois a ocorrência é baixa pode ser facilmente substituído	-	1 ocorrência em 12 anos
OEO	-	-	-	-	X	-	-	X	1. Inspeccionar Funcionamento 2. Lubrificar Válvula 3. Reparo Funcional	td4	Inspeccionar funcionamento adequado da válvula	2. Ocorrência muito baixa 3. Inspeção não tem custos	1 ano	Executar antes da primavera (uso do spa)
ESA	-	-	-	-		-	X		1. Instalação de um sistema de supervisão de chama	ppj1	Instalação de sistema de detecção de chama	Impacto na segurança da instalação	-	-
OSA	-	-	X	-	X	-	-		1. Remoção e limpeza 2. Monitorar retardo na ignição	td3	Remover e limpar queimador	Atividade de baixo custo. Atividade de monitoração é imprecisa e questionável	5 anos	-

Fonte: Autoria Própria

Para reforçar a incompatibilidade de algumas tarefas de manutenção com a categoria da Falha Funcional e/ou os Efeitos do Modo de Falha, a planilha evidencia essas tarefas por meio de uma hachura, que pode ser observada no quadro 3.9.

Após serem selecionadas as tarefas possíveis de serem executadas, o campo Tarefas Candidatas tem como objetivo selecionar as tarefas vistas como mais adequadas ao contexto da empresa e discutidas pelo time de análise.

O campo Tarefa Proposta também tem preenchimento facilitado das informações por meio de uma tabela auxiliar, possibilitando que uma única Tarefa seja proposta para vários modos de falha e causas. Os campos Observações, Intervalo Estimado e justificativa complementam as principais informações que podem ser inseridas nesta etapa.

3.4.4 ETAPA 6 - DEFINIÇÃO DOS INTERVALOS INICIAS E AGRUPAMENTO DAS TAREFAS DE MANUTENÇÃO

Nesta etapa são adicionados os Campos Intervalo Inicial, Agrupamento, Equipe Responsável e Status de Implementação (ver quadro 3.10) Além disso a planilha é reorganizada pelo campo Tarefa Proposta, com o objetivo de agrupar Tarefas que afetem múltiplas causas, eliminando a possibilidade de tarefas duplicadas e evidenciando a importância de tarefas que atendam a múltiplas causas.

Quadro 3.10 – Recorte da tela da ferramenta exibindo os Campos da etapa 6 da planilha MCC

Intervalo Inicial	Agrupamento	Equipe Responsável	Status de Implementação
-	Reparo Funcional	Manutenção	Documentado no plano de manutenção
6 meses	Preventiva Semanal	Operação	Implementado na tabela de manutenção do PM
1 ano	Parada Anual	Manutenção	Implementado na tabela de manutenção do PM
	Mudança de Projeto	Engenharia	Solicitado orçamento em abril/2000
5 anos	Parada Anual	Manutenção	Implementado na tabela de manutenção do PM

Fonte: Autoria Própria

3.4.5 DOCUMENTAÇÃO

A documentação destas etapas segue o mesmo padrão das etapas da secção anterior. Para facilitar o preenchimento das informações e documentação, cada etapa possui uma visualização resumida da planilha da MCC, exibindo somente as colunas com as informações necessárias de cada etapa.

4 CONCLUSÃO

Durante a revisão bibliográfica realizada para a elaboração deste trabalho, percebeu-se que as estruturas de manutenção vem ao longo dos anos ocupando um espaço de destaque no meio industrial. Isto se deve a nova visão da gestão de ativos que vem norteadando as decisões gerenciais das organizações.

Por meio de uma atuação efetiva da metodologia da MCC, se faz necessário combinar diferentes técnicas de análise como análise do modo de falha seus efeitos e criticidade (FMECA) e árvores de decisão, que por possuírem estrutura lógica em sua construção foi possível inseri-las dentro do aplicativo. Com isso, o uso destas técnicas se torna amigável para o usuário dentro do aplicativo.

Na elaboração do aplicativo foi selecionado uma forma de documentar todo o processo de implementação da MCC, optou-se pelo modelo proposto por Rigoni(2009), por destacar a necessidade de auditoria de cada uma das etapas da metodologia. No capítulo 2 foram descritas cada uma das etapas da metodologia da MCC e suas inter-relações.

Dentre as ferramentas tecnológicas mais presentes nas empresas, o software Microsoft Excel é amplamente conhecido e esta frequentemente disponível na maioria das organizações, sendo plataforma adequada por seu conhecimento comum e fácil acesso. No aplicativo foram desenvolvidos recursos para atender os principais requisitos da metodologia MCC, sendo essencialmente: documentação simples e objetiva por meio dos relatórios gerados; acompanhamento de todas as etapas de implementação por meio da análise simplificada de pré-requisitos e auditoria; Análise do modo de falhas, efeitos e criticidade alinhadas com a definição das técnicas de manutenção, com auxílio da planilha MCC.

Após o desenvolvimento da ferramenta, exemplos da literatura foram utilizados para a análise e preenchimento das informações, que permitiram a revisão e correção das funcionalidades, dando origem a documentação presente neste trabalho. Percebe-se que a estruturação em forma de planilha para a análise FMECA tem algumas limitações, principalmente se comparado com ferramentas que utilizem bancos de dados relacionais.

É sugerido para trabalhos futuros: inserção de referências da bibliografia nas questões de diagnóstico; desenvolvimento da funcionalidade de ajuda na metodologia vinculada a planilha; aprimoramento do desempenho e simplicidade das funcionalidades.

REFERÊNCIAS

- AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA. **MSG-1**: Maintenance evaluation and program development. [S.l.], 1968.
- AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA. **MSG-2**: Airline/manufacturer maintenance program planning. [S.l.], 1970.
- AIR TRANSPORT ASSOCIATION OF AMERICA. **MSG-3**: Operator/manufacturer scheduled maintenance development. [S.l.], 1978.
- ALKAIM, J. L. **Metodologia para incorporar conhecimento intensivo às tarefas de manutenção centrada na confiabilidade aplicada em ativos de sistemas elétricos**. Tese (Doutorado), 2003.
- AUTOMOTIVE INDUSTRY ACTION GROUP. **MFMEA-2**: Potential failure mode and effects analysis for tooling equipment (machinery fmea). [S.l.], 2012.
- BARAN, L. R. **Manutenção centrada em confiabilidade aplicada na redução de falhas: Um estudo de caso**. Tese (Especialização) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.
- BLOOM, N. B. **Reliability Centered Maintenance: Implementation made simple**. [S.l.]: McGraw-Hill, Inc, 2006.
- BOWLES, J. B. An assessment of rpn prioritization in a failure modes effects and criticality analysis. 2003.
- CARLSON, C. S. Lessons learned for effective fmeas. 2007.
- CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA. Desafios para indústria 4.0 no brasil. Brasília, 2016.
- DEPARTMENT OF DEFENSE, USA. **MIL-STD-1629A**: Military standard procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis. [S.l.], 1980.
- DEPARTMENT OF DEFENSE, USA. **MIL-STD-1843**: Reliability-centered maintenance for aircraft, engines and equipment. [S.l.], 1985.
- DEPARTMENT OF DEFENSE, USA. **MIL-STD-3034A**: Reliability-centered maintenance (rcm). [S.l.], 2014.
- FEDERAL AVIATION ADMINISTRATION. **Handbook for Maintenance Control by Reliability Methods**: Advisory circular 120-17. [S.l.], 1964.
- FORD MOTOR COMPANY. **Failure Mode Effects Analysis**: Handbook supplement for machinery. [S.l.], 1996. 32 p.
- FUENTES, F. E. e F. **Metodologia para inovação da gestão de manutenção industrial**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2006.

- HIGGINS, D. J. W. e. R. K. M. L. R. **Maintenance Engineering Handbook**. [S.l.]: McGraw-Hill, 2008.
- INTERNETIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION. **IEC 60300-3-11**: Dependability management - part 3-11: Application guide - reliability centred maintenance. Geneva, Switzerland, 2009. 98 p.
- KARDEC, J. N. A. **Manutenção: Função Estratégica**. [S.l.]: Qualitymark, 2009.
- LAFRAIA, J. R. B. **Manual de Confiabilidade, Mantenabilidade e Disponibilidade**. [S.l.]: Qualitymark, 2006.
- MATTHEWS, D. **A History of Auditing: The Changing Audit Process in Britain from the nineteenth century to the present**. [S.l.]: Routledge, 2006.
- MOUBRAY, J. **RCM II Reliability-centred Maintenance**. [S.l.]: Butterworth-Heinemann, 1997.
- NOWLAN, H. F. H. F. S. **Reliability-Centered Maintenance**. California, EUA, 1978. 476 p.
- PELROKORPI, M. **Feasibility Study of Reliability Centered Maintenance Process**: Applying rcm ii approach to customer feedback in sw development environment. Bacharelado — Department of Machine and Manufacturing Aeronautics, TAMK University of Applied Sciences, 2009.
- RIGONI, E. **Metodologia para implantação da manutenção centrada na confiabilidade: uma abordagem fundamentada em sistemas baseados em conhecimento e lógica Fuzzy**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.
- RIGONI, E. **Manutenção Centrada em Confiabilidade**. Material Fornecido em Aula — Disciplina de Gerência de Manutenção ministrada na Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- SILVA, A. D. e Emerson Rigoni e Jonny Carlos da. **Aplicação da Lógica Fuzzy nos Diagramas de Tomada de Decisão da Manutenção Centrada na Confiabilidade**. IX Seminário Paranaense de Manutenção — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.
- SIMON, J. L. **Excel data analysis: your visual blueprint for analyzing data, Charts and PivotTables**. [S.l.]: John Wiley Consumer, 2005.
- SIQUEIRA, I. P. **Manutenção Centrada na Confiabilidade: Manual de Implementação**. [S.l.]: Qualitymark, 2005.
- SIQUEIRA, I. P. Software requirements for reliability-centered maintenance application. p. 7, 2006.
- SMITH, A. M. **Reliability-Centered Maintenance**. [S.l.]: McGraw-Hill, 1993.
- SMITH, G. H. e A. M. **RCM: Gateway to World Class Maintenance**. [S.l.]: Elsevier Butterworth-Heinemann, 2004.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **SAE J1739**: Potential failure mode and effects analysis in design (design fmea) and potential failure mode and effects analysis in manufacturing and assembly processes (process fmea reference manual). Pennsylvania, EUA, 1994. 43 p.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **SAE J1739**: Potential failure mode and effects analysis in design (design fmea) and potential failure mode and effects analysis in manufacturing and assembly processes (process fmea reference manual), and potential failure mode and effects analysis for machinery (machinery fmea). [S.l.], 2002.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **JA1011**: Evaluation criteria for reliability-centered maintenance (rcm) processes. [S.l.], 2009.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **JA1012**: A guide to the reliability-centered maintenance (rcm) standard. [S.l.], 2011.

SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS. **ARP5580**: Recommended failure modes and effects analysis (fmea) practices for non-automobile applications. [S.l.], 2012.

APÊNDICE A – MANUAL DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA

O manual da ferramenta contém orientações importantes para a correta utilização das funcionalidades.

ALIÃ BIANCO DE BRITO

**MANUAL DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA PARA
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DA MANUTENÇÃO
CENTRADA NA CONFIABILIDADE EM SISTEMAS
INDUSTRIAIS**

VERSÃO DO MANUAL: 20180625

VERSÃO DA FERRAMENTA: 20180625

SUMÁRIO

1	MANUAL DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA	2
1.1	Informações sobre a Ferramenta	2
1.2	Navegação	2
1.3	Planilha de Diagnóstico	3
1.4	Documentação e Análise das Etapas	5
1.4.1	Preenchimento da Etapa 3	7
1.4.2	Preenchimento da Etapa 4	11
1.4.3	Preenchimento da Etapa 5	12
1.4.4	Preenchimento da Etapa 6	13
1.5	Modificação da Ferramenta	14

1 MANUAL DE UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA

1.1 INFORMAÇÕES SOBRE A FERRAMENTA

A Ferramenta MCC está licenciada com uma Licença Creative Commons tipo Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA). Para maiores informações, visitar o endereço: <<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>>

Contato para licenciamento e outras informações: Aliã Bianco de Brito - <aliabrito@alunos.utfpr.edu.br>

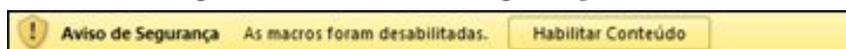
O download da última versão da ferramenta pode ser feito através dos endereços: <<https://sites.google.com/alunos.utfpr.edu.br/ferramentamcc/>> e <<http://bit.ly/ferramentamcc>>

É recomendado o uso do Microsoft Excel 2013 ou superior. As versões testadas até esta versão do manual foram: 15.0.4420.1017 (Excel 2013) e 16.0.9330.2124 (Excel 2016).

Não é necessário nenhum procedimento de instalação.

Para o perfeito funcionamento a ferramenta necessita do recurso de macro habilitado. Em sua configuração padrão o Microsoft Excel irá emitir um aviso de segurança na barra de mensagens quando a ferramenta for aberta pela primeira vez. Clicar em Habilitar Conteúdo. Ver figura 1.1.

Figura 1.1 – Aviso de Segurança macros



Outras formas de habilitar os macros do excel estão disponíveis no endereço: <<https://support.office.com/pt-br/article/habilitar-ou-desabilitar-macos-em-arquivos-do-office-12b>>

1.2 NAVEGAÇÃO

No momento que a ferramenta é aberta uma janela de menu é automaticamente aberta. Ver figura 1.2. Através deste menu é possível navegar por todos os recursos da ferramenta.

Outra forma de acessar este menu é através do clique com o botão direito do mouse em qualquer célula da planilha e em seguida em menu. Ver grifo figura 1.3.

Figura 1.2 – Menu da Ferramenta

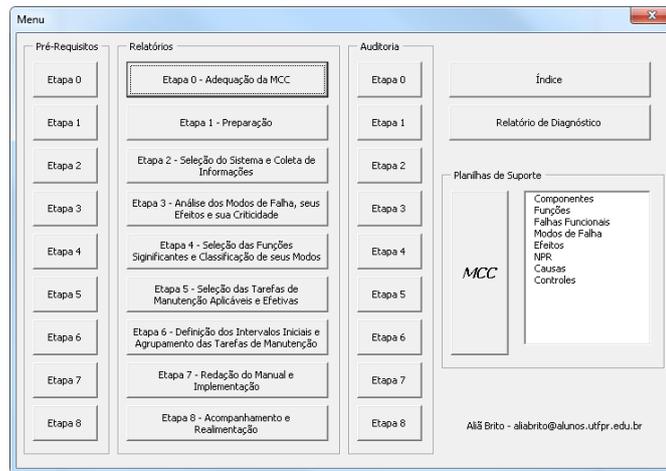
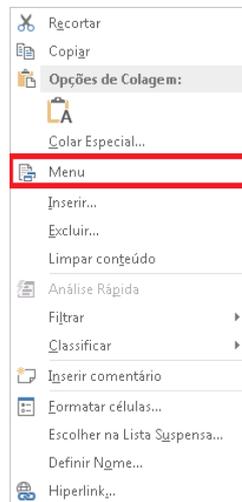


Figura 1.3 – Menu da Ferramenta



O recomendado que preenchimento e análise das informações seja feito seguindo a ordem das etapas da metodologia e que a navegação pela ferramenta seja feita exclusivamente por este menu.

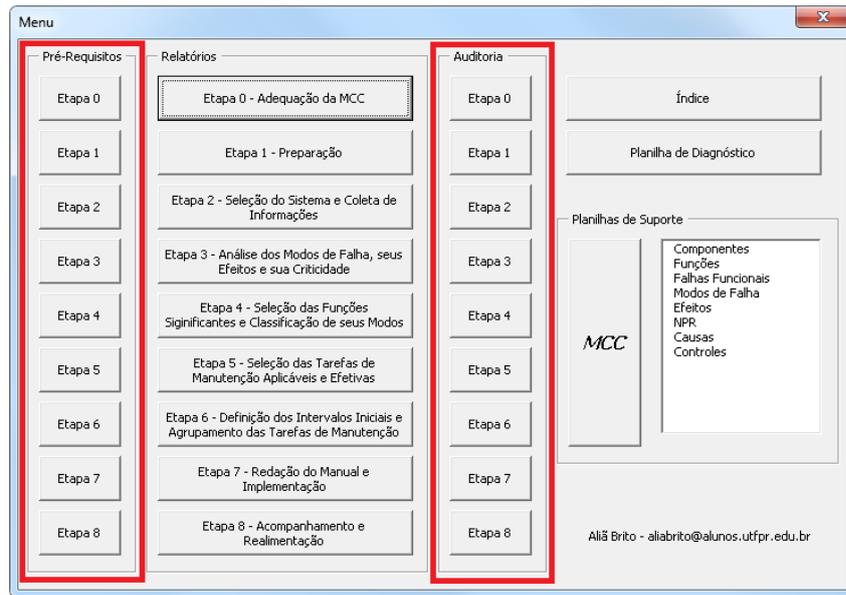
1.3 PLANILHA DE DIAGNÓSTICO

Esta planilha contém questões, organizadas em critérios, para a avaliação de Pré-Requisitos e Auditoria de cada uma das etapas da MCC.

O seu preenchimento deve ser realizado conforme o andamento das etapas: sendo as questões de Pré-Requisitos avaliadas antes da execução de cada uma das etapas; e as questões de auditoria avaliadas depois da execução de cada uma das etapas.

Para facilitar o acesso, visualização e documentação das perguntas de cada etapa, foram adicionados botões no menu da ferramenta, que filtram as questões pertinentes a cada etapa e tipo de análise (Pré-Requisito ou auditoria). Ver grifo na figura 1.4.

Figura 1.4 – Botoes no menu para facilitar acesso as questões de pré-requisito e auditoria



Toda questão deve ser preenchida pelo usuário com duas notas (ver quadro 1.1):

- Aderência - Que deve ser preenchida representando a aderência ou não da organização a questão em avaliação.
- Desejado - Que deve ser preenchido e representa o nível de desempenho desejado para o contexto da organização.

Para auxiliar a melhoria de deficiências relacionadas as questões, foram adicionados os campos Plano de Ação e Responsável. Assim ações de melhoria podem ser registradas, delegadas e documentadas de maneira simples e ágil. Ver quadro 1.1.

A organização da tabela contida na planilha de diagnóstico pode ser visualizada no recorte de tela da quadro 1.1.

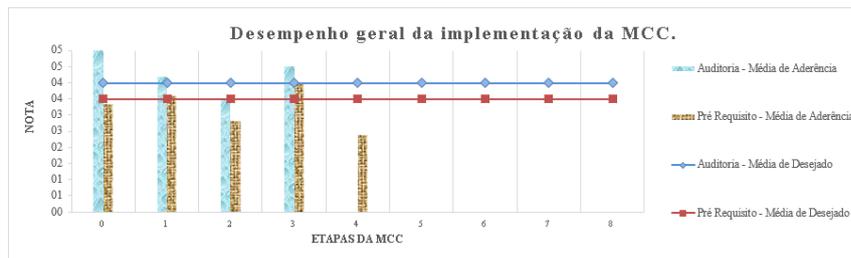
Quadro 1.1 – Tabela contida na planilha de diagnóstico

Etapa	Tipo	Critério	No. questão	Questão	Aderência	Desejado	Plano de Ação	Responsável
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequação da MCC), do procedimento de referência para implementação da MCC, estão disponíveis.	5	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada.	3	3,5		

As notas de Aderência e Desejado das questões preenchidas, possibilitam a construção de dois Gráficos:

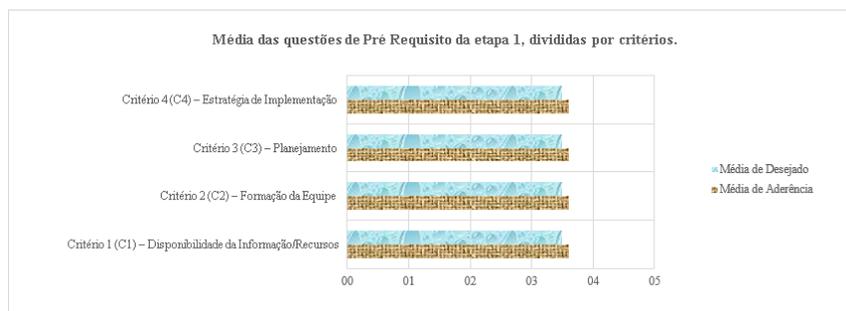
O primeiro é do desempenho geral da implementação da MCC, que mostra as médias de Aderência e Desejado para cada uma das etapas da MCC. Ele permite acompanhar o desenvolvimento das etapas, conforme as questões de pré-requisito e auditoria são preenchidas junto com a execução das etapas. A figura 1.5 mostra esse gráfico, que exemplifica um processo de implementação da MCC que está na etapa 4 de execução e não passou pela avaliação das questões de auditoria, apenas de pré-requisito.

Figura 1.5 – Recorte da tela da ferramenta exibindo o gráfico de desempenho da implementação da MCC



O segundo gráfico é direcionado apenas para o tipo (pré-requisito ou auditoria) da etapa selecionada para análise (através dos botões no menu da ferramenta). Este gráfico mostra as médias de aderência e desejado para os diferentes critérios nas quais as questões estão agrupadas, permitindo assim uma rápida análise de quais pontos precisam ser desenvolvidos na etapa selecionada.

Figura 1.6 – Recorte da tela da ferramenta exibindo um gráfico de desempenho de Pré-Requisitos da etapa 1, divididos por critérios.



1.4 DOCUMENTAÇÃO E ANÁLISE DAS ETAPAS

Para facilitar a documentação das informações, os relatórios acessados através do menu da ferramenta exibem as planilhas em formato de layout de página com informações importantes no rodapé e cabeçalho. Estas informações podem ser configuradas em uma tabela contida na planilha Índice, sendo que apenas a coluna Valor deve ser alterada pelo usuário. Ver quadro 1.2.

Uma vez alteradas nesta tabela, as informações do rodapé/cabeçalho são atualizadas em todas as planilhas quando elas são salvas e antes da impressão.

Quadro 1.2 – Tabela de Configurações

Configurações			
Tipo	Parametro	Valor	Descrição
Básico	equipeanalise	Colaborador 1, Colaborador 2	responsável pela análise (aparecerá nos rodapés dos relatórios)
Básico	idsistema	idsistema	Identificação do sistema (aparecerá nos rodapés dos relatórios)
Básico	idsubsistema	issubsistema	Identificação do subsistema (aparecerá nos rodapés dos relatórios)
Básico	sistema	Sistema	Sistema (aparecerá nos rodapés dos relatórios)
Básico	subsistema	Sub Sistema	Subsistema analisado (aparecerá nos rodapés dos relatórios)
Básico	facilitador	facilitador	Nome do Facilitador (aparecerá nos rodapés dos relatórios)
Básico	organizacao	Nome da Organização	Nome da Organização (aparecerá nos rodapés dos relatórios)

Na figura 1.7 é possível visualizar as informações contidas no cabeçalho e rodapé das páginas. O título é automaticamente alterado conforme a planilha que está sendo visualizada.

Figura 1.7 – Cabeçalho e rodapé dos Relatórios

Sistema: Sistema (idsistema) Subsistema: Sub Sistema (issubsistema)	Etapa 1 Adequação à MCC	Data: 23/05/2018 Página: 1/1 planilha mcc r2 02-05
Análise: Colaborador 1, Colaborador 2 e facilitador (facilitador)	Ferramenta MCC por Alã Brito - alãbrito@alunos.utfpr.edu.br	Nome da Organização

Assim é possível imprimir (de maneira física ou digital) e organizar toda a documentação das etapas da metodologia.

As etapas 1, 2, 7 e 8 possuem relatórios com os tópicos mais importantes que podem ser preenchidos e alterados conforme a necessidade do usuário. Seu preenchimento é simples e intuitivo.

As etapas 3,4,5 e 6 possuem uma única planilha, chamada planilha MCC, que é estruturada no modelo de planilha de análise de modo de falhas e criticidade (FMECA), que sustenta as informações da análise das etapas 3 até 6.

Dado a grande quantidade de informações contida nesta planilha, para facilitar a visualização, preenchimento e análise das informações desta etapas, ao se acessar uma destas etapas, através do menu da ferramenta, apenas as colunas que precisam ser preenchidas ou visualizadas naquela etapa são exibidas.

A figura 1.8 exibe a planilha MCC completa e a figura 1.9 mostra apenas os campos exibidos para a análise da etapa 3.

Figura 1.8 – Planilha da MCC completa

Figura 1.9 – Planilha da MCC exibindo a etapa 3

Item	Componente	Descrição	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Valor Total	Observações
01	Banco de dados SGP	Manutenção SGP de fluxos de dados em servidores de aplicação para o sistema de gestão de recursos humanos	1.1	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
			1.2	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
			1.3	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
			1.4	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
02	Banco de dados SGP	Manutenção SGP de fluxos de dados em servidores de aplicação para o sistema de gestão de recursos humanos	1.1	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
			1.2	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
			1.3	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
			1.4	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
03	Banco de dados SGP	Manutenção SGP de fluxos de dados em servidores de aplicação para o sistema de gestão de recursos humanos	1.1	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
			1.2	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
			1.3	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00
			1.4	Atividade de manutenção	1	R\$ 20.000,00	20.000,00

1.4.1 PREENCHIMENTO DA ETAPA 3

O preenchimento da maioria das informações desta etapa não deve ser feito diretamente na planilha, eles devem ser armazenados em tabelas auxiliares, como o quadro 1.3, e podem ser acessadas de duas formas: por meio do menu da ferramenta (ver grifo figura 1.10) e através de dois cliques sobre o respectivo campo na planilha MCC (maiores detalhes na sequência).

Cada informação deve possuir um identificador (ID) único no formato de texto (contendo no mínimo uma letra). Estes IDs que devem ser inseridos na planilha MCC, ver figura 1.11

Para facilitar a escolha das informações nas tabelas auxiliares, é possível dar dois cliques no campo desejado na planilha da MCC e a respectiva tabela auxiliar será aberta

Quadro 1.3 – Tabela auxiliar de componentes

id_co	Componente	Descrição
c01	Bomba P1 com motor 1HP	
c02	Bomba de varredura P2 com 3/4HP	
c03	Válvula de divisão piscina/spa	
c10	Clorador	
c11	Válvula de descarga do filtro principal	
c12	Manômetro de pressão no filtro principal	
c13	Aquecedor a gás	

Figura 1.10 – Destaque do acesso as tabelas auxiliares no menu da ferramenta

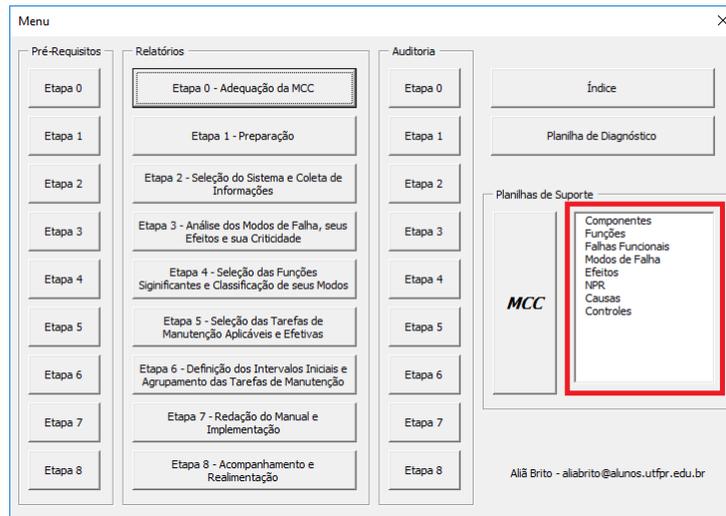


Figura 1.11 – Destaque do preenchimento dos IDs na planilha MCC

id_Componente	Componente	id_Funcao	Função
c01	Bomba P1 com motor 1HP	f01	Manter 70-GPM de fluxo de água em momentos específicos para outros subsistemas

com o atual campo já selecionado. É possível então escolher outro valor na tabela auxiliar com dois cliques e a ferramenta retorna automaticamente a planilha MCC inserindo a respectiva ID do campo escolhido na planilha. Para evidenciar que um novo valor deve ser escolhido, a tabela auxiliar fica destacada com a cor vermelha.

Os campos da etapa 3 que se utilizam deste recurso de tabela auxiliares são:

- Componente (id_Componente)
- Função (id_Funcao)
- Falha Funcional (id_FalhaFuncional)
- Modo de Falha (id_MododeFalha)

-
- Efeito Local (id_EfeitoLocal)
 - Efeito Sistema (id_EfeitoSistema)
 - Efeito Planta (id_EfeitoPlanta)
 - Severidade (id_severidade)
 - Causas Potenciais do Modo de Falha (id_Causa)
 - Ocorrência (id_Ocorrencia)
 - Controles Atuais (id_Controlo)
 - Detecção (id_Deteccao)

As linhas da planilha MCC são classificadas automaticamente por ordem alfabética e crescente dos IDs na seguinte ordem:

- Componente (id_Componente)
- Função (id_Funcao)
- Falha Funcional (id_FalhaFuncional)
- Modo de Falha (id_MododeFalha)
- Efeito Local (id_EfeitoLocal)
- Efeito Sistema (id_EfeitoSistema)
- Efeito Planta (id_EfeitoPlanta)
- Causas Potenciais do Modo de Falha (id_Causa)

Para facilitar a visualização das informações, algumas células tem as linhas removidas e seu conteúdo escondido (através da formatação do texto com a mesma cor do fundo), ver quadro 1.4. Esta é uma formatação comum para a organização da Análise de Modo de Falhas que sustenta a estrutura da planilha MCC.

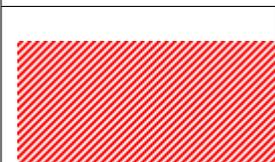
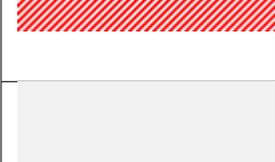
O campo NPR é calculado automaticamente multiplicando se os campos de Severidade, Ocorrência e Detecção.

Deve-se tomar cuidado no preenchimento da planilha para que as células que contenham fórmulas não sejam apagadas. Para facilitar a visualização e entendimento do usuário de quais células devem ser preenchidas e quais não devem ser alteradas, foram configuradas hachuras no plano de fundo das células. O quadro 1.5 mostra esta sinalização.

Quadro 1.4 – Formatação da planilha MCC

ID Componente	Componente	ID Função	Função	ID Falha Funcional	Falha Funcional	Modo de Falha	Efeito Lucral		
c01	Bomba P1 com motor 1HP	f01	Manter 70-GPM de fluxo de água em momentos específicos para outros subsistemas	f1.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	01.0 1	Falha no rolamento selado	ef0 1	Bomba inoperante
						01.0 2	Curto-Terra no motor	ef0 1	Bomba inoperante
						01.0 3	Vazamento entre motor e bomba	ef1 8	Perda de pressão na bomba e possível dan ao motor e/ou bomba
				f1.2	Fluxo é menor que 70GPM	01.0 4	Desgaste do Rolamento	ef0 5	dezenpenha inadequada da bomba
c02	Bomba de varredura P2 com 3/4HP	f02	Manter 50-GPM de fluxo de água em momentos específicos para outros subsistemas	f2.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	02.0 1	Falha no rolamento selado	ef0 1	Bomba inoperante
						02.0 2	Curto-Terra no motor	ef0 1	Bomba inoperante
						02.0 3	Vazamento entre motor e bomba	ef1 8	Perda de pressão na bomba e possível dan ao motor e/ou bomba
				f2.2	Fluxo é menor que 50 GPM	02.0 4	Desgaste do Rolamento	ef0 5	dezenpenha inadequada da bomba

Quadro 1.5 – Sinalização do conteúdo das células.

Plano de Fundo	Tipo	Descrição
	Tabela Auxiliar	Preencher o campo id ao lado ou clicar duas vezes sobre o campo. Exemplo: Coluna componente
	Fórmula	Cálculo automático, preenchimento manual facultativo. Exemplo: Coluna NPR
	Erro	Fórmula apagada (campo não é de preenchimento manual) ou Campo vazio. Exemplo: Coluna componente (quando formula é apagada - Para corrigir copiar da célula inferior ou superior) ou Coluna ID vazia (Preencher campo para corrigir).
	Preenchimento manual	Preenchimento manual do usuário. Exemplo: Colunas IDs

Inserção de novas linhas na planilha pode ser feita de duas formas:

Inserir nova linha na tabela: Clique com botão direito na planilha: Inserir e Inserir

linha na tabela acima. A nova linha tem todos os campos que necessitam ser preenchidos hachurados em vermelho. Ver exemplo da linha 10 da planilha MCC na figura 1.12.

A segunda forma é copiar as informações de uma nova linha (acima ou abaixo da escolhida). Nesta opção os campos são copiados da esquerda para direita somente até a coluna que houve o clique, deixando as colunas a direita do clique em branco. Ver exemplo da linha 8 da planilha MCC na figura 1.12 (Clique feito na coluna Modo de Falha)

Figura 1.12 – Inserindo novas linhas na planilha

	id_Componente	Componente	id_Funcao	Função	id_FalhaFuncional	Falha Funcional	id_ModoFalha	Modo de Falha	id_EfeitoLocal	Efeito Local	id_EfeitoSistema	Efeito Sistema	id_EfeitoPlanta
3													
4	c01	Bomba P1 com motor 1HP	f01	Manter 70-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	f1.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	01.01	Falha no rolamento selado	ef01	Bomba inoperante	ef02	Perda de fluxo	ef01
5													
6							01.02	Curto-Terra no motor	ef01	Bomba inoperante	ef02	Perda de fluxo	ef01
7							01.03	Vazamento entre motor e bomba	ef18	Perda de sucção na bomba e possível dano ao motor e/ou bomba	ef02	Perda de fluxo	ef01
8										#N/D		#N/D	
9					f1.2	Fluxo é menor que 70GPM	01.04	Desgaste do Rolamento	ef05	desempenho inadequado da bomba	ef08	Fluxo reduzido	ef01
10		#N/D		#N/D		#N/D		#N/D		#N/D		#N/D	
11	c02	Bomba de varredura P2 com 3/4HP	f02	Manter 50-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	f2.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	02.01	Falha no rolamento selado	ef01	Bomba inoperante	ef06	Fluxo reduzido para jatos piscina	ef01

1.4.2 PREENCHIMENTO DA ETAPA 4

Se no momento do preenchimento das tabelas auxiliares Falha Funcional, Modo de Falha e Efeitos, na etapa anterior, forem preenchidos as informações sobre evidência, consequências de segurança, econômica e operacionais. (ver quadros 1.6, 1.7 e 1.8) Os seguintes campos desta etapa serão preenchidos automaticamente:

- FF ou MF é Evidente?
- FF ou EF do MF afeta Segurança ou Meio Ambiente?
- FF ou EF do MF tem consequências Econômicas ou Operacionais?
- Categoria

Os campos desta etapa podem ser visualizados no quadro 1.9. É importante frisar que as informações preenchidas automaticamente devem ser verificadas e podem ser alteradas manualmente. Uma alteração manual é sinalizada no campo superior da célula e

Quadro 1.6 – Tabela Auxiliar de Falhas Funcionais

id_ff	Falha Funcional (ff)	Evidente?	Consequência Segurança ou Meio Ambiente?	Consequência Econômica ou Operacional?
1.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Não	Não	Sim
1.2	Fluxo é menor que 70GPM	Sim	Não	Sim
1.3	Falha a terminar fluxo no tempo especificado	Não	Não	Sim

Quadro 1.7 – Tabela Auxiliar de Modos de Falha

id_mf	Modo de Falha (mf)	Evidente?
01.01	Falha no rolamento selado	Sim
01.02	Curto-Terra no motor	Sim
01.03	Vazamento entre motor e bomba	Sim

Quadro 1.8 – Tabela Auxiliar de Efeitos

id_ef	Efeito (ef)	Consequência Segurança ou Meio Ambiente?	Consequência Econômica ou Operacional?
ef01	Bomba inoperante	Não	Sim
ef02	Perda de fluxo	Não	Sim
ef03	Degradação da água do Piscina/spa - spa inoperante	Não	Sim

por meio de formatação em *itálico*. Ver quadro 1.9. Para mais informações sobre os planos de fundo das células, ver quadro 1.5.

Quadro 1.9 – Campos da etapa 4 da planilha MCC

FF ou MF é Evidente?	FF ou EF do MF afeta Segurança ou Meio Ambiente?	FF ou EF do MF tem consequências Econômicas ou Operacionais?	Categoria	Função Já é protegida por uma tarefa existente de manutenção?	Função Significativa?
Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim
Sim	<i>Sim</i>	Sim	ESA	Não	Sim

1.4.3 PREENCHIMENTO DA ETAPA 5

Os campos que devem ser preenchidos nesta etapa podem ser visualizados no quadro 1.10.

Para reforçar a incompatibilidade de algumas tarefas de manutenção com a categoria da Falha Funcional e/ou os Efeitos do Modo de Falha, a planilha evidencia essas tarefas por meio de uma hachura, que pode ser observada no quadro 1.10.

Com a exceção do campo Tarefa Proposta, que consta com ajuda de uma tabela auxiliar, os demais campos são todos de preenchimento manual e devem ser preenchidos de acordo com a metodologia da MCC.

Quadro 1.10 – Recorte da tela da ferramenta exibindo os Campos da etapa 5 da planilha MCC

Categoria	Operacional	Previsão	Revisão	Substituição	Previsão	Previsão	Manutenção	Completada	Mudança de projeto	Reparo Funcional	Tarefas Candidatas	id_TarefaProposta	Tarefa Proposta	Justificativa	Intervalo Estimado	Observações
EEO	-	X	X	X						X	1. Análise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	RF	Reparo Funcional	1. Custo do teste não justifica atividade, pois a ocorrência é baixa pode ser facilmente substituído	-	1 ocorrência em 12 anos
OEO	-	-	-	-	X	-	-	-	-	X	1. Inspeccionar Funcionamento 2. Lubrificar Válvula 3. Reparo Funcional	td4	Inspeccionar funcionamento adequado da válvula	2. Ocorrência muito baixa 3. Inspeção não tem custos	1 ano	Executar antes da primavera (uso do spa)
ESA	-	-	-	-			X				1. Instalação de um sistema de supervisão de chama	prj1	Instalação de sistema de detecção de chama	Impacto na segurança da instalação	-	-
OSA	-	-	X	-	X	-	-				1. Remoção e limpeza 2. Monitorar retardar na ignição	td3	Remover e limpar queimador	Atividade de baixo custo. Atividade de monitoração é imprecisa e questionável	5 anos	-

1.4.4 PREENCHIMENTO DA ETAPA 6

Os campos que devem ser preenchidos nesta etapa podem ser visualizados no quadro 1.11.

Nesta etapa as informações da planilha são classificadas de maneira diferente, por ordem alfabética do identificador componente e Tarefa proposta. Assim Tarefas que afetem múltiplas causas são agrupadas eliminando a possibilidade de tarefas duplicadas e evidenciando a importância de tarefas que atendam a múltiplas causas.

Os campos Agrupamento e Equipe Responsável são auxiliados por uma lista de seleção de opções que pode ter suas opções alteradas clicando duas vezes sobre o campo.

Quadro 1.11 – Campos da etapa 6 da planilha MCC

Intervalo Inicial	Agrupamento	Equipe Responsável	Status de Implementação
-	Reparo Funcional	Manutenção	Documentado no plano de manutenção
6 meses	Preventiva Semanal	Operação	Implementado na tabela de manutenção do PM
1 ano	Parada Anual	Manutenção	Implementado na tabela de manutenção do PM
	Mudança de Projeto	Engenharia	Solicitado orçamento em abril/2000
5 anos	Parada Anual	Manutenção	Implementado na tabela de manutenção do PM

1.5 MODIFICAÇÃO DA FERRAMENTA

Para o correto funcionamento das funcionalidades da planilha, algumas alterações na ferramenta não são recomendadas, a não ser que o usuário tenha conhecimentos de programação VBA:

Alteração dos nomes das planilhas Alteração dos nomes das colunas (da planilha MCC ou qualquer outra tabela) Remoção de colunas da planilha MCC

Uma vez que o usuário tenha conhecimentos de programação VBA, nenhuma proteção foi adicionada a ferramenta e toda ela pode ser então modificada de acordo com as necessidades do usuário.

Caso o usuário queira alterar as colunas que são exibidas nas etapas 3 até 6, podendo inserir ou ocultar colunas, ele fazer uso da tabela contida na planilha Auxiliares. Ver quadro 1.12.

Quadro 1.12 – Tabela do Excel para configuração de exibição das colunas

		Ocultar? (Sim=1 Não=0)				
		Etapas				
Coluna	MCC	3	4	5	6	
formatação		1	1	1	1	1
id_Componente		0	0	0	0	0
Componente		0	0	0	0	0
formatação5		1	1	1	1	1
id_Funcao		0	0	1	1	1
Função		0	0	0	0	0
formatação4		1	1	1	1	1
id_FalhaFuncional		0	0	1	1	1
Falha Funcional		0	0	0	0	0
formatação2		1	1	1	1	1

Caso o usuário insira uma nova coluna na planilha MCC, ele deve colocar o nome da coluna criada nesta tabela e informar em qual etapa ele deseja que ela apareça. Sendo o valor 0 atribuído quando ele deseja que a coluna seja visualizada naquela etapa ou o valor 1 quando desejado que seja oculta.

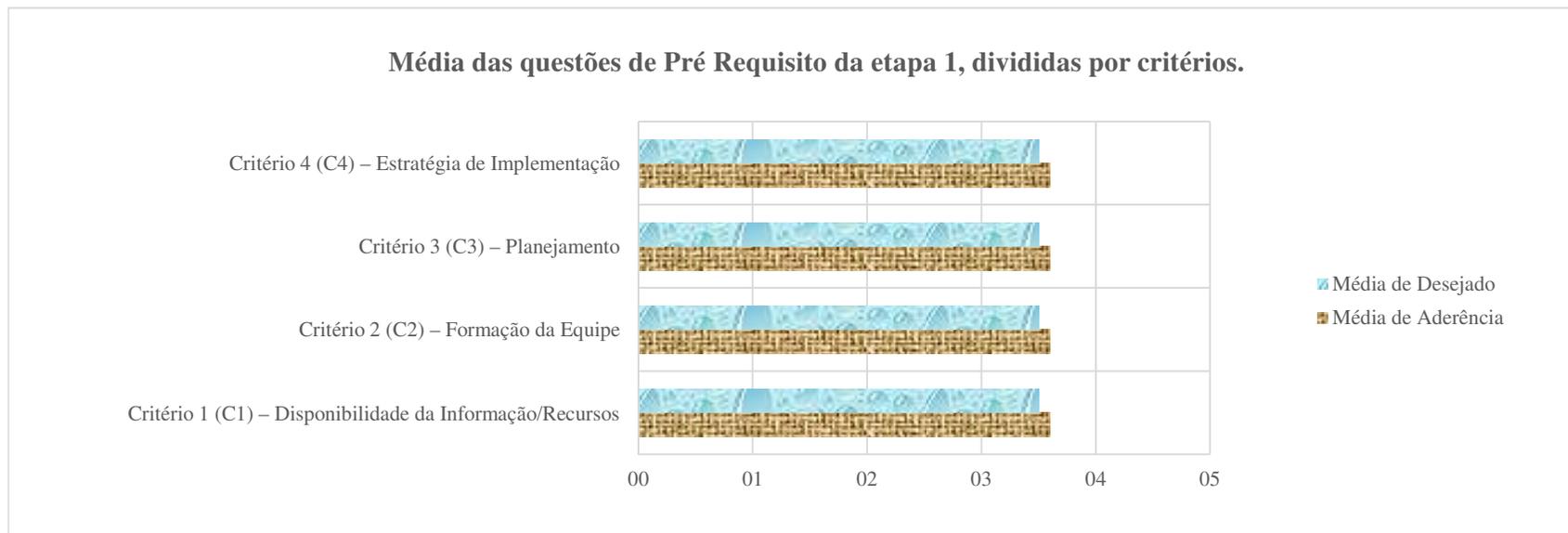
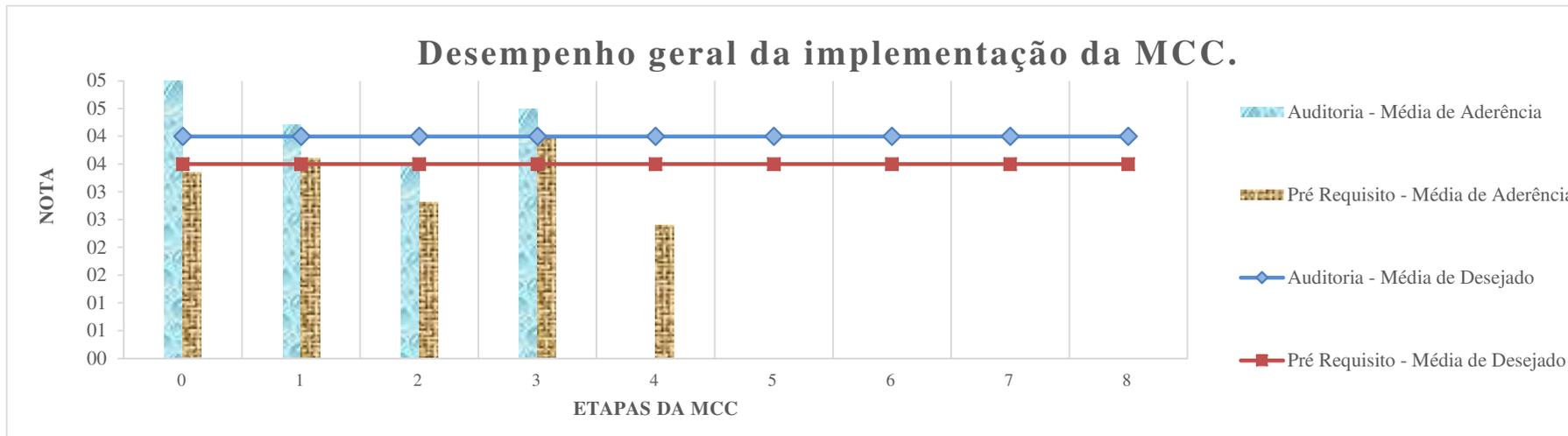
Caso o usuário ache alguma coluna da planilha desnecessária, ele pode ocultar a exibição desta coluna atribuindo o valor 1 a todas as etapas.

As colunas formatação são utilizadas para formatação da planilha e devem ser ocultas em todas as etapas.

APÊNDICE B – EXEMPLO DE RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO

É recomendado que os procedimentos de auditoria e pré-requisitos de cada etapa sejam documentados. Este é um exemplo da documentação de pré-requisitos e auditoria, respectivamente, da etapa 1. A título de exemplo os questionários foram preenchidos de maneira hipotética e simulando um processo de implementação em andamento na etapa

4.



Relatório de Pré Requisito - Etapa 1

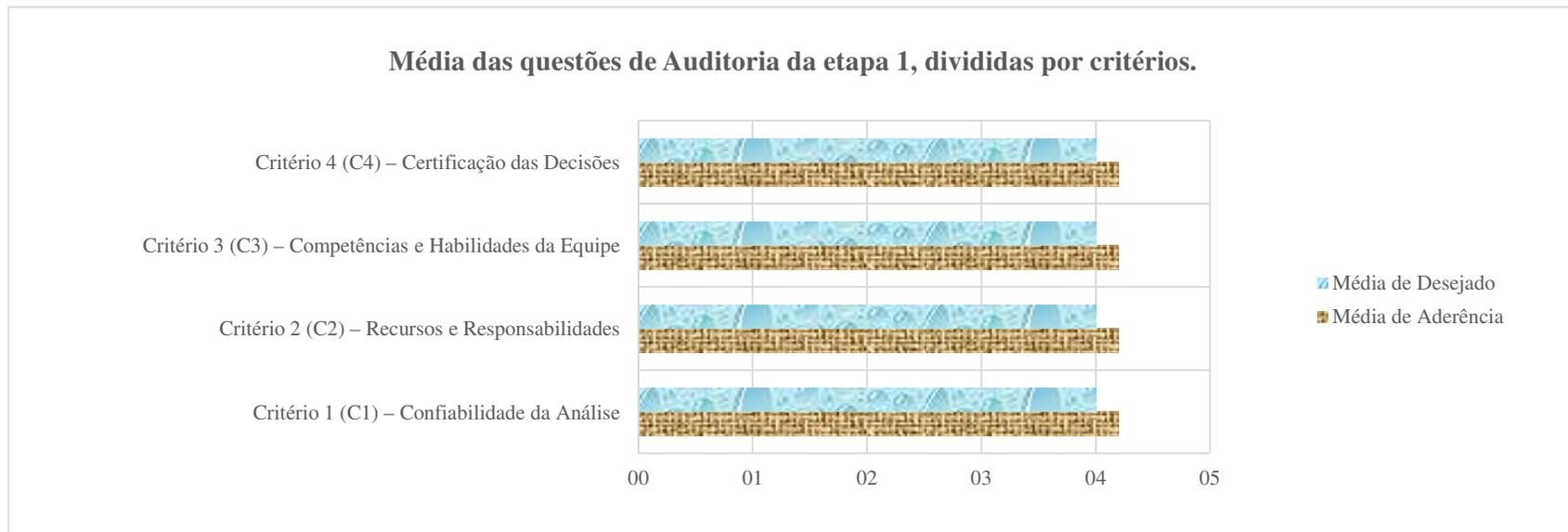
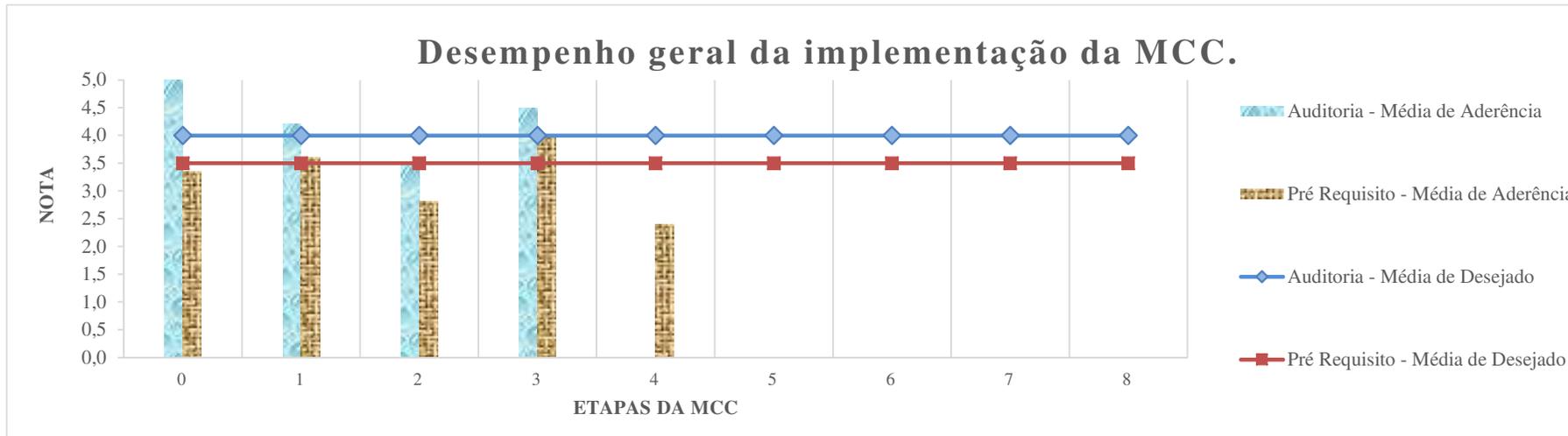
Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão	Aderência	Desejado	Plano de Ação	Responsável
1	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 1 (Preparação), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão disponíveis.	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	A etapa anterior foi Auditada com relação ao nível de conformidade com os requisitos do procedimento de referência. procedimento de referência. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na Auditoria da Etapa 0 (Adequação da MCC).	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Quando em conta o tamanho e a complexidade dos sistemas candidatos à implantação da MCC, o software de apoio à equipe de implementação atende a todas as necessidades – seja ele um software comercial específico para MCC ou, genérico de gestão da manutenção aliado a softwares de automação de escritório.	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	Os itens/componentes dos sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma identificação única e inequívoca (etiqueta - tag).	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	1	A empresa designou um patrocinador interno para auxiliar a implantação da MCC, com poder para mobilização financeira e de pessoal.	3,6	3,5		

Relatório de Pré Requisito - Etapa 1

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão	Aderência	Desejado	Plano de Ação	Responsável
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	2	A empresa possui internamente e/ou contratará consultores externos com conhecimento comprovado da metodologia MCC para atuarem como facilitadores do processo de implementação.	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	3	Todos os interessados nos sistemas candidatos à implantação da MCC, incluindo os clientes internos e externos à empresa, estão disponíveis e dispostos a colaborar com o processo de implantação.	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	4	Os níveis gerenciais estão envolvidos e comprometidos com a equipe de implementação da MCC.	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	5	Existe pessoal habilitado, conhecedor da metodologia MCC e com competência equivalente, para eventuais substituições de membros da equipe de implementação.	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Planejamento	1	A condução do processo de implantação do programa de MCC seguirá uma metodologia de Gestão de Projetos. Ex.: PMBOK (Project Management Body of Knowledge) do PMI (Project Management Institute).	3,6	3,5		

Relatório de Pré Requisito - Etapa 1

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão	Aderência	Desejado	Plano de Ação	Responsável
1	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Planejamento	2	A implantação da MCC faz parte dos objetivos e metas do planejamento estratégico da empresa e por isto terá um status prioritário para os níveis gerenciais além de contar com níveis compatíveis de organização e alocação de responsabilidades, assim como recursos humanos e financeiros.	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Planejamento	3	A equipe de implementação terá redução de sua carga normal de trabalho para participar do projeto de implementação da MCC. Isto resultará em disponibilidade tanto para reuniões programadas	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Estratégia de Implementação	1	A equipe conhece o contexto operacional, cultural, histórico e político da empresa/sistema para balizar os objetivos e resultados esperados e delinear a estratégia de implementação.	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Estratégia de Implementação	2	Um projeto piloto de implementação da MCC já foi conduzido pela empresa e seus resultados práticos e de amadurecimento na metodologia MCC serão utilizados no processo de implementação.	3,6	3,5		
1	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Estratégia de Implementação	3	Existem programas de MCC, similares em contexto e domínio de conhecimento, que servirão de benchmarking inclusive para auxiliar no dimensionamento de recursos para a implementação.	3,6	3,5		



Relatório de Auditoria - Etapa 1

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão	Aderência	Desejado	Plano de Ação	Responsável
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoria dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões tomadas durante a Etapa 1 (Preparação) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes à análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 1 (Preparação) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	Todos os envolvidos no processo de implantação da MCC – equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	5	O contexto operacional, cultural, histórico e político da empresa/sistema foram considerados para balizar os objetivos e resultados esperados e delinear a estratégia	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	6	Os clientes, internos e externos, foram contemplados e/ou envolvidos, com algum grau de comprometimento, no processo de implementação da MCC.	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 2 (C2) – Recursos e Responsabilidades	1	O papel dos atores da equipe de implantação da MCC está claro, acordado entre os participantes e documentado de forma auditável. As seguintes funções	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 2 (C2) – Recursos e Responsabilidades	2	Existe uma estrutura para gestão da informação e divulgação dos resultados e da cronologia da implantação da MCC, tanto para a equipe de implementação, como para os interessados ou afetados	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 2 (C2) – Recursos e Responsabilidades	3	O patrocinador interno entendeu e aceitou suas atribuições (mobilização de recursos humanos e financeiros para o programa de MCC) e acredita ser possível desempenhá-las de forma adequada e com a brevidade exigida pelos procedimentos de	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 2 (C2) – Recursos e Responsabilidades	4	Para compatibilizar o tamanho da equipe de implementação da MCC com a complexidade do sistema a ser analisado foram utilizados como modelos “templates”, sistemas similares em complexidade e	4,2	4		

Relatório de Auditoria - Etapa 1

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão	Aderência	Desejado	Plano de Ação	Responsável
1	Auditoria	Critério 3 (C3) – Competências e Habilidades da Equipe	1	A equipe de implantação da MCC, de manutenção, gerentes e diretores participaram de treinamento na metodologia/filosofia da MCC.	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 3 (C3) – Competências e Habilidades da Equipe	2	A equipe de implementação do programa de MCC tem conhecimento das técnicas e métodos de Gestão de Projetos. Ex.: PMBOK (Project Management Body of Knowledge) do PMI (Project Management Institute).	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 3 (C3) – Competências e Habilidades da Equipe	3	Membros da equipe de implantação da MCC já participaram de um projeto piloto de contexto similar ao que se está pretendendo.	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 3 (C3) – Competências e Habilidades da Equipe	4	Existe um procedimento, documentado de forma auditável, para troca de membros da equipe de implementação da MCC, que garanta a igualdade de	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 4 (C4) – Certificação das Decisões	1	Todas as etapas, do procedimento de referência para implantação da MCC, foram consideradas no planejamento e concebidas nos moldes	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 4 (C4) – Certificação das Decisões	2	O projeto, de implantação da MCC, é o único no qual a equipe de implementação está envolvida, além de suas atividades diárias na empresa.	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 4 (C4) – Certificação das Decisões	3	Os resultados práticos e de amadurecimento na metodologia MCC, obtidos no projeto piloto, foram contemplados no planejamento do processo de implantação da MCC.	4,2	4		
1	Auditoria	Critério 4 (C4) – Certificação das Decisões	4	O plano, de implantação da MCC, está documentado de forma auditável, e foi divulgado para todos os clientes internos, externos e demais interessados e/ou	4,2	4		

APÊNDICE C – QUESTÕES DE PRÉ-REQUISITO DOS RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO

Questões de Pré-Requisito da Planilha de Diagnóstico.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequação da MCC), do procedimento de referência para implementação da MCC, estão disponíveis.
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada.
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	O planejamento estratégico da empresa, com relação à manutenção, está documentado de forma auditável.
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	1	O percentual de Manutenção Preditiva (baseada na condição) é maior do que o de Manutenção Preventiva (baseada no tempo) ou Corretiva.
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	2	O desempenho atual da manutenção é satisfatório e homogêneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada para o desempenho de sua função.
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	3	Historicamente o número de operadores, no chão de fábrica, é pequeno quando comparado a sistemas similares.
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção quando comparados a outros sistemas similares.
0	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	1	Para auxiliar a implantação do programa de MCC, um sistema computacional de automação de escritório estará disponível com as seguintes funcionalidades: desenho técnico, processamento de texto, banco de dados e planilhas eletrônicas.
0	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	2	Existe um sistema de gestão da informação integrado, implantado na empresa, que atende de forma satisfatória às necessidades do setor/equipe de manutenção.
0	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	3	A gestão da manutenção conta com um sistema computacional adequadamente dimensionado para o tamanho da empresa e do sistema que se quer implantar a MCC.
0	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	4	O sistema computacional de gestão da manutenção é de uso amigável, toda a equipe possui treinamento adequado para utilizá-lo e sua utilização faz parte da rotina de trabalho da equipe de manutenção.
0	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	5	O sistema computacional de gestão da manutenção permite integração com softwares específicos de implantação e gestão da MCC. Caso contrário, conta com no mínimo as seguintes funcionalidades: inclusão de novas tarefas com períodos customizados; controle estatístico da manutenção; e agrupamento de tarefas de manutenção de forma otimizada.
0	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Cultura da Manutenção/Empresa	1	O setor e/ou equipe de manutenção atual registra suas ações de forma suficientemente detalhada para suportar uma análise estatística de tais ações.
0	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Cultura da Manutenção/Empresa	2	A manutenção tem função estratégica dentro da empresa e ocupa um lugar de destaque na estrutura organizacional.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
0	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Cultura da Manutenção/Empresa	3	A equipe e/ou setor de manutenção, em suas diferentes categorias profissionais, são motivados, cooperativos e conscientes de seu papel estratégico dentro de empresa. Outras metodologias de gestão da manutenção foram
0	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Cultura da Manutenção/Empresa	4	previamente adotadas e/ou estudadas e culminaram com a adoção da MCC, por ser de custo/benefício mais vantajosa.
0	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Cultura da Manutenção/Empresa	5	O atual programa de manutenção é continuamente atualizado e auditado por pessoal interno ou externo à empresa ou setor de manutenção.
0	Pré Requisito	Critério 5 (C5) – Gerenciamento Estratégico da Manutenção	1	Existe um orçamento para viabilizar a implantação da MCC e que supra as seguintes necessidades: treinamento de pessoal dentro da filosofia da MCC; disponibilidade de recursos humanos; implantação de ações preditivas; e implementação de sistemas computacionais de suporte a MCC, caso necessário. As decisões referentes as estratégias de gestão da manutenção estão em conformidade e tem suporte por outros setores da empresa, o que caracteriza o bom relacionamento institucional.
0	Pré Requisito	Critério 5 (C5) – Gerenciamento Estratégico da Manutenção	2	
0	Pré Requisito	Critério 5 (C5) – Gerenciamento Estratégico da Manutenção	3	Os níveis gerenciais vêem a manutenção como investimento e não como um custo.
0	Pré Requisito	Critério 5 (C5) – Gerenciamento Estratégico da Manutenção	4	A MCC é visuanzada como parte de um processo geral/global de gerenciamento da manutenção, com métodos e técnicas, podendo coexistir outras metodologias de gestão da manutenção em paralelo ou integradas à MCC.
0	Pré Requisito	Critério 5 (C5) – Gerenciamento Estratégico da Manutenção	5	Grande parte da manutenção é terceirizada, entretanto, seus controles, registros e demais itens de gestão estão a cargo da empresa ou seu representante.
1	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 1 (Preparação), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão disponíveis.
1	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	A etapa anterior foi Auditada com relação ao nível de conformidade com os requisitos do procedimento de referência. procedimento de referência. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na Auditoria da Etapa 0 (Adequação da MCC).
1	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Levando em conta o tamanho e a complexidade dos sistemas candidatos à implantação da MCC, o software de apoio à equipe de implementação atende a todas as necessidades – seja ele um software comercial específico para MCC ou, genérico de gestão da manutenção aliado a softwares de automação de escritório.
1	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	Os itens/componentes dos sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma identificação única e inequívoca (etiqueta - tag).
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	1	A empresa designou um patrocinador interno para auxiliar a implantação da MCC, com poder para mobilização financeira e de pessoal.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	2	A empresa possui internamente e/ou contratará consultores externos com conhecimento comprovado da metodologia MCC para atuarem como facilitadores do processo de implementação.
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	3	Todos os interessados nos sistemas candidatos à implantação da MCC, incluindo os clientes internos e externos à empresa, estão disponíveis e dispostos a colaborar com o processo de implantação.
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	4	Os níveis gerenciais estão envolvidos e comprometidos com a equipe de implementação da MCC.
1	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Formação da Equipe	5	Existe pessoal habilitado, conhecedor da metodologia MCC e com competência equivalente, para eventuais substituições de membros da equipe de implementação.
1	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Planejamento	1	A condução do processo de implantação do programa de MCC seguirá uma metodologia de Gestão de Projetos. Ex.: PMBOK (Project Management Body of Knowledge) do PMI (Project Management Institute).
1	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Planejamento	2	A implantação da MCC faz parte dos objetivos e metas do planejamento estratégico da empresa e por isto terá um status prioritário para os níveis gerenciais além de contar com níveis compatíveis de organização e alocação de responsabilidades, assim como recursos humanos e financeiros.
1	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Planejamento	3	A equipe de implementação terá redução de sua carga normal de trabalho para participar do projeto de implementação da MCC. Isto resultará em disponibilidade tanto para reuniões programadas quanto para atividades desenvolvidas entre as reuniões, disponibilidade esta acordada com a alta gerência.
1	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Estratégia de Implementação	1	A equipe conhece o contexto operacional, cultural, histórico e político da empresa/sistema para balizar os objetivos e resultados esperados e delinear a estratégia de implementação.
1	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Estratégia de Implementação	2	Um projeto piloto de implementação da MCC já foi conduzido pela empresa e seus resultados práticos e de amadurecimento na metodologia MCC serão utilizados no processo de implementação.
1	Pré Requisito	Critério 4 (C4) – Estratégia de Implementação	3	Existem programas de MCC, similares em contexto e domínio de conhecimento, que servirão de benchmarking inclusive para auxiliar no dimensionamento de recursos para a implementação.
2	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 2 (Seleção do Sistema e Coleta de Informações), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão disponíveis.
2	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	A etapa anterior foi Auditada com relação ao nível de conformidade com os requisitos do procedimento de referência. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na Auditoria da Etapa 1 (Preparação).

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
2	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Os dados confiabilísticos e da manutenibilidade dos sistemas candidatos à implantação da MCC estão disponíveis e suportam uma análise estatística que permita formular índices para avaliar o desempenho atual e perspectivas futuras para a manutenção.
2	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	Com relação aos custos diretos e indiretos dos sistemas candidatos à implantação da MCC, os seguintes dados estão disponíveis e suportam uma análise quantitativa: custos com manutenção, impacto no processo produtivo devido à indisponibilidade e sua relação com outros sistemas do processo produtivo.
2	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	5	A equipe de implementação domina as questões técnicas, de segurança e ambientais que afetam ou se vinculam aos sistemas candidatos à implantação da MCC.
2	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	6	A empresa possui, para qualquer um dos sistemas candidatos à implantação da MCC, recursos financeiros e humanos para: implementar a MCC conforme o procedimento de referência; aquisição de equipamentos e treinamento para aumento de tarefas preditivas; monitoramento e acompanhamento estatístico do sistema e das ações de manutenção para realimentação do programa.
2	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Estratégia de Seleção	1	A equipe de implementação tem uma clara definição do escopo e abrangência do programa de MCC. Assim, para os sistemas candidatos, os quais serão submetidos à análise, há conhecimento técnico e gerencial além de recursos financeiros e de pessoal, compatíveis com o tamanho e a importância dos sistemas candidatos, para suportar as análises requeridas pela MCC.
2	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Estratégia de Seleção	2	Entre os sistemas candidatos à implantação da MCC existe algum que possui similaridade com outros, pertencentes à empresa ou não, onde a MCC já foi implementada e cujos dados estão disponíveis para um embasamento inicial da análise.
2	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Estratégia de Seleção	3	Todos os sistemas candidatos têm uma relação forte com a disponibilidade do sistema global e economia do processo produtivo e/ou tem implicações de segurança ou meio ambiente.
2	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Estratégia de Seleção	4	A documentação de engenharia disponível dos sistemas candidatos à implantação da MCC permite uma clara definição das fronteiras dos sistemas e agrupamento de componentes/subsistema por especialidades técnicas.
2	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Estratégia de Seleção	5	A equipe de implantação tem pleno conhecimento do contexto operacional dos sistemas candidatos à implantação da MCC e sua influência no desempenho, disponibilidade e economia do processo produtivo, assim como na segurança e meio ambiente.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
3	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 3 (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade – FMECA), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão disponíveis.
3	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	A etapa anterior foi Auditada com relação ao nível de conformidade com os requisitos do procedimento de referência. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na Auditoria da Etapa 2 (<u>Seleção do Sistema e Coleta de Informações</u>)
3	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Existe uma estrutura computacional ou ferramenta equivalente para agilizar, organizar e garantir a participação de toda a equipe de implantação na concepção da FMECA e ao mesmo tempo possibilite a criação de ambientes virtuais para flexibilizar as reuniões
3	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	Existe uma documentação de engenharia consistente do sistema que será analisado, incluindo proteções, instrumentação, monitoramento e controle.
3	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	5	Existe uma documentação/histórico consistente das falhas funcionais e dos controles atuais para detectar e/ou prevenir as causas dos modos de falha.
3	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	6	Existe uma análise prévia das causas raízes do modo de falha (FTA – Fault Tree Analysis – Análise da Árvore de Falhas) e dos seus efeitos (ETA – Event Tree Analysis – Análise da Árvore de Eventos), a qual será utilizada para embasar a FMECA. Senão, serão utilizadas análises de sistemas similares devidamente adaptadas ao contexto operacional em questão.
3	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Competências e Habilidades da Equipe	1	A equipe que executará o FMECA (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade) conta com representantes da operação, manutenção, fornecedores, fabricante do sistema analisado e consumidores/clientes da empresa.
3	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Competências e Habilidades da Equipe	2	A equipe que executará o FMECA (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade) recebeu treinamento específico e conhece os termos utilizados, seus significados e a forma correta de preenchimento das planilhas de FMECA.
3	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Competências e Habilidades da Equipe	3	O tamanho da equipe, suas competências e habilidades e seu envolvimento e interesse com o sistema a ser analisado estão adequados para o número de modos de falha e conseqüente tempo de dedicação esperados para o FMECA.
3	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Competências e Habilidades da Equipe	4	Os índices e critérios para avaliação da criticidade (Severidade, Ocorrência e Detecção) foram customizados e aprovados pela empresa e seus interessados “stakeholders” e estão documentados de forma auditável. Caso este pré-requisito ainda não tenha sido satisfeito, a equipe de implantação o fará antes do início da condução da FMECA
3	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Competências e Habilidades da Equipe	5	A equipe de implantação está preparada para avaliar tanto as causas e efeitos do modo de falha internos à empresa quanto os externos os quais, de alguma forma, afetam o sistema a ser analisado ou a empresa.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
4	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 4 (Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão disponíveis
4	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	A etapa anterior foi Auditada com relação ao nível de conformidade com os requisitos do procedimento de referência. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na Auditoria da Etapa 3 (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade – FMECA).
4	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	A relação das funções do item/sistema, as quais já estão atualmente protegidas por tarefas de manutenção estão disponíveis para a análise da equipe de implantação.
4	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	Os critérios para avaliação dos impactos de segurança, ambientais, econômicos e operacionais, foram aprovados pelos níveis gerenciais da empresa e pelos usuários/operadores do sistema e estão documentados de forma auditável. Caso este pré-requisito ainda não tenha sido satisfeito, a equipe de implantação o fará antes do início da condução desta etapa.
4	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	5	A equipe de implementação conta com representantes que são usuários/operadores do sistema sob análise. Caso contrário, estes podem ser convocados especificamente para esta etapa após um treinamento prévio em MCC para atestar: a significância das funções, e a evidência ou não dos modos de falha, seus efeitos ou as falhas funcionais a eles associadas
5	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 5 (Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão disponíveis.
5	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	A etapa anterior foi Auditada com relação ao nível de conformidade com os requisitos do procedimento de referência. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na Auditoria da Etapa 4 (Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha).
5	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Os critérios para avaliação da aplicabilidade e efetividade das ações de manutenção foram aprovados pelos níveis gerenciais da empresa e pelos usuários/operadores do sistema e estão documentados de forma auditável. Caso este pré-requisito ainda não tenha sido satisfeito, a equipe de implantação o fará antes do início da condução desta etapa.
5	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	A equipe de implementação conta com representantes da manutenção e usuários/operadores do sistema sob análise ou caso contrário estes podem ser convocados especificamente para esta etapa, após um treinamento prévio em MCC, para atestar a aplicabilidade e a efetividade das ações de manutenção.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
5	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	5	Os custos e recursos do setor de manutenção estão disponíveis, destacando-se: custo por hora trabalhada dos mantenedores, equipamentos disponíveis para ações preditivas e/ou locados para ações específicas com seus respectivos custos para a empresa, recursos logísticos, humanos e financeiros do setor de <u>manutenção</u> .
5	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Conhecimento da Falha	1	A maneira como a falha evolui (mecanismo da falha) é conhecida para todos os modos de falha relacionados às <u>funções significantes</u> .
5	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Conhecimento da Falha	2	A rotina operacional do item/sistema, no qual a MCC será implantada, é conhecida pela equipe de <u>implantação</u> .
5	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Conhecimento da Falha	3	A equipe de implantação conhece o impacto na segurança e no meio ambiente relacionado à perda das funções significantes do item/sistema, no qual a MCC será implantada. As normas de segurança e ambientais do referido item/sistema também estão disponíveis.
6	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 6 (Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão <u>disponíveis</u> .
6	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	A etapa anterior foi Auditada com relação ao nível de conformidade com os requisitos do procedimento de referência. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na Auditoria da Etapa 5 (Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas).
6	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Existe uma documentação gerencial que permita inferir sobre o contexto e o ciclo operacional do sistema, os custos envolvidos e os riscos financeiros, de segurança, e para meio ambiente, de forma a ponderar a tomada de decisão referente aos intervalos e agrupamentos das ações de manutenção.
6	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	As seguintes informações técnicas dos itens/componentes, relacionados às funções significantes, estão disponíveis para a equipe de implementação: curva de degradação, tempo de operação, tempo médio entre falhas, tempo para falhar e <u>tempo de reparo</u> .
6	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	5	A equipe de implantação tem competência e habilidade para definir os aspectos a serem otimizados durante a definição dos intervalos iniciais e agrupamento das atividades de manutenção.
7	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 7 (Redação do Manual e Implementação), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão <u>disponíveis</u> .
7	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	A etapa anterior foi Auditada, com relação ao nível de conformidade com os requisitos do procedimento de referência. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na Auditoria da Etapa 6 (Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção).

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
7	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	A equipe de implementação não irá se dispersar até concluir a redação do manual e implantar efetivamente o programa de MCC, no sistema de gestão da <u>manutenção da empresa.</u>
7	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	Existe uma estrutura computacional para geração automática do manual da MCC, o qual deve contemplar todas as decisões e saídas das etapas conforme o procedimento de referência. Caso contrário, existe disponibilidade de pessoal para <u>realização desta atividade.</u>
7	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Planejamento para Implementação	1	Os recursos financeiros, humanos e os equipamentos necessários para implementação das tarefas de manutenção e controle do programa de MCC estão disponíveis, de forma a garantir sua realimentação e <u>revisão.</u>
7	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Planejamento para Implementação	2	Existe uma estrutura interna ou externa à empresa (terceirizada) para treinamento dos mantenedores e operadores, com base no novo programa de gestão da <u>manutenção proposto pela MCC.</u>
7	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Planejamento para Implementação	3	O sistema computacional de gestão da manutenção permite, de forma automática, a partir do software de implantação da MCC, a inclusão das tarefas e controles propostos pelo programa de MCC. Caso contrário, existe disponibilidade de pessoal para uma inclusão <u>manual.</u>
8	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 8 (Acompanhamento e Realimentação), do procedimento de referência para implantação da MCC, estão <u>disponíveis.</u>
8	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	A etapa anterior foi Auditada, com relação ao nível de conformidade com os requisitos do procedimento de referência. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na Auditoria da Etapa 7 (Redação do Manual e <u>Implementação da MCC).</u>
8	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	O manual da MCC foi divulgado para os mantenedores, operadores e alta gerência. Após sua divulgação, houve consenso de que o novo programa de manutenção da empresa traduz fielmente as atividades recomendadas pela MCC para aqueles <u>sistemas onde esta foi implantada.</u>
8	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Aderência da MCC	1	Os responsáveis pela fase de execução do programa de MCC têm claros os objetivos e interesses do programa, a ponto de criar índices que avaliem: o desempenho do programa de MCC; o desempenho da manutenção após a implementação do programa de MCC; e a aderência da empresa ao programa de MCC.
8	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Aderência da MCC	2	O plano de manutenção gerado pela MCC foi incorporado na íntegra ao sistema de gestão da manutenção da empresa/sistema. Da mesma forma, os procedimentos técnicos de manutenção e operação do ativo/sistema, no qual a MCC foi implantada, foram alterados para se adequar as novas tarefas de manutenção apontadas pelo programa de MCC.
8	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Aderência da MCC	3	Todos os procedimentos de manutenção e operação, apontados pela MCC, estão normatizados e há ações disciplinadoras ou corretivas, caso haja quebra de <u>procedimentos.</u>

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
8	Pré Requisito	Critério 2 (C2) – Aderência da MCC	4	O sistema de gestão da manutenção e os recursos logísticos foram redimensionados para atender as novas necessidades ditadas pela MCC.

APÊNDICE D – QUESTÕES DE AUDITORIA DOS RELATÓRIOS DE DIAGNÓSTICO

Questões de Auditoria da Planilha de Diagnóstico.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
0	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoria dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na análise dos Pré-Requisitos da Etapa 0 (Adequação da MCC).
0	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões tomadas durante a Etapa 0 (Adequação da MCC) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e tem consistência para uma auditoria futura.
0	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes a análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 0 (Adequação da MCC) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC ou pelos sistemas candidatos a sua implantação. A tomada de decisão se deu pela média ponderada das respostas individuais.
0	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	Normas, bibliografias e especialistas foram consultados para avaliar os benefícios e os desafios de um programa de MCC.
0	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	5	Programas similares de MCC foram consultados/estudados e poderão servir de benchmarking para o processo de implantação.
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoria dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na análise dos Pré-Requisitos da Etapa 1 (Preparação).
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões tomadas durante a Etapa 1 (Preparação) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e tem consistência para uma auditoria futura.
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes à análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 1 (Preparação) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC ou pelos sistemas candidatos a sua implantação. A tomada de decisão se deu pela média ponderada das respostas individuais.
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	Todos os envolvidos no processo de implantação da MCC – equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC – entenderam, aceitaram e acreditam ser exequível o plano de implantação, o qual está documentado de forma auditável.
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	5	O contexto operacional, cultural, histórico e político da empresa/sistema foram considerados para balizar os objetivos e resultados esperados e delinear a estratégia que compõe o plano de implantação.
1	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	6	Os clientes, internos e externos, foram contemplados e/ou envolvidos, com algum grau de comprometimento, no processo de implementação da MCC.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
1	Auditoria	Critério 2 (C2) – Recursos e Responsabilidades	1	O papel dos atores da equipe de implantação da MCC está claro, acordado entre os participantes e documentado de forma auditável. As seguintes funções prioritárias estão claramente definidas: Comitê Gestor, Equipe de Análise e Facilitador.
1	Auditoria	Critério 2 (C2) – Recursos e Responsabilidades	2	Existe uma estrutura para gestão da informação e divulgação dos resultados e da cronologia da implantação da MCC, tanto para a equipe de implementação, como para os interessados ou afetados pelo programa de MCC.
1	Auditoria	Critério 2 (C2) – Recursos e Responsabilidades	3	O patrocinador interno entendeu e aceitou suas atribuições (mobilização de recursos humanos e financeiros para o programa de MCC) e acredita ser possível desempenhá-las de forma adequada e com a brevidade exigida pelos procedimentos de implementação das etapas da MCC.
1	Auditoria	Critério 2 (C2) – Recursos e Responsabilidades	4	Para compatibilizar o tamanho da equipe de implementação da MCC com a complexidade do sistema a ser analisado foram utilizados como modelos “templates”, sistemas similares em complexidade e domínio de conhecimento.
1	Auditoria	Critério 3 (C3) – Competências e Habilidades da Equipe	1	A equipe de implantação da MCC, de manutenção, gerentes e diretores participaram de treinamento na metodologia/filosofia da MCC.
1	Auditoria	Critério 3 (C3) – Competências e Habilidades da Equipe	2	A equipe de implementação do programa de MCC tem conhecimento das técnicas e métodos de Gestão de Projetos. Ex.: PMBOK (Project Management Body of Knowledge) do PMI (Project Management Institute).
1	Auditoria	Critério 3 (C3) – Competências e Habilidades da Equipe	3	Membros da equipe de implantação da MCC já participaram de um projeto piloto de contexto similar ao que se está pretendendo.
1	Auditoria	Critério 3 (C3) – Competências e Habilidades da Equipe	4	Existe um procedimento, documentado de forma auditável, para troca de membros da equipe de implementação da MCC, que garanta a igualdade de conhecimento com relação aos demais membros da equipe, em qualquer etapa do processo de implementação.
1	Auditoria	Critério 4 (C4) – Certificação das Decisões	1	Todas as etapas, do procedimento de referência para implantação da MCC, foram consideradas no planejamento e concebidas nos moldes recomendados para gestão de projetos, com: inicialização, planejamento, execução, controle e encerramento. E envolvem as seguintes áreas de conhecimento: integração, escopo, tempo, custo, qualidade, recursos humanos, comunicação, risco e aquisições.
1	Auditoria	Critério 4 (C4) – Certificação das Decisões	2	O projeto, de implantação da MCC, é o único no qual a equipe de implementação está envolvida, além de suas atividades diárias na empresa.
1	Auditoria	Critério 4 (C4) – Certificação das Decisões	3	Os resultados práticos e de amadurecimento na metodologia MCC, obtidos no projeto piloto, foram contemplados no planejamento do processo de implantação da MCC.
1	Auditoria	Critério 4 (C4) – Certificação das Decisões	4	O plano, de implantação da MCC, está documentado de forma auditável, e foi divulgado para todos os clientes internos, externos e demais interessados e/ou afetados pelo programa de MCC, incluindo a alta gerência.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
2	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoramento dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na análise dos Pré-Requisitos da Etapa 2 (Seleção do Sistema e Coleta de Informações).
2	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões tomadas durante a Etapa 2 (Seleção do Sistema e Coleta de Informações) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e tem consistência para uma auditoria futura.
2	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes à análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 2 (Seleção do Sistema e Coleta de Informações) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC ou pelos sistemas candidatos a sua implantação. A tomada de decisão se deu pela média ponderada das respostas individuais.
2	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	A equipe de implementação utilizou critérios para avaliação dos sistemas candidatos que consideraram: as questões ambientais e de segurança, que permeiam um programa de MCC; e as conseqüências econômicas advindas para a empresa e seus processos produtivos.
2	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	5	Foram utilizados os dados confiabilísticos e de manutenibilidade disponíveis para os sistemas candidatos e a escolha do sistema, ao qual a MCC será implantada, se deu a partir de uma abordagem quantitativa.
2	Auditoria	Critério 2 (C2) – Certificação dos Resultados	1	O sistema escolhido para ser submetido à análise da MCC, suas fronteiras e o nível de detalhamento que será adotado nas análises da equipe de implementação está definido, descrito e documentado de forma auditável.
2	Auditoria	Critério 2 (C2) – Certificação dos Resultados	2	A equipe de implementação do programa de MCC possui representantes com competência em todas as áreas de conhecimento relacionadas aos sistemas candidatos e o sistema escolhido obteve o consenso do grupo.
2	Auditoria	Critério 2 (C2) – Certificação dos Resultados	3	A empresa possui em seu quadro funcional especialistas com conhecimento técnico profundo sobre o sistema escolhido para ser submetido à análise da MCC.
2	Auditoria	Critério 2 (C2) – Certificação dos Resultados	4	O escopo e seu nível de detalhamento estão adequados para o tamanho da equipe de implantação, considerando o número de modos de falha por item/componente e o tempo previsto para término da análise.
3	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoramento dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na análise dos Pré-Requisitos da Etapa 3 (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade - FMECA).

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
3	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões, tomadas durante a Etapa 3 (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade - FMECA) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e tem consistência para uma auditoria futura.
3	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes a análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 3 (Análise dos Modos de Falha, seus Efeitos e sua Criticidade - FMECA) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC ou pelo sistema escolhido para sua implantação. A tomada de decisão se deu pela média ponderada das respostas individuais.
3	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	Existe um procedimento documentado e devidamente divulgado para os envolvidos com o sistema no qual a MCC será implantada, para atualização e correção da FMECA. Este procedimento aponta todas as razões e circunstâncias que motivam as atualizações e/ou correções.
3	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	5	A FMECA possui uma conexão com um plano e/ou procedimento onde constem as ações a serem tomadas na ocorrência dos modos de falha.
3	Auditoria	Critério 2 (C2) – Itens, Funções e Falhas Funcionais	1	Os itens, analisados na FMECA pertencem ao menor nível manutenível do sistema.
3	Auditoria	Critério 2 (C2) – Itens, Funções e Falhas Funcionais	2	O contexto operacional da instalação foi definido e documentado de forma auditável.
3	Auditoria	Critério 2 (C2) – Itens, Funções e Falhas Funcionais	3	Todas as funções do item/sistema (primárias / secundárias / de proteção, monitoramento e controle – SCADA e instrumentação) foram identificadas e documentadas de forma auditável e sua definição contém um verbo, um objeto e um padrão de desempenho (quantificado em cada caso possível).
3	Auditoria	Critério 2 (C2) – Itens, Funções e Falhas Funcionais	4	Os padrões de desempenho, incorporados nas definições das funções, são níveis de desempenho desejados pelo proprietário ou usuário do item/sistema no seu contexto operacional.
3	Auditoria	Critério 2 (C2) – Itens, Funções e Falhas Funcionais	5	Todos os estados de falha associados às funções foram identificados de forma completa, são compatíveis com a função e foram documentados de forma auditável.
3	Auditoria	Critério 3 (C3) – Modos de Falha	1	Todos os modos de falha, razoavelmente prováveis de causar cada falha funcional, foram identificados e documentados de forma auditável. O método usado para decidir o que constitui um modo de falha “razoavelmente provável” foi aceito pelo proprietário ou usuário do item/sistema e documentado de forma auditável.
3	Auditoria	Critério 3 (C3) – Modos de Falha	2	Os modos de falha foram identificados a um nível de causalidade que torna possível identificar uma política apropriada para gerenciamento da falha.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
3	Auditoria	Critério 3 (C3) – Modos de Falha	3	Foram incluídos na lista de modos de falha aqueles que: tenham ocorrido anteriormente; estão atualmente sendo prevenidos por programas existentes de manutenção; ainda não ocorreram, mas que são julgados como razoavelmente prováveis de ocorrer (factíveis) no contexto operacional. Todos os casos foram documentados de forma auditável.
3	Auditoria	Critério 3 (C3) – Modos de Falha	4	Foram incluídos, na lista de modos de falha, qualquer evento ou processo que possa causar uma falha funcional, incluindo deterioração, defeitos de projeto, e erros humanos se causados por operadores ou <u>manutenedores</u> .
3	Auditoria	Critério 3 (C3) – Modos de Falha	5	Foram levados em consideração os modos de falha externos aos domínios e/ou controle da empresa, por exemplo: modos de falha devido a fornecedores e problemas logísticos.
3	Auditoria	Critério 4 (C4) – Efeitos e Causas da Falha	1	A descrição dos efeitos inclui o que aconteceria se nenhuma tarefa específica fosse realizada para antecipar, prevenir, ou detectar a falha. Estas informações estão documentadas de forma auditável.
3	Auditoria	Critério 4 (C4) – Efeitos e Causas da Falha	2	A descrição dos efeitos inclui todas as informações necessárias para avaliar se a consequência da falha: é evidente ou, no caso de falhas ocultas, o que acontece se uma falha múltipla ocorrer; pode provocar a morte ou ferir alguém; pode provocar um efeito adverso ao meio ambiente; pode afetar adversamente a operação ou a produção. Estas informações estão documentadas de forma auditável.
3	Auditoria	Critério 4 (C4) – Efeitos e Causas da Falha	3	A descrição dos efeitos inclui todas as informações necessárias para avaliar se, como consequência da falha, existe a possibilidade de causar danos físicos e o que deve ser feito para restaurar a função do sistema após a falha. Estas informações estão documentadas de forma auditável.
3	Auditoria	Critério 4 (C4) – Efeitos e Causas da Falha	4	A descrição das causas da falha revela porque o modo de falha do item/sistema ocorreu. Estas informações estão documentadas de forma auditável.
4	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoramento dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na análise dos Pré-Requisitos da Etapa 4 (Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha).
4	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões tomadas durante a Etapa 4 (Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e tem consistência para uma auditoria futura.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
4	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes à análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 4 (Seleção das Funções Significantes e Classificação de seus Modos de Falha) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC ou pelo sistema escolhido para sua implantação. A tomada de decisão se deu pela média ponderada das respostas individuais.
4	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	A imagem da empresa e/ou os danos para os usuários, clientes ou terceiros foram contemplados no processo de tomada de decisão.
4	Auditoria	Critério 2 (C2) – Certificação dos Resultados	1	As conseqüências de cada modo de falha estão classificadas formalmente, sendo que, os modos de falha ocultos estão separados dos evidentes e há uma distinção clara entre eventos que tenham conseqüências de segurança e/ou ambientais daqueles com conseqüências econômicas e/ou operacionais. Esta classificação está documentada de modo auditável.
4	Auditoria	Critério 2 (C2) – Certificação dos Resultados	2	A avaliação das conseqüências das falhas é realizada como se nenhuma tarefa específica estivesse sendo realizada para antecipar, prevenir ou detectar a falha.
4	Auditoria	Critério 2 (C2) – Certificação dos Resultados	3	Todas as funções apontadas como significantes afetam de modo adverso um ou outro dos seguintes aspectos: segurança, meio ambiente, operação, economia do processo produtivo e/ou a função já é protegida por alguma atividade de manutenção.
4	Auditoria	Critério 2 (C2) – Certificação dos Resultados	4	As funções tidas como não significantes, as quais não seguirão na análise do grupo de implantação da MCC, foram documentadas de forma auditável.
5	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoramento dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na análise dos Pré-Requisitos da Etapa 5 (Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas)
5	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões tomadas durante a Etapa 5 (Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e tem consistência para uma auditoria futura.
5	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes à análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 5 (Seleção das Tarefas de Manutenção Aplicáveis e Efetivas) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC ou pelo sistema escolhido para sua implantação. A tomada de decisão se deu pela média ponderada das respostas individuais.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
5	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	A escolha das atividades de manutenção mais adequadas foi guiada pela associação do mecanismo da falha com as potencialidades e custo benefício das ações de manutenção adotadas e não unicamente pela disponibilidade de competências e recursos internos da empresa.
5	Auditoria	Critério 2 (C2) – Seleção e Programação das Tarefas	1	A seleção das políticas de gestão de falhas é conduzida como se nenhuma tarefa específica estivesse sendo executada atualmente, para antecipar, prevenir ou detectar a falha. Além disto, todo o processo de seleção está documentado de modo auditável.
5	Auditoria	Critério 2 (C2) – Seleção e Programação das Tarefas	2	O processo de seleção da gestão da falha considera o fato de que: a probabilidade condicional de alguns modos de falha aumenta com a idade; e de outros não muda com a idade; e a de alguns diminui com a idade.
5	Auditoria	Critério 2 (C2) – Seleção e Programação das Tarefas	3	Todas as tarefas programadas são tecnicamente viáveis e atrativas (aplicáveis e efetivas) e se duas ou mais atividades enquadram-se nesta situação, a atividade selecionada é aquela mais efetiva em termos de custos.
5	Auditoria	Critério 2 (C2) – Seleção e Programação das Tarefas	4	No caso de um modo de falha evidente, que tenha conseqüências de segurança ou ambiental, a tarefa programada (se existente) reduz a probabilidade do modo de falha a um nível que é tolerável ao <u>proprietário ou usuário da instalação.</u>
5	Auditoria	Critério 2 (C2) – Seleção e Programação das Tarefas	5	No caso de um modo de falha oculto, onde a falha múltipla associada tenha conseqüências de segurança ou ambiental, a tarefa programada (se existente) reduz a probabilidade do modo de falha oculto a um valor cuja probabilidade da falha múltipla associada é tolerável ao proprietário ou usuário da instalação.
5	Auditoria	Critério 2 (C2) – Seleção e Programação das Tarefas	6	No caso de um modo de falha evidente, que não tenha conseqüências de segurança ou ambiental, os custos diretos e indiretos de execução da tarefa programada (se existente) são menores que os custos diretos e indiretos do modo de falha, quando medidos em períodos comparáveis de tempo.
5	Auditoria	Critério 2 (C2) – Seleção e Programação das Tarefas	7	No caso de um modo de falha oculto, onde a falha múltipla associada, não tenha conseqüências de segurança ou ambiental, os custos diretos e indiretos de execução da tarefa programada (se existente) são menores que os custos diretos e indiretos da falha múltipla mais o custo de reparo do modo de falha oculto, quando medidos em períodos comparáveis de <u>tempo.</u>
5	Auditoria	Critério 3 (C3) – Serviço Operacional e Inspeção Preditiva	1	As tarefas classificadas como sendo de serviço operacional, reduzem a taxa de deterioração funcional e o risco à segurança e de perda da operação, além de ter <u>custo reduzido.</u>
5	Auditoria	Critério 3 (C3) – Serviço Operacional e Inspeção Preditiva	2	Existe uma falha potencial claramente definida, para cada Inspeção Preditiva programada
5	Auditoria	Critério 3 (C3) – Serviço Operacional e Inspeção Preditiva	3	Existe um intervalo PF identificável (ou período de desenvolvimento da falha), para cada Inspeção Preditiva <u>programada.</u>

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
5	Auditoria	Critério 3 (C3) – Serviço Operacional e Inspeção Preditiva	4	O intervalo da tarefa é menor que o menor intervalo PF provável, para cada Inspeção Preditiva programada.
5	Auditoria	Critério 3 (C3) – Serviço Operacional e Inspeção Preditiva	5	É fisicamente possível realizar a tarefa a intervalos menores que o intervalo PF, para cada Inspeção Preditiva programada.
5	Auditoria	Critério 3 (C3) – Serviço Operacional e Inspeção Preditiva	6	O menor tempo entre a descoberta de uma falha potencial e a ocorrência da falha funcional (o intervalo PF menos o intervalo da tarefa) é suficiente para que a ação determinada seja tomada para evitar, eliminar ou minimizar as conseqüências do modo de falha, para cada Inspeção Preditiva programada.
5	Auditoria	Critério 4 (C4) – Restauração e Substituição Preventiva	1	Existe uma idade claramente definida (preferivelmente demonstrável), na qual ocorre um aumento na probabilidade condicional do modo de falha considerado, para cada Restauração Preventiva programada.
5	Auditoria	Critério 4 (C4) – Restauração e Substituição Preventiva	2	Uma proporção elevada de ocorrências do modo de falha considerado ocorre após uma determinada idade, o que reduz a probabilidade de falha prematura a um nível que é tolerável pelo proprietário ou usuário da instalação, para cada Restauração Preventiva programada.
5	Auditoria	Critério 4 (C4) – Restauração e Substituição Preventiva	3	A tarefa restaura a resistência à falha (condição) do componente a um nível que é tolerável pelo proprietário ou usuário da instalação, para cada Restauração Preventiva programada.
5	Auditoria	Critério 4 (C4) – Restauração e Substituição Preventiva	4	Existe uma idade claramente definida (preferivelmente demonstrável), na qual ocorre um aumento na probabilidade condicional do modo de falha em consideração, para cada Substituição Preventiva programada.
5	Auditoria	Critério 4 (C4) – Restauração e Substituição Preventiva	5	Uma proporção elevada de ocorrências do modo de falha considerado ocorre após uma determinada idade, o que reduz a probabilidade de falha prematura a um nível que é tolerável pelo proprietário ou usuário da instalação, para cada Substituição Preventiva programada.
5	Auditoria	Critério 5 (C5) – Inspeção Funcional e Manutenção Combinada	1	A determinação do intervalo da tarefa de inspeção leva em conta, para cada Inspeção Funcional programada, a necessidade de reduzir a probabilidade da falha múltipla do sistema protegido a um nível que é tolerável pelo proprietário ou usuário da instalação (não aplicável a modos de falha evidentes).
5	Auditoria	Critério 5 (C5) – Inspeção Funcional e Manutenção Combinada	2	A tarefa de inspeção confirma que todos os componentes cobertos pela descrição do modo de falha estão funcionando, para cada Inspeção Funcional programada (não aplicável a modos de falha evidentes).
5	Auditoria	Critério 5 (C5) – Inspeção Funcional e Manutenção Combinada	3	A tarefa de Inspeção Funcional e o processo de seleção do intervalo associado levam em conta qualquer probabilidade de que a tarefa por si só pode deixar a função oculta em um estado de falha, para cada Inspeção Funcional programada (não aplicável a modos de falha evidentes).
5	Auditoria	Critério 5 (C5) – Inspeção Funcional e Manutenção Combinada	4	É fisicamente possível realizar a tarefa nos intervalos especificados, para cada Inspeção Funcional programada (não aplicável a modos de falha evidentes).

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
5	Auditoria	Critério 5 (C5) – Inspeção Funcional e Manutenção Combinada	5	No caso das atividades classificadas como sendo de manutenção combinada, nenhuma atividade de manutenção isolada consegue identificar e/ou corrigir a falha, somente uma combinação de tarefas.
5	Auditoria	Critério 5 (C5) – Inspeção Funcional e Manutenção Combinada	6	No caso das atividades classificadas como sendo de manutenção combinada, o custo de tais atividades é inferior ao custo da falha, além disto, reduzem a taxa de deterioração funcional e o risco à segurança e de perda da operação.
5	Auditoria	Critério 6 (C6) – Mudança de Projeto e Reparo Funcional	1	Os procedimentos adotados pelo programa de MCC tenta extrair o desempenho desejado do sistema, tal como está configurado e operado atualmente, pela aplicação de tarefas programadas apropriadas.
5	Auditoria	Critério 6 (C6) – Mudança de Projeto e Reparo Funcional	2	Quando as tarefas programadas não foram aplicáveis e efetivas, com falha oculta, e com falha múltipla associada com consequência de segurança e ambiental, foi proposto uma Mudança de Projeto que reduziu a probabilidade da falha múltipla a um nível tolerável para o proprietário ou usuário da instalação.
5	Auditoria	Critério 6 (C6) – Mudança de Projeto e Reparo Funcional	3	Quando as tarefas programadas não foram aplicáveis e efetivas, com modo de falha evidente e consequência de segurança ou ambiental, foi proposto uma Mudança de Projeto que reduziu a probabilidade do modo de falha a um nível tolerável para o proprietário ou usuário da instalação.
5	Auditoria	Critério 6 (C6) – Mudança de Projeto e Reparo Funcional	4	Quando as tarefas programadas não foram aplicáveis e efetivas, com modo de falha oculto e e falha múltipla associada sem consequência de segurança e ambiental, as Mudanças de Projeto propostas são atrativas em termos de custo na opinião do proprietário ou usuário da instalação.
5	Auditoria	Critério 6 (C6) – Mudança de Projeto e Reparo Funcional	5	Quando as tarefas programadas não foram aplicáveis e efetivas, com modo de falha evidente, e sem consequência de segurança e ambiental, as Mudanças de Projeto propostas são atrativas em termos de custo na opinião do proprietário ou usuário da instalação.
5	Auditoria	Critério 6 (C6) – Mudança de Projeto e Reparo Funcional	6	Reparos Funcionais são utilizados nos seguintes casos: falha oculta sem uma atividade programada apropriada, e com falha múltipla associada sem consequência de segurança ou ambiental; ou falha evidente sem uma atividade programada apropriada e com modo de falha associado sem consequência de segurança ou ambiental
6	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoramento dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na análise dos Pré-Requisitos da Etapa 6 (Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção).

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
6	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões tomadas durante a Etapa 6 (Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e tem consistência para uma auditoria futura.
6	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes a análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 6 (Definição dos Intervalos Iniciais e Agrupamento das Tarefas de Manutenção) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC ou pelo sistema escolhido para sua implantação. A tomada de decisão se deu pela média ponderada das respostas individuais.
6	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	Os intervalos de manutenção foram otimizados com base nos dados estatísticos de confiabilidade e manutenibilidade do item/sistema. O equacionamento matemático, utilizado no processo decisório, é logicamente robusto e foi disponibilizado e/ou aprovado pelo proprietário ou usuário da instalação.
6	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	5	As decisões tomadas contemplaram critérios heurísticos, dos operadores e mantenedores, preliminares a análise e em nenhum caso estes critérios heurísticos foram negligenciados, sem uma justificativa de consenso entre o grupo de implantação e os demais envolvidos ou afetados pelo programa de MCC.
6	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	6	Todas as ações corretivas foram revisadas e os critérios que levaram a sua decisão ratificaram sua escolha como a ação de manutenção mais adequada para o modo de falha em questão.
6	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	7	As tarefas de manutenção foram agrupadas, levando em conta o ciclo operacional do sistema, de modo a minimizar o impacto na sua disponibilidade.
6	Auditoria	Critério 2 (C2) – Abrangência da Análise	1	O contexto operacional e os riscos para a segurança, meio ambiente e financeiros, decorrentes da perda da função, estão documentados de forma auditável e foram levados em conta no processo de tomada de decisão (especialmente no caso de adiamento de ações preventivas).
6	Auditoria	Critério 2 (C2) – Abrangência da Análise	2	Um programa de exploração da idade do item/sistema foi proposto para todos os casos em que as tarefas de manutenção não puderam ser associadas a curvas de degradação, dados históricos ou conhecimento heurístico prévio que justificasse seus intervalos iniciais.
6	Auditoria	Critério 2 (C2) – Abrangência da Análise	3	O planejamento estratégico da empresa ratifica as decisões tomadas referentes aos agrupamentos e intervalos iniciais de manutenção, principalmente no que diz respeito a: disponibilidade de pessoal, material, peças sobressalentes e equipamentos.
6	Auditoria	Critério 2 (C2) – Abrangência da Análise	4	O setor e/ou os responsáveis pelos sobressalentes e terceirizações foram comunicados das novas necessidades e prazos para disponibilização de peças, materiais, equipamentos e serviços definidos pelo programa de MCC a ser implantado.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	1	As atividades de manutenção relacionadas com a preservação da segurança e do meio ambiente não tiveram seu período de execução estendido além do limite de garantia do padrão mínimo de segurança estabelecido pela MCC, inclusive nas inspeções funcionais, quando uma falha múltipla afetar a <u>segurança</u> .
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	1	As atividades de manutenção relacionadas com a preservação da segurança e do meio ambiente não tiveram seu período de execução estendido além do limite de garantia do padrão mínimo de segurança estabelecido pela MCC, inclusive nas inspeções funcionais, quando uma falha múltipla afetar a <u>segurança</u> .
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	2	As atividades de manutenção com impactos apenas operacionais ou econômicos, se necessário, tiveram seu período de execução ajustado com as demais atividades após uma avaliação de custo benefício. Incluindo inspeções funcionais de itens com falhas múltiplas sem impacto na segurança ou meio ambiente.
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	2	As atividades de manutenção com impactos apenas operacionais ou econômicos, se necessário, tiveram seu período de execução ajustado com as demais atividades após uma avaliação de custo benefício. Incluindo inspeções funcionais de itens com falhas múltiplas sem impacto na segurança ou meio ambiente.
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	3	As atividades de manutenção de restauração e substituição preventiva não foram proteladas além do <u>limite de vida útil estabelecido pela MCC.</u>
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	3	As atividades de manutenção de restauração e substituição preventiva não foram proteladas além do <u>limite de vida útil estabelecido pela MCC.</u>
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	4	As atividades de manutenção de inspeção preditiva, quando necessário, tiveram seu período de execução ajustado, dentro do período PF, com as demais atividades após uma avaliação de custo/benefício.
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	4	As atividades de manutenção de inspeção preditiva, quando necessário, tiveram seu período de execução ajustado, dentro do período PF, com as demais atividades após uma avaliação de custo/benefício.
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	5	O tamanho da equipe de manutenção foi levado em consideração para estipular as frequências e o <u>agrupamento das tarefas de manutenção.</u>
6	Auditoria	Critério 3 (C3) – Impacto das Decisões	5	O tamanho da equipe de manutenção foi levado em consideração para estipular as frequências e o <u>agrupamento das tarefas de manutenção.</u>
7	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoramento dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na análise dos Pré-Requisitos da Etapa 7 (Redação do Manual e Implementação).

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
7	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões tomadas durante a Etapa 7 (Redação do Manual e Implementação) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e tem consistência para uma auditoria futura.
7	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes à análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 7 (Redação do Manual e Implementação) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC ou pelo sistema escolhido para sua implantação. A tomada de decisão se deu pela média ponderada das respostas individuais.
7	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	As questões técnicas, humanas, gerenciais, ambientais e de segurança, relacionadas ao desempenho da manutenção e do programa de MCC, estão contempladas e documentadas de forma auditável, no manual da MCC, na seção referente aos objetivos e propósitos do programa.
7	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	5	A fase implementação da MCC foi encerrada conforme as boas práticas da Gestão de Projetos. Ex.: PMBOK (Project Management Body of Knowledge) do PMI (Project Management Institute).
7	Auditoria	Critério 2 (C2) – Organização para Execução do Programa de MCC	1	O manual do programa de MCC estabelece procedimentos e recomendações, documentados de forma auditável, para: garantir a revisão e a realimentação do programa com dados confiabilísticos e de mantabilidade; e consolidar os dados estatísticos e taxas de degradação da função, inclusive para aquelas falhas não previstas pelo programa de MCC.
7	Auditoria	Critério 2 (C2) – Organização para Execução do Programa de MCC	1	As tarefas de manutenção estão claramente estabelecidas, descritas, documentadas de forma auditável e pactuadas entre a equipe de manutenção e a alta gerência da empresa ou gestores do ativo/sistema.
7	Auditoria	Critério 2 (C2) – Organização para Execução do Programa de MCC	2	Todas as tarefas e controles propostos pela MCC, que resultaram em mudança de projeto na maneira de operar o ativo/sistema ou nos procedimentos rotineiros da equipe de manutenção/operação, foram implementadas adequadamente e incorporadas ao sistema de gestão da manutenção e na rotina dos operadores e mantenedores.
7	Auditoria	Critério 2 (C2) – Organização para Execução do Programa de MCC	3	Todos os operadores e mantenedores receberam treinamento adequado com base no novo programa de manutenção proposto pela MCC e estão aptos a desenvolver e documentar suas atividades e relatar possíveis inconsistências do programa de MCC para futuras revisões.
8	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	1	Os pré-requisitos desta etapa foram atendidos em um nível satisfatório ou, caso contrário, uma política de melhoramento dos fatores negativos foi planejada e implementada antes do início da etapa. Obs.: Neste quesito responda com a Nota obtida na análise dos Pré-Requisitos da Etapa 8 (Acompanhamento e Realimentação).

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
8	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	2	Todas as decisões tomadas durante a Etapa 8 (Acompanhamento e Realimentação) foram documentadas, atendem as exigências de Saída do procedimento de referência e tem consistência para uma auditoria futura.
8	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	3	Os questionamentos referentes à análise dos Pré-Requisitos e Auditoria da Etapa 8 (Acompanhamento e Realimentação) foram ou estão sendo respondidos por membros da equipe de manutenção, operação, gerência e demais interessados ou afetados pelo programa de MCC, ou pelo sistema escolhido para sua implantação. A tomada de decisão se deu pela média ponderada das respostas individuais.
8	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	4	Existe entendimento, apoio e comprometimento com o programa de MCC, envolvendo: equipe de manutenção, operação e alta gerência, e neste último caso, incluindo suporte financeiro.
8	Auditoria	Critério 1 (C1) – Confiabilidade da Análise	5	A gestão da informação e do conhecimento está contemplada e adequadamente tratada e se mostrou satisfatória, ao longo da execução do programa de MCC.
8	Auditoria	Critério 2 (C2) – Melhorias e Mudanças Internas	1	Os índices de desempenho da manutenção, assim como, os índices de aderência do programa de MCC estão sendo acompanhados e realimentam o programa de MCC.
8	Auditoria	Critério 2 (C2) – Melhorias e Mudanças Internas	2	Os resultados do programa de MCC estão aceitáveis para a empresa, equipe de manutenção, operadores e interessados e/ou afetados pelo programa de MCC. O que leva a acreditar que as expectativas de todos foram atendidas.
8	Auditoria	Critério 2 (C2) – Melhorias e Mudanças Internas	3	A estratégia das ações de manutenção, para o sistema no qual a MCC foi implementada, mudou após a implantação da MCC.
8	Auditoria	Critério 2 (C2) – Melhorias e Mudanças Internas	4	Aumentou a importância dada ao registro dos dados de confiabilidade e manutenibilidade do sistema no qual a MCC foi implementada.
8	Auditoria	Critério 2 (C2) – Melhorias e Mudanças Internas	5	O programa de MCC tem recebido melhoramentos contínuos, entre os quais: treinamentos para a equipe de manutenção; modernização de equipamentos para as ações de manutenção, especialmente preditivas; e investimentos para coleta e processamento de dados para a manutenção.
8	Auditoria	Critério 3 (C3) – Planejamento e Controle	1	As frequências individuais das tarefas de manutenção estão compatíveis com o tamanho da equipe.
8	Auditoria	Critério 3 (C3) – Planejamento e Controle	2	As análises feitas ao longo do processo de implantação da MCC se confirmaram, caso contrário, as realimentações e revisões do programa estão sendo conduzidas de acordo com o planejamento inicial.
8	Auditoria	Critério 3 (C3) – Planejamento e Controle	3	Os desvios do planejamento inicial da MCC estão sendo monitorados para garantir sua atualização e otimização dos resultados. Entre os principais itens monitorados estão: reparos funcionais não previstos; modificações no projeto das instalações e/ou sistemas; disponibilidade de novas técnicas e/ou informações; custo benefício; e alterações no contexto operacional.

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão
8	Auditoria	Critério 3 (C3) – Planejamento e Controle	4	Os sistemas computacionais, de apoio a manutenção e a MCC, se mostraram adequados ao tamanho e complexidade do sistema no qual a MCC foi implantada. Esta adequação se refere tanto as funcionalidades de uso geral da equipe/setor de manutenção quanto às específicas da MCC.

APÊNDICE E – EXEMPLO DE FORMULÁRIOS DE DOCUMENTAÇÃO

Para ilustrar o funcionamento das etapas 3, 4, 5 e 6. Foram adaptados os itens da análise exemplo de [Smith \(2004\)](#). Estes formulários estão formatados para serem impressos em folha A3 (comum em impressoras corporativas) e podem ter sua visibilidade prejudicada se impressos em formato A4.

Planilha de Diagnóstico da MCC: Pré-Requisitos e Auditoria

Etapa	Tipo	Critério	No Questão	Questão	Aderência	Desejado	Plano de Ação	Responsável
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	1	Todas as Entradas, Controles e Mecanismos da Etapa 0 (Adequação da MCC), do procedimento de referência para implementação da MCC, estão disponíveis.	5	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	2	Existe uma documentação consistente das ações de manutenção	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	3	Os sistemas candidatos a implantação da MCC possuem uma documentação técnica adequada.	3	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 1 (C1) – Disponibilidade da Informação/Recursos	4	O planejamento estratégico da empresa, com relação à manutenção, está documentado de forma auditável.	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	1	O percentual de Manutenção Preditiva (baseada na condição) é maior do que o de Manutenção Preventiva (baseada no tempo) ou Corretiva.	5	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	2	O desempenho atual da manutenção é satisfatório e homogêneo em todo o sistema fabril, contando com uma equipe adequadamente preparada para o desempenho de sua função.	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	3	Historicamente o número de operadores, no chão de fábrica, é pequeno quando comparado a sistemas similares.	3	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 2 (C2) - Condição e Desempenho Atual da Manutenção	4	Os custos diretos e indiretos devidos à manutenção são altos com o sistema atual de gestão da manutenção quando comparados a outros sistemas similares.	4	3,5		
0	Pré Requisito	Critério 3 (C3) – Sistema Computacional de Suporte	1	Para auxiliar a implantação do programa de MCC, um sistema computacional de automação de escritório estará disponível com as seguintes funcionalidades: desenho técnico, processamento de texto, banco de dados e planilhas eletrônicas.	2	3,5		

1 Equipe de Implantação

(nome / cargo / dados de contato / etc...)

2 Patrocinador Interno

(nome / cargo / dados de contato / etc...)

3 Facilitador

(nome / cargo ou empresa / dados de contato / etc...)

4 Método e Estratégia de Implementação (justificar)

Método

- Método da Força Tarefa Treinada
- Método Seletivo de Instalações Críticas
- Método Abrangente de Instalações Simultâneas
- Método do Projeto Piloto

Estratégia de Implementação

- Validação da Manutenção Existente
- Exclusão de Modos de Falha Não Críticos
- Análise Expedita por Analogia
- Análise Expedita por Categoria
- Base Zero

5 Sistemas Candidatos

(justificar: pareto, GUT, perfil de perdas, etc...)

6 Treinamento

(necessidades e planejamento)

7 Calendário de Reuniões

(com anuência da equipe e chefias)

8 Cronograma de Implantação

(divulgar e solicitar anuência das chefias)

9 Previsão Orçamentária

(desenvolvimento, implementação e execução)

10 Observações

1. Seleção do Sistema

1.1 Método utilizados para Seleção do Sistema

(pareto, GUT, perfil de perdas, etc...)

1.2 Critérios utilizados para Seleção do Sistema

(critérios utilizados no método 1.1)

1.3 Resultados obtidos para a Seleção do Sistema

(sistema escolhido - justificativa)

2. Coleta de Informações

2.1 Documentação do Sistema

(listar, identificar e anexar ao manual da MCC)

2.2 Especificação do Contexto Operacional

(Produtividade, Padrões de Qualidade, Estratégia (contínuo/batelada), Disponibilidade, Segurança, Meio Ambiente, Ciclo Operacional, Redundâncias, Política de Sobressalentes, etc....)

2.3 Definição das Fronteiras do Sistema

(fotos/desenhos + descrição textual + tabela)

Etapa 3

id_Componente	Componente	id_Funcao	Função	id_FalhaFuncional	Falha Funcional	id_ModoFalha	Modo de Falha	id_EfeitoLocal	Efeito Local	id_EfeitoSistema	Efeito Sistema	id_EfeitoPlanta	Efeito Planta	id_severidade	Severidade - S (dos Efeitos do Modo de Falha)	id_Causa	Causas Potenciais do modo de falha	id_Ocorrencia	Ocorrência - O (Falhas em função do tempo de operação, em horas)	id_Controlo	Controles Atuais	id_Deteccao	Deteção - D (Chances de deteção)	NPR (S.O.D)			
c01	Bomba P1 com motor 1HP	f01	Manter 70-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	1.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	01.01	Falha no rolamento selado	ef01	Bomba inoperante	ef02	Perda de fluxo	ef03	Degradação da agua do Pscina/spa - spa inoperante	7	Alto	c1	Idade/Desgaste	1	1 em 25.000	N	Nenhum	10	Quase impossível	70			
																	7	Alto			1	1 em 25.000	N	Nenhum	10	Quase impossível	70
						01.02	Curto-Terra no motor	ef01	Bomba inoperante	ef02	Perda de fluxo	ef03	Degradação da agua do Pscina/spa - spa inoperante	7	Alto	c2	Envelhecimento isolamento	1	1 em 25.000	N	Nenhum	10	Quase impossível	70			
						01.03	Vazamento entre motor e bomba	ef18	Perda de sucção na bomba e possivel dano ao motor e/ou bomba	ef02	Perda de fluxo	ef03	Degradação da agua do Pscina/spa - spa inoperante	5	Baixo	c3	Junta danificada ou parafusos soltos	1	1 em 25.000	N	Nenhum	6	Baixa	30			
				1.2	Fluxo é menor que 70GPM	01.04	Desgaste do Rolamento	ef05	desempenho inadequado da bomba	ef26	Fluxo reduzido	ef17	Degradação da agua do Pscina/spa	5	Baixo	c1	Idade/Desgaste	1	1 em 25.000	N	Nenhum	6	Baixa	30			
c02	Bomba de varredura P2 com 3/4HP	f02	Manter 50-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	2.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	02.01	Falha no rolamento selado	ef01	Bomba inoperante	ef06	Fluxo reduzido para jatos piscina	ef17	Degradação da agua do Pscina/spa	6	Moderado	c1	Idade/Desgaste	3	1 em 5.000	N	Nenhum	10	Quase impossível	180			
						02.02	Curto-Terra no motor	ef01	Bomba inoperante	ef06	Fluxo reduzido para jatos piscina	ef17	Degradação da agua do Pscina/spa	6	Moderado	c2	Envelhecimento isolamento	2	1 em 10.000	N	Nenhum	10	Quase impossível	120			
						02.03	Vazamento entre motor e bomba	ef18	Perda de sucção na bomba e possivel dano ao motor e/ou bomba	ef06	Fluxo reduzido para jatos piscina	ef17	Degradação da agua do Pscina/spa	6	Moderado	c3	Junta danificada ou parafusos soltos	2	1 em 10.000	N	Nenhum	6	Baixa	72			
								2.2	Fluxo é menor que 50 GPM	02.04	Desgaste do Rolamento	ef05	desempenho inadequado da bomba	ef06	Fluxo reduzido para jatos piscina	ef17	Degradação da agua do Pscina/spa	5	Baixo	c1	Idade/Desgaste	2	1 em 10.000	N	Nenhum	6	Baixa
c03	Válvula de divisão pscina/spa	f01	Manter 70-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	1.1	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	04.01	Válvula presa na posição fechada	ef07	Impossibilidade de operação da Válvula	ef08	Impossibilidade de alinhar fluxo entre pscina e spa	ef09	Piscina e spa inoperantes	5	Baixo	c7	Corrosão	1	1 em 25.000	N	Nenhum	10	Quase impossível	50			
c13	Aquecedor a gás	f06	Prover calor para água em 383000 Btu/hour	6.1	Falha ao Ignitar	13.01	Chama piloto em Falha	ef27	Cheiro de gas	ef19	Nenhum	ef28	Spa Inoperante	10	Perigoso sem aviso	c5	Vento ou tempestade	1	1 em 25.000	N	Nenhum	6	Baixa	60			
		f08	Manter Operação Segura	8.1	Queima desequilibrada e acumulação de gas	13.02	Queimador sujo e/ou entupido	ef29	Atraso na ignição simultânea ao longo do queimador	ef30	Pequena a grande explosão no aquecedor, possibilidade de fogo e incêndio	ef28	Spa Inoperante	10	Perigoso sem aviso	c4	Corrosão sujeira e insetos	3	1 em 5.000	N	Nenhum	6	Baixa	180			
				8.3	Parada total do Gas de combustão	13.03	Grelhas Entupidas	ef31	Grelhas obstruidas	ef32	Gás acumulado, possibilidade de fogo e dano ao aquecedor	ef28	Spa Inoperante	10	Perigoso sem aviso	c6	Folhas, insetos, sujeira	4	1 em 2.500	N	Nenhum	6	Baixa	240			

Etapa 4

id_Componente	Componente	Função	Falha Funcional	Modo de Falha	Efeito Local	Efeito Sistema	Efeito Planta	Causas Potenciais do modo de falha	NPR (S.O.D)	FF ou MF é Evidente?	FF ou EF do MF afeta Segurança ou Meio Ambiente?	FF ou EF do MF tem consequências Economicas ou Operacionais?	Categoria	Função Já é protegida por uma tarefa existente de manutenção?	Função Significante ?								
c01	Bomba P1 com motor 1HP	Manter 70-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Falha no rolamento selado	Bomba inoperante	Perda de fluxo	Degradação da agua do Piscina/spa - spa inoperante	Idade/Desgaste	70	Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim								
	70								Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim									
	70								Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim									
	30								Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim									
	30								Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim									
c02	Bomba de varredura P2 com 3/4HP	Manter 50-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Falha no rolamento selado	Bomba inoperante	Fluxo reduzido para jatos piscina	Degradação da agua do Piscina/spa	Idade/Desgaste	180	Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim								
	120								Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim									
	72								Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim									
	60								Sim	Não	Sim	EEO	Não	Sim									
c03	Válvula de divisão piscina/spa	Manter 70-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Válvula presa na posição fechada	Impossibilidade de operação da Válvula	Impossibilidade de alinhar fluxo entre piscina e spa	Piscina e spa inoperantes	Corrosão	50	Não	Não	Sim	OEO	Não	Sim								
	c13								Aquecedor a gás	Prover calor para água em 383000 Btu/hour	Falha ao Ignitar	Chama piloto em Falha	Cheiro de gas	Nenhum	Spa Inoperante	Vento ou tempestade	60	Sim	Sim	Sim	ESA	Não	Sim
									Aquecedor a gás	Manter Operação Segura	Queima desequilibrada e acumulação de gas	Queimador sujo e/ou entupido	Atraso na ignição simultânea ao longo do queimador	Pequena a grande explosão no aquecedor, possibilidade de fogo e incêndio	Spa Inoperante	Corrosão sujeira e insetos	180	Não	Sim	Sim	OSA	Não	Sim
Aquecedor a gás	Manter Operação Segura	Parada total do Gas de combustão	Grelhas Entupidas	Grelhas obstruidas	Gás acumulado, possibilidade de fogo e dano ao aquecedor	Spa Inoperante	Folhas, insetos, sujeira	240	Sim	Sim	Sim	ESA	Não	Sim									

Etapa 5

id_Componente	Componente	Função	Falha Funcional	Modo de Falha	Efeito Local	Efeito Sistema	Efeito Planta	id_Causa	Causas Potenciais do modo de falha	NPR (S.O.D)	Categoria	Função Já é protegida por uma tarefa existente de manutenção?	Função Significante ?	Serviço Operacional	Inspeção Preditiva	Restauração Preventiva	Substituição Preventiva	Inspeção Funcional	Manutenção Combinada	Mudança de Projeto	Reparo Funcional	Tarefas Candidatas	id_TarefaProposta	Tarefa Proposta	Justificativa	Intervalo Estimado	Observações
c01	Bomba P1 com motor 1HP	Manter 70-GPM de fluxo de água em momentos específicos para outros subsistemas	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Falha no rolamento selado	Bomba inoperante	Perda de fluxo	Degradação da água do Piscina/spa - spa inoperante	c1	Idade/Desgaste	70	EEO	Não	Sim	-	X	X	X	-	-	X	1. Análise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	RF	Reparo Funcional	1. Custo do teste não justifica atividade, pois a ocorrência é baixa pode ser facilmente substituído	-	1 ocorrência em 12 anos	
				Curto-Terra no motor	Bomba inoperante	Perda de fluxo	Degradação da água do Piscina/spa - spa inoperante	c2	Envelhecimento isolamento	70	EEO	Não	Sim	-	X	X	X	-	-	X	1. Análise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	td5	Inspeccionar por ruído excessivo	Inspeção já detectou defeito antes de falha catastrófica	6 meses	-	
				Vazamento entre motor e bomba	Perda de sucção na bomba e possível dano ao motor e/ou bomba	Perda de fluxo	Degradação da água do Piscina/spa - spa inoperante	c3	Junta danificada ou parafusos soltos	30	EEO	Não	Sim	-	-	X	-	-	X	1. Inspeccionar por vazamentos 2. Reparo Funcional	td1	Inspeccionar por vazamentos	inspeção é rápida e simples	6 meses	-		
				Fluxo é menor que 70GPM	Desgaste do Rolamento	desempenho inadequado da bomba	Fluxo reduzido	Degradação da água do Piscina/spa	c1	Idade/Desgaste	30	EEO	Não	Sim	-	X	X	X	-	-	X	1. Análise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	RF	Reparo Funcional	1. Custo do teste não justifica atividade, pois a ocorrência é baixa pode ser facilmente substituído 2. Alto custo para baixa ocorrência	-	-
c02	Bomba de varredura P2 com 3/4HP	Manter 50-GPM de fluxo de água em momentos específicos para outros subsistemas	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Falha no rolamento selado	Bomba inoperante	Fluxo reduzido para jatos piscina	Degradação da água do Piscina/spa	c1	Idade/Desgaste	180	EEO	Não	Sim	-	X	X	X	-	-	X	1. Análise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	RF	Reparo Funcional	Reparo funcional é a melhor relação custo benefício.	-	-	
				Curto-Terra no motor	Bomba inoperante	Fluxo reduzido para jatos piscina	Degradação da água do Piscina/spa	c2	Envelhecimento isolamento	120	EEO	Não	Sim	-	X	-	X	-	-	X	1. Teste de isolamento 2. Reparo funcional			Reparo funcional é a melhor relação custo benefício.	-	-	
				Vazamento entre motor e bomba	Perda de sucção na bomba e possível dano ao motor e/ou bomba	Fluxo reduzido para jatos piscina	Degradação da água do Piscina/spa	c3	Junta danificada ou parafusos soltos	72	EEO	Não	Sim	-	-	X	-	-	X	1. Inspeccionar por vazamentos 2. Reparo Funcional	td1	Inspeccionar por vazamentos	inspeção é rápida e simples	6 meses	-		
				Fluxo é menor que 50 GPM	Desgaste do Rolamento	desempenho inadequado da bomba	Fluxo reduzido para jatos piscina	Degradação da água do Piscina/spa	c1	Idade/Desgaste	60	EEO	Não	Sim	-	X	X	X	-	-	X	1. Análise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	RF	Reparo Funcional	Reparo funcional é a melhor relação custo benefício.	-	-
c03	Válvula de divisão piscina/spa	Manter 70-GPM de fluxo de água em momentos específicos para outros subsistemas	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Válvula presa na posição fechada	Impossibilidade de operação da Válvula	Impossibilidade de alinhar fluxo entre piscina e spa	Piscina e spa inoperantes	c7	Corrosão	50	OEO	Não	Sim	-	-	-	-	X	-	-	X	1. Inspeccionar Funcionamento 2. Lubrificar Válvula 3. Reparo Funcional	td4	Inspeccionar funcionamento adequado da válvula	2. Ocorrência muito baixa 3. Inspeção não tem custos	1 ano	Executar antes da primavera (uso do spa)
c13	Aquecedor a gás	Prover calor para água em 383000 Btu/hour	Falha ao Ignitar	Chama piloto em Falha	Cheiro de gás	Nenhum	Spa Inoperante	c5	Vento ou tempestade	60	ESA	Não	Sim	-	-	-	-	-	X	-	1. Instalação de um sistema de supervisão de chama	prj1	Instalação de sistema de detecção de chama	Impacto na segurança da instalação	-	-	
			Manter Operação Segura	Queima desequilibrada e acumulação de gás	Queimador sujo e/ou entupido	Atraso na ignição simultânea ao longo do queimador	Pequena a grande explosão no aquecedor, possibilidade de fogo e incêndio	Spa Inoperante	c4	Corrosão sujeira e insetos	180	OSA	Não	Sim	-	-	X	-	X	-	-	1. Remoção e limpeza 2. Monitorar retardo na ignição	td3	Remover e limpar queimador	Atividade de baixo custo. Atividade de monitoração é imprecisa e questionável	5 anos	-
			Parada total do Gas de combustão	Grelhas Entupidadas	Grelhas obstruídas	Gás acumulado, possibilidade de fogo e dano ao aquecedor	Spa Inoperante	c6	Folhas, insetos, sujeira	240	ESA	Não	Sim	-	-	X	-	-	-	-	1. Limpeza das grelhas	td2	Limpeza da grelha no início da primavera	Atividade simples e efetiva	1 ano	Executar antes da primavera (uso do spa)	

Etapa 6

id_Componente	Componente	Função	Falha Funcional	Modo de Falha	id_Causa	Causas Potenciais do modo de falha	NPR (S.O.D)	Categoria	Tarefas Candidatas	id_TarefaProposta	Tarefa Proposta	Justificativa	Intervalo Estimado	Observações	Intervalo Inicial	Agrupamento	Equipe Responsável	Status de Implementação
c01	Bomba P1 com motor 1HP	Manter 70-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Falha no rolamento selado	c1	Idade/Desgaste	70	EEO	1. Analise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	RF	Reparo Funcional	1. Custo do teste não justifica atividade, pois a ocorrência é baixa pode ser facilmente substituído	-	1 ocorrência em 12 anos	-	Reparo Funcional	Manutenção	Documentado no plano de manutenção
	Curto-Terra no motor			c2	Envelhecimento isolamento	70	EEO	1. Teste de isolamento 2.Reparo funcional	1. Custo do teste não justifica atividade, pois a ocorrência é baixa pode ser facilmente substituído			-	-	-	Reparo Funcional	Manutenção	Documentado no plano de manutenção	
	Fluxo é menor que 70GPM		Desgaste do Rolamento	c1	Idade/Desgaste	30	EEO	1. Analise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	1. Custo do teste não justifica atividade, pois a ocorrência é baixa pode ser facilmente substituído 2. Alto custo para baixa ocorrência			-	-	-	Reparo Funcional	Manutenção	Documentado no plano de manutenção	
	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado		Vazamento entre motor e bomba	c3	Junta danificada ou parafusos soltos	30	EEO	1. Inspeccionar por vazamentos 2. Reparo Funcional	td1		Inspeccionar por vazamentos	inspeção é rápida e simples	6 meses	-	6 meses	Preventiva Semestral	Operação	Implementado na tabela de manutenção do PM
	Falha no rolamento selado		c1	Idade/Desgaste	70	EEO	1. Analise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	td5	Inspeccionar por ruído excessivo		Inspeção já detectou defeito antes de falha catastrófica	6 meses	-	6 meses	Preventiva Semanal	Operação	Implementado na tabela de manutenção do PM	
c02	Bomba de varredura P2 com 3/4HP	Manter 50-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Falha no rolamento selado	c1	Idade/Desgaste	180	EEO	1. Analise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	RF	Reparo Funcional	Reparo funcional é a melhor relação custo beneficio.	-	-	-	Reparo Funcional	Manutenção	Documentado no plano de manutenção
	Curto-Terra no motor			c2	Envelhecimento isolamento	120	EEO	1. Teste de isolamento 2.Reparo funcional	Reparo funcional é a melhor relação custo beneficio.			-	-	-	Reparo Funcional	Manutenção	Documentado no plano de manutenção	
	Fluxo é menor que 50 GPM		Desgaste do Rolamento	c1	Idade/Desgaste	60	EEO	1. Analise de Vibração 2. Troca preventiva do rolamento 3. Reparo funcional	Reparo funcional é a melhor relação custo beneficio.			-	-	-	Reparo Funcional	Manutenção	Documentado no plano de manutenção	
	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado		Vazamento entre motor e bomba	c3	Junta danificada ou parafusos soltos	72	EEO	1. Inspeccionar por vazamentos 2. Reparo Funcional	td1		Inspeccionar por vazamentos	inspeção é rápida e simples	6 meses	-	6 meses	Preventiva Semestral	Operação	Implementado na tabela de manutenção do PM
c03	Válvula de divisão piscina/spa	Manter 70-GPM de fluxo de agua em momentos especificos para outros subsistemas	Falha a iniciar fluxo no tempo especificado	Válvula presa na posição fechada	c7	Corrosão	50	OEO	1. Inspeccionar Funcionamento 2. Lubrificar Válvula 3. Reparo Funcional	td4	Inspeccionar funcionamento adequado da válvula	2. Ocorrência muito baixa 3. Inspeção não tem custos	1 ano	Executar antes da primavera (uso do spa)	1 ano	Parada Anual	Manutenção	Implementado na tabela de manutenção do PM
c13	Aquecedor a gás	Prover calor para água em 383000 Btu/hour	Falha ao Ignitar	Chama piloto em Falha	c5	Vento ou tempestade	60	ESA	1. Instalação de um sistema de supervisão de chama	prj1	Instalação de sistema de detecção de chama	Impacto na segurança da instalação	-	-	-	Mudança de Projeto	Engenharia	Solicitado orçamento em abril/2000
	Aquecedor a gás	Manter Operação Segura	Parada total do Gas de combustão	Grelhas Entupidas	c6	Folhas, insetos, sujeira	240	ESA	1.Limpeza das grelhas	td2	Limpeza da grelha no início da primavera	Atividade simples e efetiva	1 ano	Executar antes da primavera (uso do spa)	1 ano	Parada Anual	Manutenção	Implementado na tabela de manutenção do PM
	Aquecedor a gás		Queima desequilibrada e acumulação de gas	Queimador sujo e/ou entupido	c4	Corrosão sujeira e insetos	180	OSA	1. Remoção e limpeza 2.Monitorar retardo na ignição	td3	Remover e limpar queimador	Atividade de baixo custo. Atividade de monitoração é imprecisa e questionável	5 anos	-	5 anos	Parada Anual	Manutenção	Implementado na tabela de manutenção do PM

1. **Redação do Manual**

As seguintes documentações foram geradas e arquivadas:

Relatórios:

- Etapa 0
- Etapa 1
- Etapa 2
- Etapa 3
- Etapa 4
- Etapa 5
- Etapa 6
- Etapa 7
- Etapa 8

Anexos (opcionais):

- Modos de Falha
- Funções
- Componentes
- NPR
- Falhas Funcionais
- Efeitos
- Causas
- Controles

Outros anexos:

Documento X

Documento Y

Planilha Z

2. **Implementação das Ações**

Resumo do planejamento estratégico (ex: guia PMBOK) para colocar as tarefas da MCC em ação com: integração aos sistemas de gestão da manutenção, política de manutenção para não significantes, política de gestão de não conformidades.

1. Absorver novas informações e modificações

Critérios e procedimentos simples e eficazes para a coleta de informações, detecção e correção de potenciais falhas que possam ter sido negligenciadas durante o processo de implementação da MCC.

2. Monitorar e reportar resultados

Estruturação e sistematização da coleta e revisão de Indicadores de desempenho da MCC. Planejamento de revisões da metodologia da MCC.

APÊNDICE F – EXEMPLO DA PLANILHA MCC COMPLETA

A planilha MCC contém as informações da análise das etapas 3,4,5 e 6. Devido a grande quantidade de informações é recomendado o preenchimento através dos formulários.

