

## Proposta de um plano de Manutenção Centrada na Confiabilidade para uma máquina de usinagem controlada por comando numérico computadorizado (CNC)

Vinícios Elieser Araldi<sup>1</sup>, Andrei Bonamigo<sup>2</sup>, Adriana Biasi Vanin<sup>3</sup> e José Carlos Azzolini<sup>4</sup>

**Resumo:** A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), também conhecida com RCM (*Reability Centered Maintenance*), tem se tornado uma estratégia nas organizações por minimizar os gastos econômicos e operacionais das organizações. Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo propor um plano de manutenção piloto para um torno CNC localizado em um laboratório de usinagem de uma universidade comunitária. Para atingir esse objetivo, foi conduzida uma revisão bibliográfica sobre manutenção, abrangendo seus conceitos e formas de gerenciamento. De modo que, para a elaboração deste plano de manutenção, utilizou-se as propostas da MCC. Dessa forma, para chegar aos resultados apresentados, foi realizado o plano de manutenção, baseada em ações preventivas e preditivas para itens críticos de cada grupo de equipamentos. Os quais, se aplicados corretamente, podem elevar a disponibilidade deste equipamento bem como a redução com custo de manutenção.

**Palavras chave:** Laboratório de usinagem, plano de manutenção, Manutenção Centrada na Confiabilidade, RCM.

## Proposed Reliability Centered Maintenance Plan for a Computer Numerically Controlled Machining Machine (CNC)

**Abstract:** A Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC), também conhecida com RCM (*Reability Centered Maintenance*), tem se tornado uma estratégia nas organizações por minimizar os gastos econômicos e operacionais das organizações. Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo propor um plano de manutenção piloto para um torno CNC localizado em um laboratório de usinagem de uma universidade comunitária. For this, a bibliographic review on maintenance was carried out, covering its concepts and management forms. So, for the elaboration of this maintenance plan, the MCC proposals were used, where the equipment was turned around CNC. Thus, in order to reach the presented results, the maintenance plan was carried out, using preventive and predictive actions for critical items of each equipment group. Which, if applied correctly, can increase the availability of this equipment as well as the reduction with cost of maintenance.

**Key-words:** Machining laboratory, maintenance plan, Reliability Centered Maintenance, RCM.

### 1. Introdução

Atualmente, muitos setores industriais buscam por aprimoramento dos seus processos de planejamento de manutenção. Essas atividades de melhoria fazem parte do cotidiano das empresas, também são objeto de estudo dentro das próprias universidades e podem ser encontradas até mesmo nas atividades de lazer da sociedade (GUPTA E MISHRA, 2016).

<sup>1</sup> Engenheiro de Produção (UNOESC), E-mail: [vinicios.elieser@gmail.com](mailto:vinicios.elieser@gmail.com)

<sup>2</sup> Doutor em Engenharia de Produção – UFF, E-mail: [andreibonamigo@gmail.com](mailto:andreibonamigo@gmail.com)

<sup>3</sup> Doutora em Engenharia de Alimentos - UNOESC, E-mail: [adriana.vanin@unoesc.edu.br](mailto:adriana.vanin@unoesc.edu.br)

<sup>4</sup> Mestre em Engenharia de Produção – UNOESC, E-mail: [jose.azzolini@unoesc.edu.br](mailto:jose.azzolini@unoesc.edu.br)

Nesse sentido, Xenos (2004) ressalta que as atividades de manutenção buscam evitar a degradação dos equipamentos e das instalações causadas pelo uso e desgaste natural dos equipamentos. Entretanto, esta técnica deve ser efetiva nos processos de organização e gerenciamento diário, participando ativamente da melhoria dos processos e do produto, a fim de mitigar desperdícios, minimizando custos com retrabalhos e, conseqüentemente, garantir a qualidade do produto.

Desse modo, o presente estudo objetiva desenvolver um plano de manutenção baseado na metodologia MCC (Manutenção Centrada na Confiabilidade) para uma máquina CNC. Com o intuito de diminuir falhas e quebras inesperadas no equipamento, oferecer medidas e recursos para prevenção e controle, minimizando custos e imprevistos pela falta de uma manutenção adequada, aumentando assim, a confiabilidade e o desempenho deste equipamento durante as atividades desenvolvidas no laboratório.

O presente estudo justifica-se em uma necessidade encontrada no laboratório de usinagem da instituição. Onde atualmente, os reparos de equipamentos vêm sendo realizados de modo corretivo, ou seja, são concertados apenas quando apresentam problemas. Assim, realizar-se-á um plano de manutenção, a fim de minimizar despesas com mão-de-obra e reparos oportunos, pois tal prática torna-se um ciclo vicioso e muitas vezes de alto custo.

Nesse sentido, Marocco (2013) atesta que a prática da manutenção não agrega valor diretamente ao equipamento, mas traz benefícios fundamentais ao negócio, tornando-se essencial um plano de manutenção para que tanto os equipamentos, quanto os processos funcionem de forma adequada.

## 2. Gestão da manutenção

A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), na NBR 5462/94, define manutenção como a combinação de ações técnicas e administrativas destinadas a manter ou recolocar um item, de modo que, possa desempenhar a função requerida. Para Zaions (2003), a gestão da manutenção deve ser definida como o conjunto de ações e recursos aplicados aos equipamentos a fim de manter a função do sistema. Enfatiza ainda, que vários são os aspectos para defini-la, pois associa-se à disponibilidade, confiabilidade, função do sistema, desempenho mínimo, administração e supervisão da manutenção.

Existem diversos tipos de manutenção, os quais, podem ser considerados como políticas ou estratégias de manutenção, desde que, sua aplicação seja o resultado de uma definição gerencial ou política global de instalação, baseada em dados técnicos-econômicos (KARDEC, 2015). Para tanto, há seis estratégias que cobrem desde a restauração emergencial até a melhoria:

- Manutenção Corretiva Não Planejada;
- Manutenção Corretiva Planejada;
- Manutenção Preventiva;
- Manutenção Preditiva;
- Manutenção Detectiva;
- Engenharia de Manutenção.

Xenos (2004) e Kardec (2015) ressaltam que as atividades de manutenção buscam evitar a degradação dos equipamentos e das instalações causadas pelo uso e desgaste natural dos equipamentos. Entretanto, esta técnica deve ser efetiva nos processos de organização e gerenciamento diário, de modo a estar continuamente na busca da melhoria dos processos e do produto, a fim de mitigar desperdícios, minimizando custos com retrabalhos e, conseqüentemente, garantindo a qualidade do produto.

Desse modo, o presente estudo almeja com o plano de manutenção baseado na metodologia MCC, diminuir falhas e quebras inesperadas no equipamento, oferecendo medidas e recursos para prevenção e controle, minimizando custos e imprevistos pela falta de uma manutenção adequada, aumentando assim, a confiabilidade e o desempenho deste equipamento durante as atividades desenvolvidas no laboratório.

## 2.1 Plano de manutenção

Conforme Xenos (2004), um plano de manutenção é composto basicamente por um conjunto de ações preventivas, as quais já possuam data para execução ou sejam realizadas por meio de um calendário de ações preventivas. Destaca ainda, que a base para a elaboração do plano de manutenção é a necessidade de manutenção preventiva dos equipamentos. De modo que, um bom plano de manutenção representa todas as ações preventivas que devem ser tomadas, para evitar falhas e garantir o bom funcionamento dos equipamentos.

Dessa forma, quando já são conhecidas as ações preventivas de inspeção, reforma ou troca de equipamentos, bem como, seus respectivos intervalos, a elaboração de planos de manutenção torna-se uma tarefa relativamente simples.

Portanto, os padrões de manutenção devem conter, entre outras informações, instruções detalhadas sobre o que inspecionar, reformar ou trocar, com que frequência tais procedimentos devem ser realizados, em que circunstâncias e como estas tarefas devem ser executadas (XENOS, 2004).

## 2.2 Manutenção centrada na confiabilidade

A MCC originou-se pela necessidade de certificação da linha de aeronaves Boeing 747 (o Jumbo), pela FAA (Federal Aviation Authority) nos Estados Unidos. Isso porque, representou um marco tanto em níveis de automação, quanto em relação ao número de passageiros transportados (triplicação do número de assentos em relação ao Boeing 707), pois era inviável a aplicação das metodologias tradicionais de manutenção para atender às exigências das autoridades aeronáuticas americanas (FREIRE, 2012).

Surge então, a necessidade de desenvolver novas metodologias, capazes de reduzir a probabilidade de falhas significativas. Em 1968, motivou-se a criação de uma Força-Tarefa na United Airlines, conhecida pela sigla de MSG-1 (Maintenance Steering Group), para rever a aplicabilidade dos métodos existentes nessas aeronaves. Desta comissão, foi gerado um relatório que introduziu os conceitos da MCC (SIQUEIRA, 2005).

Para Zaions (2003), a MCC se implantou no meio industrial como um planejamento de controle, causando a diminuição dos custos de manutenção, visando aumentar a vida útil dos itens físicos, tornando-se uma metodologia essencial no planejamento da manutenção preventiva. Nesse sentido, Souza e Lima (2003), ressaltam sete passos para implantação da metodologia MCC:

Passo 1 - Seleção do equipamento e área onde será realizada a manutenção: Quando os investimentos forem justificáveis, deve-se planejar os detalhes da manutenção, por meio de análises (quando e onde), auditorias e treinamentos;

Passo 2 - Determinação do desempenho desejado e capacidade real tecnológica do ativo: Conciliar a manutenção de modo que, o equipamento esteja em condições para executar as tarefas planejadas (capabilidade intrínseca) e as realize de maneira correta (desempenho desejado);

Passo 3 - Análise das falhas do ativo: Realizar registro e análise de falhas funcionais (perda de função), que possam gerar consequências para o desempenho operacional, classificando-as em falhas parciais/totais; falhas limites inferiores/superiores e falhas contexto operacional. Permitindo maior conhecimento e controle sobre os equipamentos;

Passo 4 – Estudar o que motivou as falhas, quais seus efeitos e possíveis consequências: Usualmente, é utilizado o FMEA - Análise de Modos de Falha e seus Efeitos – para conduzir as investigações sobre as falhas, justificando as tomadas de decisões para eliminar/amenizar a causa/efeito da falha;

Passo 5 – Selecionar o tipo de manutenção mais adequada, de acordo com a seguinte classificação: Tempo (preventiva), condição (preditiva) e teste (detectiva). Isso permitirá uma alta confiabilidade operacional do equipamento e, onde for aplicável, alta longevidade do mesmo com a manutenção preditiva, baixando os custos de manutenção;

Passo 6 – Formular e Implementar o Plano de Manutenção: As recomendações no novo plano de manutenção, devem ser comparadas às já existentes, de modo que, decida-se se devem ser propostas novas atividades, ou seja, mudar as atuais ou eliminá-las;

Passo 7 – Melhoria Contínua: Realizar constantes revisões, baseadas no *Kaisen*, para adaptá-las às novas tecnologias, aos novos problemas e às novas condições do ambiente. Nesse sentido, o autor destaca a importância do envolvimento entre os setores e colaboradores, para que, as melhorias atinjam toda a empresa e apresentem resultados significativos.

Com o intuito de garantir a confiabilidade de operação, desde que viáveis, o MCC busca a utilização máxima dos recursos disponíveis. Além disso, pelo alto nível de informações que disponibiliza, permite que a empresa melhore seu desempenho operacional, aumentando a vida útil dos equipamentos e melhorando a tomada de decisões sobre a necessidade de manutenção (quando, onde, o que e por que fazer).

Após realizar o levantamento dos riscos de falhas, a empresa poderá direcionar seus esforços para máquinas que, apresentem falhas e possam gerar algum prejuízo tanto para o ambiente, quanto para os colaboradores. Nesse sentido, amplia a segurança (SOUZA e LIMA, 2003). Das quais, destacam-se a Manutenção Produtiva Total (TPM) ou *Total Productive Maintenance* e a Manutenção Centrada na Confiabilidade (MCC) ou *Reliability Centered Maintenance*.

### 3. Métodos e técnicas

O presente estudo objetiva propor um plano de manutenção baseado na metodologia MCC para uma máquina CNC. A instituição de ensino que ambientou o referente trabalho localiza-se na cidade Joaçaba, no Oeste de Santa Catarina, é denominada com UNOESC (Universidade do Oeste de Santa Catarina) a qual conta com 61 laboratórios didáticos, sendo um deles o laboratório de usinagem. Esse ambiente de ensino, permite que os acadêmicos tenham acesso a diversos equipamentos da instituição, conciliando a teoria com a prática durante as aulas.

Para atingir o objetivo principal deste estudo, três macro etapas foram definidas, sendo elas: (1) Identificar as principais características e etapas da Manutenção Centrada em Confiabilidade; e

(2) Realizar uma avaliação do torno CNC do laboratório de usinagem da instituição, para definir a melhor solução para os problemas detectados. Na segunda etapa, foram realizadas: Entrevista não-estruturada; Registros fotográficos; Consulta à manuais dos fabricantes do equipamento; Consulta de dados no site e sistema de manutenção da instituição. Para realizar a verificação dos dados que compõe o presente trabalho, foram realizadas as etapas de Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA).

#### 4. Resultados e discussões

##### 4.1 Avaliação da situação da sistemática atual utilizada para a manutenção do laboratório de usinagem da UNOESC Campus Joaçaba

O setor de manutenção da UNOESC depende e responde diretamente à direção, que estabelece metas e responsabiliza o setor pelos equipamentos e pela sua conservação. Para tanto, o setor de manutenção conta com um *software* (OCOMOM), utilizado para gestão, abertura, controle e histórico de chamados.

Então, o responsável pelo setor imprime as ordens de serviço e as entrega aos técnicos, para que então, seja efetuada a avaliação e agendada a execução dos reparos. No entanto, quando a demanda exige conhecimentos específicos, são contratadas empresas terceirizadas para a execução da manutenção.

Quando o laboratório de usinagem precisa de uma manutenção, deve ser feita uma ordem de serviço pelo técnico do laboratório (via software) que, apontará qual equipamento precisa de reparos (informando o número do patrimônio), quais os motivos da solicitação, quais são os sintomas da anomalia e se demanda urgência.

Normalmente, a manutenção é realizada de forma corretiva. Entretanto, existem alguns procedimentos que são realizados pelo técnico do laboratório, como verificação de nível de óleo e lubrificação das partes móveis, caracterizando nesses casos, a manutenção autônoma. Cumpre destacar, que tais procedimentos e verificações não possuem um procedimento ou uma periodicidade específica, sendo realizados oportunamente.

##### 4.2 Equipamentos objetos do plano de manutenção

A máquina CNC abordada neste estudo é um torno CNC Logic L195 – Nardini. Para Cassaniga, (2000) o CNC é um equipamento eletrônico que recebe informações de como a máquina vai realizar uma operação, por meio de linguagem própria, que processa essas informações e devolve-as ao sistema através de impulsos elétricos.

Atualmente, esses equipamentos estão cada vez mais presentes nas indústrias, uma vez que, aumentam a produtividade e a qualidade da produção. A instituição possui um torno CNC em seu laboratório, utilizado tanto para fins didáticos, como para pesquisas, no entanto, passa grande parte do tempo ocioso. Na Tabela 1 é caracterizado o equipamento estudado.

MCC					PLANILHA DE DESCRIÇÃO DOS ITENS FÍSICOS			
SISTEMA Torno CNC Logic L195 - NARDINI			Sistema: 01	Equipe: Vinícios Araldi	Folha N°			
				Analista:	Data: 03/10/2018			
ITENS E INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE								
N°	Descrição	Qta	Características Técnicas		Local de Instalação			
IF- 01	BARRAMENTO	1	EM AÇO		LABORATÓRIO DE USINAGEM			
IF- 02	CARRO PORTA FERRAMENTAS	1	EM AÇO		LABORATÓRIO DE USINAGEM			
IF- 03	CABEÇOTE FIXO	1	EM AÇO		LABORATÓRIO DE USINAGEM			
IF- 04	CABEÇOTE MÓVEL	1	EM AÇO		LABORATÓRIO DE USINAGEM			
IF- 05	MOTOR BOMBA DE REFRIGERAÇÃO	1	POTÊNCIA 0,33 Cv		LABORATÓRIO DE USINAGEM			
IF- 06	MOTOR ELÉTRICO PRINCIPAL	1	POTÊNCIA 10 Cv		LABORATÓRIO DE USINAGEM			
IF- 07	CORREIA DE TRANSMISSÃO	3	BORRACHA		LABORATÓRIO DE USINAGEM			
IF- 08	UNIDADE DE AR COMPRIMIDO	1			LABORATÓRIO DE USINAGEM			
IF- 09	PAINEL INTERFACE LÓGICO	1			LABORATÓRIO DE USINAGEM			
IF- 10	QUADRO DE COMANDO	1	EM AÇO COM PINTURA		LABORATÓRIO DE USINAGEM			

Fonte: os autores

Tabela 1 - Planilha de Descrição dos itens físicos – Torno CNC

#### 4.2.1 Identificação das fronteiras do sistema

Para Meneghini (2017), essa é uma das principais etapas dentro da metodologia da MCC, cuja ideia é observar funções e falhas funcionais de cada componente. Nessa fase, foi possível analisar os principais ativos e as fronteiras físicas do sistema, conforme Tabela 2.

MCC					PLANILHA DE IDENTIFICAÇÃO DAS FRONTEIRAS DO SISTEMA			
SISTEMA Torno CNC Logic L195 - NARDINI			Sistema: 01	Equipe: Vinícios Araldi	Folha N°			
				Analista:	Data: 03/10/2018			
<p><b>1 - Principais itens físicos:</b>            BARRAMENTO            CARRO PORTA FERRAMENTAS            CABEÇOTE FIXO            CABEÇOTE MÓVEL            MOTOR BOMBA DE REFRIGERAÇÃO            MOTOR ELÉTRICO PRINCIPAL            CORREIA DE TRANSMISSÃO            UNIDADE DE AR COMPRIMIDO            PAINEL INTERFACE LÓGICO            QUADRO DE COMANDO</p>								
<p><b>2 - Fronteiras Físicas do sistema:</b>            Inicia com:            Energia elétrica para abastecimento do quadro de comando que distribui para o motor principal, bomba de refrigeração e demais componentes eletrônicos e eletrônicos.            Ar comprimido da rede para a unidade de ar comprimido que alimenta a placa de fixação, contra ponto do cabeçote móvel e demais componentes pneumáticos            Transmissão por correia da rotação do motor aos eixos e cabeçote fixo</p> <p>Termina com            Giro dos eixos e do cabeçote fixo para usinagem de componentes            Acionamento da placa de fixação e contra ponto do cabeçote móvel            Saída e Ruído</p>								

Fonte: os autores

Tabela 2 - Planilha de identificação das fronteiras do Sistema - Torno CNC

Nesse sentido, foi elaborada a Tabela 3, de modo a identificar as informações relacionadas às funções, parâmetros, redundâncias e dispositivos de proteção; instrumentação e controle.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO SISTEMA			
	SISTEMA Torno CNC Logic L195 - NARDINI	Sistema: 01	Equipe: Vinícios Araldi	Folha N°
			Analista:	Data: 03/10/2018
<b>1 - Funções e seus parâmetros:</b> USINAR, FURAR E CORTAR PEÇAS DE FORMA GEOMÉTRICA DE REVOLUÇÃO TRANSFORMAR MATERIAL EM ESTADO BRUTO EM PEÇAS CIRCULARES COM BOM ACABAMENTO SUPERFICIAL				
<b>2 - Redundâncias:</b> NÃO HÁ				
<b>3 - Dispositivos de Proteção:</b> BOTOEIRAS DE EMERGÊNCIAS SENSORES DE PORTA ABERTA SENSORES DE AQUECIMENTO SENSORES DE COLISÃO				
<b>4 - Instrumentação de Controle</b> MANÔMETROS TEMPERATURA				

Fonte: os autores

Tabela 3 - Planilha de descrição do sistema – Torno CNC

Meneghini (2017), destaca ainda, que outra alternativa para a realização da MCC é a identificação do histórico de falhas dos itens físicos. Neste trabalho, o histórico de falhas e possíveis falhas foram identificados através de informações e opiniões dos técnicos de laboratório, professores, e funcionários que acompanham a utilização e manutenção dos equipamentos.

No entanto, não foi possível resgatar dados precisos do Software utilizado para o gerenciamento da manutenção. Sendo assim, foi elaborada a Tabela 4, conforme informações e hipóteses apontadas.

MCC	PLANILHA DE DESCRIÇÃO POSSÍVEIS FALHAS			
	SISTEMA Torno CNC Logic L195 - NARDINI	Sistema: 01	Equipe: Vinícios Araldi	Folha N°
			Analista:	Data: 03/10/2018
ITENS E INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE				
N°	Descrição	Data	Modo de Falha	
IF-01	BARRAMENTO	03/out	Não permitir o movimento do carro porta ferramentas e do cabeçote móvel	
IF-02	CARRO PORTA FERRAMENTAS	03/out	Não produzir o movimento definido e a troca de ferramentas	
IF-03	CABEÇOTE FIXO	03/out	Não produzir a rotação definida	
IF-04	CABEÇOTE MÓVEL	03/out	Não fixar o contra ponto durante a usinagem	
IF-05	MOTOR BOMBA DE REFRIGERAÇÃO	03/out	Não gerar a potência de 0,33 CV	
IF-06	MOTOR ELÉTRICO PRINCIPAL	03/out	Não gerar a potência de 10 Cv	
IF-07	CORREIA DE TRANSMISSÃO	03/out	Não transmitir a potência do motor	
IF-08	UNIDADE DE AR COMPRIMIDO	03/out	Não acionar a placa de fixação	
IF-09	PAINEL INTERFACE LÓGICO	03/out	Não acionar os comandos lógicos e programados	
IF-10	QUADRO DE COMANDO	03/out	Não transmitir a energia elétrica para comando dos motores elétricos, bomba de refrigeração e demais componetes eletricos e eletrônicos	

Fonte: os autores

Tabela 1 - Planilha de descrição de Possíveis falhas – Torno CNC

#### 4.2.2 Análise dos modos de falhas e efeitos

Para a análise dos Modos de Falhas e Efeitos, desenvolveu-se uma planilha de Análise de Modos de Falhas e Efeitos (FMEA). Tabela 5.

MCC		PLANILHA DE ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA E EFEITOS				
		SISTEMA Torno CNC Logic L195 - NARDINI		Sistema: 01	Equipe: Vinícios Araldi	Folha Nº 1
				Analista:	Data: 03/10/2018	
FUNÇÃO	F - 01	Gerar potencia de 0,33 Cv		FALHA FUNCIONAL	FF-01	Não gerar potência de 0,33 Cv
ITEM	MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA		EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 05	Bomba de Refrigeração	MF- 01	Bombeamento insuficiente	A- Desgaste do componente B- Ruído excessivo dos rolamentos dos mancais	Não haverá o bombeamento necessário para a refrigeração durante o processo de usinagem	S
FUNÇÃO	F - 02	Gerar potencia de 10 Cv		FALHA FUNCIONAL	FF-02	Não gerar potência de 10 Cv
ITEM	MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA		EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 06	Motor Elétrico Principal	MF- 02	Motor Queimado	A- Perda do isolamento devido a Umidade B- Ruído excessivo dos rolamentos dos mancais	Não haverá a rotação necessária para a usinagem dos componentes	S
FUNÇÃO	F - 03	Transmitir o movimento de rotação		FALHA FUNCIONAL	FF-03	Não ocorrer a transmissão da rotação
ITEM	MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA		EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 07	Correias de Transmissão	MF- 03	Correias de transmissão rompidas	A- Desgaste das correias B- Fim da vida útil das correias	Não haverá a transmissão da rotação do motor	S
FUNÇÃO	F - 04	Distribuir ar comprimido para atuação da placa contra ponto		FALHA FUNCIONAL	FF-04	Não acionar a placa e o contra ponto
ITEM	MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA		EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 08	Unidade de Ar Comprimido	MF- 04	Sem pressão de ar no sistema	A- Quebra da Valvula atuadora B- Rompimento das mangueiras C- Travamento dos Purgadores	Não acionara a placa e contra ponto	S
FUNÇÃO	F - 05	Fornecer as informações do interface lógico		FALHA FUNCIONAL	FF-05	Não acionar os comandos lógicos programados
ITEM	MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA		EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 09	Painel Interface Lógico	MF- 05	Painel não liga	A- Rompimento dos dispositivos de segurança B- Umidade excessiva	Não a comunicação da interface lógica	S
FUNÇÃO	F - 06	Distribuir a energia elétrica para os componentes elétricos e eletrônicos		FALHA FUNCIONAL	FF-06	Não ocorrer a ligação dos componentes elétricos e eletrônicos
ITEM	MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA		EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 10	Quadro de Comando	MF- 06	Falta de Energia Elétrica para os componentes	A- Mau contato nos contactores B- Queima dos reles de segurança C- Disjuntores com mau funcionamento	Não ligará o equipamentos e/ou parte dos componetes elétricos e eletrônicos	S
FUNÇÃO	F - 07	Permitir o deslizamento do Carro principal e do cabeçote Móvel		FALHA FUNCIONAL	FF-07	Não permitir o deslizamento do Carro principal e do cabeçote Móvel
ITEM	MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA		EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 01	Barramento	MF- 07	Barramento Oxidado	A- Falta de lubrificação e proteção antioxidante B- Desgaste do barramento	Não haverá movimentação do barramento	N
FUNÇÃO	F - 08	Produzir o movimentos dos eixos e porta ferramenta		FALHA FUNCIONAL	FF-08	Não produzir o movimentos dos eixos e porta ferramenta



ITEM		MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 02	Carro Porta Ferramentas	MF- 08	Carro Porta ferramentas Travado/ Oxidado	A- Falta de lubrificação e proteção antioxidante B- Desgate do Carro Principal	Não haverá movimentação do eixos e porta ferramenta	N
FUNÇÃO	F - 09	Fixar a e rotacionar a placa durante a usinagem		FALHA FUNCIONAL	FF-09	Não fixar e rotacionar a placa durante a usinagem
ITEM		MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 03	Cabeçote Fixo	MF- 09	Cabeçote móvel travado/ oxidado	A- Falta de lubrificação e proteção antioxidante B- Desgate do Cabeçote Móvel	Não haverá a fixação do contra ponto durante a usinagem	N
FUNÇÃO	F - 10	Realizar o movimento definido para o Cabeçote		FALHA FUNCIONAL	FF-10	Não realizar o movimento do cabeçote
ITEM		MODO DE FALHA		CAUSA DA FALHA	EFEITO E CONSEQUÊNCIA DA FALHA	D.D
IF - 04	Cabeçote Móvel	MF- 10	Cabeçote Travado/ Oxidado	A- Falta de lubrificação e proteção antioxidante B- Desgate do Cabeçote Móvel	Não haverá movimentação do cabeçote	N

Fonte: os autores

Tabela 5 - Planilha de Análise dos modos de falha e efeito – FMEA – Torno CNC

Os itens assinalados na coluna DD, referente ao diagrama de decisão para seleção de tarefas, assinalados com S (SIM), foram encaminhados à planilha de tarefas de manutenção preventiva. Já os assinalados como N (NÃO), foram foco do estudo do plano de lubrificação, que se estabelece dentro de uma manutenção autônoma.

#### 4.2.3 Seleção das tarefas de manutenção preventiva

Os itens assinalados na coluna DD, referente ao diagrama de decisão para seleção de tarefas, assinalados com S (SIM), foram encaminhados à planilha (Tabela 6) de tarefas de manutenção preventiva. Já os assinalados como N (NÃO), foram foco do estudo do plano de lubrificação, que se estabelece dentro de uma manutenção autônoma.

PLANILHA DE DESCRIÇÃO DO PLANO DE MANUTENÇÃO				
MCC	SISTEMA		Sistema:	Folha Nº
	Torno CNC Logic L195 - NARDINI		01	Equipe: Vinícios Araldi Analista:
ITENS E INSTRUMENTAÇÃO E CONTROLE				
Nº	Descrição	Tarefa da Manutenção		Frequência
IF- 05	MOTOR BOMBA DE REFRIGERAÇÃO	Verificar a integridade dos cabos de alimentação		Anualmente
		Limpar a bomba e o sistema de ventilação		Anualmente
		Avaliar desgaste		Anualmente
		Avaliar vazão da bomba		Anualmente
IF- 06	MOTOR ELÉTRICO PRINCIPAL	Verificar a integridade dos cabos de alimentação		Anualmente
		Limpar o motor e o sistema de ventilação		Anualmente
		Verificar a fixação do motor a base		Anualmente
		Executar análise de vibração do motor		Anualmente

IF- 07	CORREIAS DE TRANSMISSÃO	Verificar tensionamento das correias	Anualmente
		Verificar desgaste das correias	Anualmente
IF- 08	UNIDADE DE AR COMPRIMIDO	Verificar a integridade das mangueiras e cabos de alimentação	Anualmente
		Limpar sistema e drenar filtro de ar	Semestralmente
		Verificar funcionamento dos manômetros	Anualmente
		Verificar vazamentos de ar	Anualmente
IF- 09	PAINEL INTERFACE LÓGICO	Realizar a limpeza geral do Painel	Semestralmente
		Aplicar limpa contato em todos os componentes eletrônicos	Anualmente
		Verificar integridade dos componentes eletrônicos	Anualmente
IF- 07	QUADRO DE COMANDO	Reapertar os parafuso dos contatos	Semestralmente
		Limpar o painel, contatos e sensores	Anualmente
		Verificar os contatos dos controladores e atuadores	Anualmente

Fonte: os autores

Tabela 6 - Planilha de descrição do Plano de Manutenção Preventiva – Torno CNC

## 5. Considerações finais

O presente estudo objetivou desenvolver um plano de manutenção baseado na metodologia MCC para uma máquina CNC de uma universidade comunitária. Foram desenvolvidas pesquisas bibliográficas, onde constatou-se que a manutenção centrada em confiabilidade é indicada para o caso apresentado, uma vez que, mostra-se adequada para gerir os trabalhos de manutenção, pois está focada na definição de tarefas preventivas associadas às causas de falhas.

Nesse sentido, levando em consideração o objetivo apresentado no início deste trabalho, destaca-se que foi atingido com êxito, pois mostrou-se possível a elaboração do plano de manutenção baseado na manutenção centrada em confiabilidade. Adicionalmente, constatou-se que a MCC é um processo importante de documentação, análise de falhas, definição das tarefas de manutenção fundamental para migrar os custos operacionais e de manutenção das organizações.

Além disso, o estudo permitiu planejar a manutenção da máquina em estudo de modo que aumenta a disponibilidade do equipamento, diminuição de custos com manutenção e alta confiabilidade dos itens físicos do equipamento.

Baseado neste estudo, o qual foi um piloto para a universidade, será possível utilizar de base este trabalho para replicar a MCC para outras máquinas operatrizes da instituição de modo que os problemas oriundos da manutenção a cerca de custos e disponibilidade para os acadêmicos nos laboratórios de usinagem sejam mitigados.

## Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5462: Confiabilidade e Manutenibilidade. Rio de Janeiro, 1994. 37 p.

CASSANIGA, F. A. **Fácil Programação do Controle Numérico**. São Paulo, 2000.

COSTA, Mariana de Almeida. **Gestão estratégica de manutenção: uma oportunidade para melhorar o resultado operacional.** 2013. 103 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) –Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

GUPTA, G., Mishra, R. P. A SWOT analysis of reliability centered maintenance framework. **Journal of Quality in Maintenance Engineering**, v. 22, n. 2, 2016, p. 130-145.

KARDEC, A. **Manutenção – Função estratégica / Alan Kardec, Júlio Nascif.** – 4ª ed- Rio de Janeiro, Qualitymark Editora,2015 436p

KARDEC, A.; NASCIF J. **Manutenção: função estratégica.** 3ª edição. Rio de Janeiro: Qualitymark: Petrobrás, 2009. 384 p.

MAROCCO, Gustavo Salomão; **a importância da manutenção produtiva total na melhoria contínua do processo: um estudo de caso;** Juiz de Fora 2013- Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2008.

MENEZHINI, C. **Implementação da Metodologia de Manutenção Centrada em Confiabilidade em um Sistema de Embalagem de Presunto.** 2010. 207 f. Relatório de Estágio Supervisionado (Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2010.

MENEZHINI, C. **O emprego da manutenção centrada em confiabilidade num sistema de refrigeração industrial de pequeno porte.** 2017. 83 f. Relatório de Estágio Supervisionado (Engenharia de Produção Mecânica) – Universidade do Oeste de Santa Catarina, Joaçaba, 2017.

MOUBRAY, J. **Manutenção Centrada em Confiabilidade.** São Paulo: Aladon Ltda. 2000, 426 p.

NASCIMENTO, A. **Plano de Manutenção para o Laboratório de Usinagem.** 2017. 90. Trabalho de Conclusão de Curso Tecnologia em Fabricação Mecânica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Ponta Grossa, 2017.

RIGONI, E. **Metodologia para implantação da manutenção centrada na confiabilidade: uma abordagem fundamentada em Sistemas Baseados em Conhecimento e Lógica Fuzzy.** Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (POSMEC) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Engenharia Mecânica, Florianópolis, 2008.

SIQUEIRA, I. P. **Manutenção centrada na confiabilidade:** manual de implantação. 1. ed. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SOUZA, S. S.; LIMA, C. R. C. **Manutenção Centrada em Confiabilidade como Ferramenta Estratégica.** In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção, 2003, Ouro Preto – MG.

SOUZA, J. B. **Alinhamento das estratégias do Planejamento e Controle da Manutenção (PCM) com as finalidades e função do Planejamento e Controle da Produção (PCP):** Uma abordagem Analítica. 2008. 169 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa.

TAVARES, L. A. **Excelência na Manutenção – Estratégias, Otimização e Gerenciamento,** Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda., 1996.

XENOS, H. G. **Gerenciamento da Manutenção Produtiva.** Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial. 1998.

ZAIONS, D. R. **Consolidação da Manutenção Centrada em Confiabilidade em uma Planta de Celulose e Papel.** 2003. 219 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) –Curso de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2003.