

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Rodrigo Schons Arenhart

**A CONTRIBUIÇÃO DE PLANOS DE MANUTENÇÃO EM UM
LABORATÓRIO DE INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR PÚBLICA.**

Santa Maria, RS
2017

Rodrigo Schons Arenhart

**A CONTRIBUIÇÃO DE PLANOS DE MANUTENÇÃO EM UM LABORATÓRIO DE
INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR PÚBLICA.**

Artigo de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção, da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM, RS), como requisito parcial para a obtenção de título de **Bacharel em Engenharia de Produção.**

Orientadora: Prof^a Dr^a. Morgana Pizzolato

Santa Maria, RS
2017

A CONTRIBUIÇÃO DE PLANOS DE MANUTENÇÃO EM UM LABORATÓRIO DE INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR PÚBLICA

CONTRIBUTION OF MAINTENANCE PLANS IN PUBLIC UNIVERSITY LABORATORY

Rodrigo Schons Arenhart¹, Morgana Pizzolato²

RESUMO:

A falta de confiabilidade de um sistema de medição pode gerar erros que influenciam diretamente as atividades e decisões de uma organização. Em alguns casos, essa falta de confiabilidade pode estar vinculada a problemas em procedimentos ou até mesmo a falta de manutenção dos instrumentos de medição. Este trabalho objetivou avaliar a contribuição de planos de manutenção para instrumentos de medição de laboratórios de Instituições de Ensino Superior Públicas (IESP). Para o cumprimento deste objetivo, realizou-se um levantamento do panorama geral de manutenção em laboratórios de uma IESP e a implantação de planos de manutenção elaborados a partir da implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC) em um laboratório da mesma instituição. Os resultados gerados pela implantação do plano, bem como os fatores dificultadores da realização desta, foram discutidos e comparados ao plano de manutenção que anteriormente era utilizado pelo laboratório.

Palavras-chave: Manutenção Centrada em Confiabilidade; Planos de manutenção; Instrumentos de medição; laboratório.

ABSTRACT:

The reliability lack of a measurement system can generate errors that directly influence the activities and decisions of an organization. In some cases, this reliability lack may be linked to problems in procedures or even measuring instruments no maintenance. The objective of this study was to evaluate the contribution of maintenance plans for laboratories measuring instruments in a Public University (PU). To accomplish this objective we performed a survey about maintenance scenario in laboratories of these Public University and we implemented in a laboratory of these University maintenance plans that was elaborated from Reliability Centered Maintenance (MCC). The results generated by the implementation of the plan, as well as the factors that made it difficult to perform, were discussed and compared to the maintenance plan previously used by the laboratory.

Keywords: Reliability Centered Maintenance; Maintenance plans; Measuring instruments; laboratory.

¹ Graduando, autor: graduando do Curso de Graduação em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Maria – UFSM.

² Engenheira, orientadora: Doutora em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS.

1 INTRODUÇÃO

O ato de medir está presente em diversas atividades corriqueiras da humanidade, tanto na agricultura, pecuária, comércio quanto na indústria e setor de serviços. Conforme Albertazzi e Sousa (2015) medir é o procedimento experimental pelo qual o valor momentâneo de uma grandeza física (mensurando) é determinado como um múltiplo e/ou uma fração de uma unidade, estabelecida por um padrão e reconhecida internacionalmente.

Ressalta-se a importância de utilizar o instrumento de medição correto para o mensurando que se deseja medir, uma vez que um sistema inadequado de medição pode levar a problemas como: resultados com incerteza de medição incompatível com as necessidades; manutenções muito frequentes nos sistemas de medição e vida útil mais curta; operação difícil, cara e/ou demorada; difícil integração com sistemas computacionais ou outros sistemas preexistentes; custos de aquisição e/ou de manutenções e calibrações excessivamente elevados; assistência técnica deficiente ou inexistente; erros de classificação excessivos no controle de qualidade ou do processo; má qualidade final dos produtos (ALBERTAZZI; SOUSA, 2015).

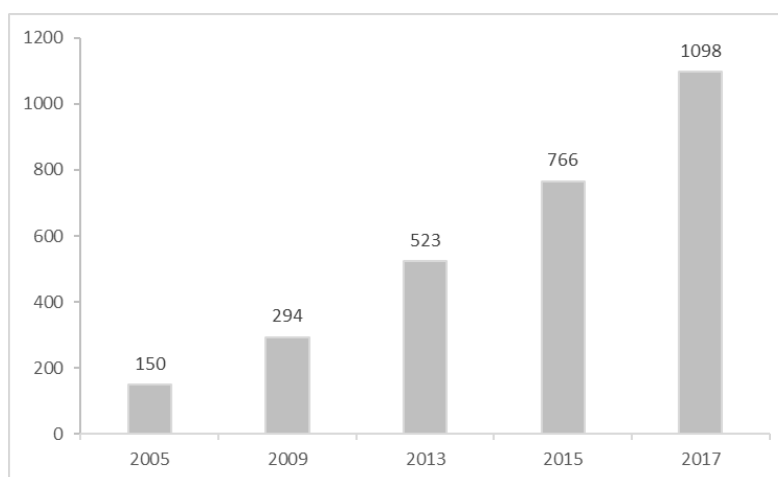
Somando-se a isso se cita as atividades de manutenção, que existem para evitar a degradação dos equipamentos e das instalações, causadas pelo desgaste natural e pelo uso. Essa degradação se manifesta de diversas formas como, por exemplo, a aparência externa ruim dos equipamentos, perdas de desempenho e paradas da produção, fabricação de produtos de má qualidade e poluição ambiental (XENOS, 2014). A manutenção é definida como a combinação de ações técnicas e administrativas, incluindo as de supervisão, destinadas a manter ou recolocar um item em um estado no qual possa desempenhar uma função requerida (ABNT, 1994). A partir dessa definição, fica claro que deve ser feito o possível para que um equipamento continue desempenhando as funções para quais foi projetado, no nível de desempenho esperado.

Neste contexto, entra a relevância dos laboratórios de ensino, pesquisa e extensão de instituições superiores de ensino possuir práticas de manutenção para seus instrumentos de medição. De acordo com a ABNT (2005, pag. 18), “O laboratório deve ter procedimentos para efetuar em segurança o manuseio, transporte, armazenamento, uso e manutenção planejada dos equipamentos de medição, de modo a assegurar seu correto funcionamento e prevenir contaminação ou deterioração”. Isso deixa clara a importância de se conservar os instrumentos de medição a fim de realizar as tarefas para as quais os mesmos foram desenvolvidos.

A partir da revisão bibliográfica é possível verificar a dificuldade em desenvolver um plano de manutenção para instrumentos de medição. A literatura de manutenção pesquisada (HANSEN 2006; LAFRAIA, 2001; TAKAHASHI, OSADA, 2013; XENOS, 2014) aborda o tema manutenção de forma genérica sem sequer usar como exemplo instrumentos de medição. Por outro lado, a literatura de metrologia (ALBERTAZZI, SOUSA, 2015; ABNT, 2005), que se refere a instrumentos de medição apenas recomenda que seja feita a manutenção, mas não apresenta detalhes da elaboração de planos de manutenção. Associado a isso, nem sempre os gestores de laboratórios de IES tem conhecimento de técnicas de elaboração de planos de manutenção. Com isso, torna-se evidente o problema dessa pesquisa: como elaborar planos de manutenção (gerenciar a manutenção) para instrumentos de medição de laboratórios de ensaio e calibração?

Um trabalho para responder as questões de pesquisa se justifica primeiramente para fins práticos visto que o setor de laboratórios que realizam medições teve grande crescimento nos últimos anos. Conforme Prada (2013), isso se deve, por vezes, às exigências de clientes e órgãos governamentais como o MAPA (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento), a ANVISA (Agência Nacional de Vigilância Sanitária) e o IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis). A Figura 1 demonstra o crescimento do número de laboratórios de ensaios acreditados no Brasil, desde 2005 até outubro de 2017.

Figura 1 – Evolução do número de laboratórios de ensaio acreditados ISO/IEC 17025 no Brasil de 2005 a outubro de 2017



Fonte: Prada (2013) e INMETRO (2017)

Os laboratórios que possuem um sistema de gestão baseado na ABNT NBR ISO/IEC17025 devem possuir planos de manutenção para seus instrumentos, assim como, registros das manutenções já realizadas. Torna-se evidente desta forma, a importância da criação de um plano de manutenção eficaz e do gerenciamento correto do mesmo, o que colabora para que o laboratório de ensaio/calibração atenda as especificações dos serviços que oferece.

No que tange o aspecto teórico, a pesquisa busca enriquecer a literatura na área de gestão da manutenção em laboratórios de calibração e ensaios, contribuindo com uma aplicação nessa situação. Tendo assim, um acréscimo de dados nesta área. Possibilitando, por fim, maior facilidade no desenvolvimento de estudos relacionados à esta temática.

Tem-se como objetivo geral avaliar a contribuição de planos de manutenção elaborados a partir da MCC para instrumentos de medição. Somando-se a isso, procura-se como objetivos específicos: (i) implantar planos de manutenção em laboratório com base na Manutenção Centrada em Confiabilidade; (ii) identificar as dificuldades na elaboração de um plano de manutenção para instrumentos de medição de um laboratório de calibração e ensaios.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esta seção destina-se a apresentar, em um primeiro momento, a contextualização histórica e conceitos básicos de manutenção. Na sequência é apresentada a Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC), que utiliza conceitos da manutenção preventiva principalmente, buscando incorporar suas aplicações, resultados, vantagens, desvantagens e dificuldades na sua aplicação. Após isso, é dado enfoque a ligação de laboratórios de instituições de ensino superior com práticas de manutenção, com especial atenção aos requisitos abordados pela norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 e por fim, busca-se visualizar aplicações de planos de manutenção voltados a este cenário apresentado.

2.1 INTRODUÇÃO À MANUTENÇÃO

De acordo com Almeida (2015), desde os primórdios de nossa civilização, a sociedade preocupa-se em fabricar utensílios que facilitem as atividades do cotidiano. O autor comenta que ao mesmo tempo em que estes itens eram inventados ou aprimorados, surgiu também a necessidade da conservação, reparos e até substituição parcial ou total dos mesmos. Neste contexto, apesar de rudimentar ou primitivo, o homem inseriu a prática da “manutenção”.

Conforme Viana (2006), a presença de equipamentos cada vez mais sofisticados e de alta produtividade fez a exigência de disponibilidade destes se tornar alta, e com isso, os custos de possuir máquina paradas se mostraram maiores. A partir disso, conclui-se que não basta ter equipamentos para a produção, é preciso saber usá-los de forma racional e eficaz. De acordo com o autor, a partir desta ideia, as técnicas de organização, planejamento e controle da produção começaram a sofrer modificações.

A manutenção corretiva, é aquela que só é realizada após o equipamento falhar ou quebrar. Incorre em paradas inesperadas das máquinas e pode oferecer risco à segurança do operador (VENANZI, 2016). Já a manutenção preventiva, almeja substituir periodicamente os componentes e ferramentas desgastados para evitar a parada de equipamentos (GROOVER, 2014) e, é caracterizada, segundo Slack, Chambers e Johnston (2009), como a operação que procura eliminar ou reduzir as probabilidades de falhas por manutenção (limpeza, lubrificação, substituição e verificação) em intervalos anteriormente planejados. Somando-se a isso, a manutenção preditiva, segundo Venanzi (2016), apresenta a vantagem de evitar a troca desnecessária de peças e equipamentos, prolongando sua vida útil através de análises nas propriedades de funcionamento dos equipamentos.

A MPT abrange a organização inteira, com a participação de todos os colaboradores, a fim de conseguir a utilização máxima do equipamento existente, utilizando para isso a filosofia do gerenciamento orientado para o equipamento. Destacam-se entre suas atividades: investigar e melhorar máquinas; determinar como fornecer e garantir a qualidade do produto; aprender como melhorar a eficiência da operação e como maximizar sua durabilidade; e descobrir como despertar o interesse dos operadores e educá-los para cuidarem das máquinas (TAKAHASHI; OSADA, 2013).

Por fim, o autor Lafraia (2001), assegura que a MCC determina o que deve ser feito para garantir que um equipamento continue a cumprir suas funções no seu contexto operacional. A ênfase se dá em determinar a manutenção preventiva necessária para manter o sistema em funcionamento, e não em tentar restaurar o equipamento a uma condição considerada ideal. Segundo Xenos (2014), a MCC se trata de um método que analisa se e quando a manutenção é considerada factível e efetiva. Os objetivos da manutenção de qualquer item são, segundo Lafraia (2001), definidos pelas funções e padrões de desempenho requeridos para o contexto operacional do mesmo item.

2.2 MANUTENÇÃO CENTRADA EM CONFIABILIDADE (MCC)

A Manutenção Centrada em Confiabilidade – MCC teve origem no desenvolvimento das disciplinas de engenharia da confiabilidade durante os anos 50 (ZAIKONS, 2003). O autor cita ainda, que as ferramentas analíticas fundamentais foram criadas para estimar a confiabilidade de componentes, sistemas mecânicos e principalmente sistemas elétricos.

Segundo Souza (2011), a cada dia dependemos mais de máquinas, que por mais sofisticadas que sejam, também apresentam falhas ou quebras, impossibilitando seu uso. Verifica-se como de fundamental importância que estes equipamentos exerçam a função para a qual foram projetados e tentem evitar falhas, ou sejam confiáveis, pelo menos durante um determinado período de tempo especificado em seus projetos.

Conforme Fogliatto e Ribeiro (2009), a MCC pode ser definida como um programa reunindo diversas técnicas aplicadas de engenharia para assegurar que os equipamentos de uma organização continuarão realizando as funções especificadas para si. Ainda segundo os autores, a eficácia desta ferramenta está em uma série de pilares incorporados a ela, os quais podem ser destacados: (i) grande envolvimento de engenheiros, operadores e técnicos de manutenção; (ii) ênfase no estudo das consequências das falhas; (iii) abrangência das análises; (iv) destaque para atividades proativas, envolvendo tarefas preditivas e preventivas; e (v) combate às falhas não aparentes do sistema, que reduzem a confiabilidade do mesmo.

Segundo Moubrey (2000), os resultados esperados da implantação da MCC são: (i) maior segurança humana e proteção ambiental; (ii) melhoria do desempenho operacional em termos de quantidade, qualidade de produto e serviço; (iii) maior efetividade do custo da manutenção; (iv) aumento da vida útil de itens físicos dispendiosos; (v) criação de um banco de dados completos sobre manutenção; (vi) maior engajamento do pessoal envolvido na manutenção; e (vii) melhoria do trabalho em equipe.

O autor Rausand (1998) afirma que a MCC se trata de uma técnica que foi criada a fim de atingir o melhor custo-benefício na aplicação de manutenções preventivas, reduzindo os custos ao eliminar práticas que não são extremamente necessárias e dando enfoque às atividades essenciais para a organização. O autor propõe passos a serem seguidos a fim de implantar a MCC, os 12 passos de Rausand para implantação da MCC estão descritos na Figura 2.

Figura 2 - 12 Passos para implantação da MCC

Passo	Atividade	Descrição
1	Preparação do estudo	Selecionar o grupo de pessoas que irá gerenciar a implantação da MCC, preferencialmente da área de manutenção, definir os objetivos e o escopo da análise.
2	Seleção e definição do sistema	Eleger um sistema de análise que beneficie a implementação da MCC. É recomendado dividir os sistemas em subsistemas e selecionar aquele que realiza pelo menos uma função significativa quando considerado como um item isolado, permitindo a análise dos seus modos de falha.
3	Análise das funções e falhas funcionais	Possui três objetivos principais: (i) identificar e descrever as funções esperadas do sistema; (ii) descrever as interfaces de entrada e saída do sistema; e (iii) identificar as formas como o sistema pode falhar.
4	Seleção de itens críticos	Identificar os itens de análise que são potencialmente críticos quanto às falhas funcionais identificados no passo anterior.
5	Coleta e análise de dados	É essencial para a implementação da MCC e para a tomada de decisão nas próximas etapas. Os dados podem ser divididos em três categorias: (i) informações de projeto; (ii) informações operacionais; e (iii) informações de confiabilidade.
6	Análise de modos e efeitos de falha	Identificar os modos de falha dominantes dos itens de análise selecionados no passo 4, às causas das falhas, seus efeitos, consequências e criticidade.
7	Seleção das tarefas de manutenção	Definir quando as aplicações de tarefas preventivas de manutenção são realmente necessárias, aplicáveis e eficazes. Essa lógica de decisão orienta o analista quanto à seleção das tarefas.
8	Definição de intervalos de manutenção	Estabelecer a periodicidade das tarefas de manutenção com base no tempo, na taxa de falha e nas consequências de cada falha.
9	Comparação de práticas antigas com a MCC	Visa que todos conheçam as diferenças entre as duas propostas e que os gerentes se sintam motivados a trocar o programa de manutenção atual pelo de manutenção preventiva com base nas práticas da MCC.
10	Tratamento dos itens não críticos	Sugere analisar os custos de manutenção associados aos itens não críticos para decidir se vale o esforço de analisá-los mais detalhadamente.
11	Implantação	Para garantir a correta implantação da MCC é importante que as funções de suporte estejam disponíveis e que os riscos associados ao desempenho das tarefas de manutenção sejam considerados.
12	Recolhimento e atualização dos dados	A MCC estabelece que todos os dados associados às tarefas de manutenção devem ser revisados periodicamente, gerando um processo de realimentação constante da análise.

Fonte: Rausand (1998)

Outros autores propõem uma metodologia de implantação muito similar a utilizada por Rausand (1998), modificando o número de etapas, nos casos de Moubray (2000) e de Smith (1993), que apresentam sete etapas. O presente estudo contemplará 6 etapas para a implantação da MCC, descritas na seção 3, tendo como base, os 12 passos de Rausand (1998).

A implantação da MCC permite elevar a eficiência da manutenção, mantendo as funções do sistema operantes. O uso da ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*) é recomendado na etapa de análise de modos e efeitos de falha, pois possui o objetivo de gerar um plano integrado de manutenção que aumente a qualidade e a produtividade da empresa (ZAIIONS, 2003).

A garantia da qualidade exige excelência em projetos e processos, a excelência em projeto implica potencial para a qualidade, já em processos transforma o potencial em qualidade real. Para isso, FMEA e FTA (*Failure Tree Analysis*) são técnicas que auxiliam na busca pela excelência. Essas técnicas visam identificar pontos fracos do sistema e fornecer subsídios para as atividades de melhoria contínua (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

Conforme definido por Fogliatto e Ribeiro (2009), o desenvolvimento da FMEA de processos requer a definição do escopo, reunião com a equipe de trabalho e verificação de documentos referentes ao processo, para então iniciar a aplicação com os seguintes passos: (i) elaboração do fluxograma do processo; (ii) identificação dos modos de falha; (iii) identificação dos efeitos dos modos de falha; (iv) determinação da severidade; (v) identificação das causas das falhas; (vi) determinação da ocorrência; (vii) identificação dos controles de prevenção e detecção; (viii) determinação da detecção; (ix) cálculo do risco; e (x) recomendação de ações a fim de reduzir riscos associados.

O uso de outras ferramentas torna-se importante no decorrer das etapas da implantação da MCC. Zaions (2003) demonstra a utilização da árvore lógica de decisão e do diagrama de decisão na etapa referente à seleção de tarefas e intervalos de manutenção. O autor define que o objetivo da árvore lógica de decisão é priorizar os modos de falha que utilizarão recursos financeiros no processo da MCC, enquanto do diagrama de decisão se constitui em especificar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas.

2.3 PLANEJAMENTO DA MANUTENÇÃO

Conforme Fogliatto e Ribeiro (2009), a missão da manutenção em um contexto organizacional deve ser alinhada a estratégia de operação. Os métodos e metas da manutenção não serão os mesmos, dependendo de qual estratégia de produção se priorize: custo, qualidade, flexibilidade, serviços ou entrega. A manutenção deve identificar suas prioridades e planejar as atividades a cerca destas.

Souza (2011) define que a necessidade de serviços de manutenção em equipamentos deve acontecer de maneira periódica e é função do departamento responsável pela manutenção a identificação das necessidades para garantir o maior número de disponibilidade de máquinas possível. Para que isso seja aplicado, o autor cita aspectos importantes para a padronização da manutenção: (i) planejamento dos trabalhos; (ii) programação dos serviços planejados; (iii) execução dos trabalhos; (iv) controle e acompanhamento dos serviços; e (v) processamento dos dados.

A ABNT NBR ISO/IEC 17025 (ABNT, 2005) identifica os requisitos que os laboratórios devem implementar para que se instale o Sistema de Gestão da Qualidade (OLIVARES, 2009). O mesmo autor expõe uma estrutura dos documentos do Sistema de Gestão da Qualidade, onde é possível verificar os requisitos presentes na referida norma e ainda, constatar a necessidade de métodos eficazes de conservação e utilização de equipamentos.

Planos de manutenção buscam detalhar todas as atividades envolvidas na manutenção programada de máquinas, abrangendo inspeções, atividades de manutenção preditiva, preventiva e corretiva, conforme forem suas prioridades (FARIA, 2013). Esta política determina intervalos adequados para a realização das manutenções preventivas através de análise quantitativa, como por exemplo, os tempos até falha de determinado equipamento, tornando-se vantajoso quando comparado às práticas corretivas de manutenção, primeiramente por inibir que os equipamentos menos confiáveis venham a falhar com frequência e em um segundo momento por evitar que equipamentos com uma maior confiabilidade sejam verificados desnecessariamente (MENDES; RIBEIRO, 2014).

É importante que, afim de gerenciar corretamente o planejamento de manutenção, a organização faça uma distinção clara entre os custos de manutenção e os custos de investimentos, como por exemplo, compra de novos equipamentos ou expansão de instalações já existentes (XENOS, 2014). O autor alerta que, para manter os equipamentos, é necessário a utilização de peças de reposição, energia, mão de obra. Definindo por fim, como uma parcela dos custos de produção da empresa.

A gestão dos custos de manutenção tem como objetivo maximizar os benefícios da manutenção atendendo à um orçamento já estabelecido. Esses custos podem ser classificados como: (i) por finalidade (inspeção, reparo, substituição); (ii) por tipo de manutenção (preditiva, preventiva, corretiva ou melhoria de projeto); (iii) por elemento (materiais, mão-de-obra, terceiros); e (iv) por tipo de trabalho (elétrico, mecânico, entre outros) (FOGLIATTO; RIBEIRO, 2009).

3 METODOLOGIA

Esta seção apresenta, em um primeiro momento, o cenário específico onde a pesquisa foi realizada. Em seguida, faz-se uma identificação do método de pesquisa, caracterizando a mesma quanto a sua natureza, abordagem, objetivos e procedimentos. Ao final da referida seção são apresentadas as etapas da pesquisa, bem como suas descrições específicas.

3.1 CENÁRIO

O estudo em questão contemplará duas atividades em dois níveis diferentes, o primeiro nível, para a pesquisa ampla, serão laboratórios de Instituições de Ensino Superior, localizados na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), na cidade de Santa Maria – RS. As entrevistas serão feitas pelo pesquisador, com os responsáveis (ou pessoas por eles designadas) de cada laboratório selecionado.

O segundo nível, para a aplicação dos planos de manutenção em laboratório, será realizado no Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento e Inovação de Produtos e Processos (LADIPP), localizado na UFSM e vinculado aos cursos de Engenharia de Produção e Engenharia Mecânica. Este laboratório está situado no Centro de Tecnologia da UFSM e faz parte do SGLab CT, que se configura em um órgão de apoio, possuindo um conjunto de laboratórios técnico-científicos que realizam atividades de prestação de serviços técnicos especializados com o sistema de gestão desenvolvido conforme a ABNT NBR ISO/IEC 17025. O laboratório realiza atividades de ensaio e calibração nas áreas de força, dimensional, massa e volume para ensino, pesquisa e extensão. Os ensaios e calibrações executados pelo LADIPP estão descritos na tabela 1.

Tabela 1 – Ensaios e calibrações executados pelo LADIPP

Área	Ensaio/Calibração
Dimensional	Calibração de paquímetro
Dimensional	Calibração de micrômetro
Dimensional	Calibração de relógio comparador
Dimensional	Ensaio em máquina de medir coordenadas tridimensional
Força	Calibração de máquina de força
Força	Ensaios na máquina universal em aço
Força	Ensaios na máquina universal em argamassa
Força	Ensaios na máquina universal em polímeros
Massa	Calibração de balança
Volume	Calibração de vidraria

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

3.2 MÉTODO DE PESQUISA

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, pois tem como objetivo gerar uma aplicação prática, de modo a tentar a solução de problemas específicos do cotidiano (VENANZI, 2016). O trabalho em questão visa avaliar as dificuldades da elaboração e implantação de um plano de manutenção e identificar o impacto do mesmo em um laboratório de ensaio e calibração, com auxílio das práticas da Manutenção Centrada em confiabilidade (MCC).

A abordagem é qualitativa, uma vez que a preocupação é obter informações sobre a perspectiva dos indivíduos, bem como interpretar o ambiente em que a problemática acontece (MIGUEL, 2010). A problemática em questão se dá no LADIPP, onde serão realizadas coletas e análises de dados, configurando-se no ambiente natural de trabalho desta pesquisa, assim como, a utilização de informações acerca das opiniões dos indivíduos vinculados ao contexto, ressaltando ainda, as informações que serão obtidas na pesquisa que se realizará em laboratórios da mesma instituição.

Quanto aos objetivos, pode ser definida como exploratória que, segundo Gil (2002), visa proporcionar uma maior familiaridade com o problema, tornando-o mais explícito ou constituindo-se hipóteses. Cita-se ainda, a característica explicativa, uma vez que objetiva identificar fatores que interferem ou condicionam a ocorrência dos fenômenos (BOAVENTURA, 2004). A falta de um bom detalhamento da elaboração de planos de manutenção se configura em um problema para o trabalho, através do qual, visa-se aprimorar o conhecimento já existente. Concomitantemente a isso, o projeto espera monitorar processos que possam demonstrar a eficácia de um plano de manutenção.

Em relação ao procedimento, é enquadrada como pesquisa-ação, que, de acordo com Thiollent (2005), é um tipo de pesquisa social com base empírica, concebida e realizada em estreita associação com uma ação ou com a resolução de um problema coletivo, no qual o pesquisador e os participantes do problema estão envolvidos de modo cooperativo ou participativo. Deste modo, a coleta de dados da pesquisa será realizada em laboratórios de instituição de ensino superior e a aplicação prática da pesquisa será realizada em um laboratório selecionado nesta mesma instituição.

3.3 ETAPAS DA PESQUISA

Parte das etapas abordadas nessa metodologia (a partir da segunda etapa até a etapa final) seguem as definições da metodologia proposta por Rausand (1998) que visa a implantação da Manutenção Centrada em Confiabilidade (MCC). Ressalta-se a realização da primeira etapa ao mesmo tempo das demais etapas, sendo as posteriores realizadas em dependência uma da outra.

1) Levantamento do panorama da situação dos laboratórios da UFSM em relação a manutenção: para a realização dessa etapa foi elaborado um questionário de forma a identificar como os laboratórios tratam a questão da manutenção. Foi verificada a existência da previsão de tarefas de manutenção, de que tipo são as tarefas, quem realiza, qual a periodicidade, como é feito o controle, ações sobre possíveis problemas encontrados, entre outros.

2) Seleção e definição do sistema no LADIPP: o objetivo desta etapa foi eleger um sistema de análise que beneficie a implantação da MCC. Buscou-se dividir o sistema global em subsistemas e selecionar os que realizam funções significativas e que permitam a análise dos seus modos de falha.

3) Análise de funções e falhas, seleção de itens críticos e coleta e análise de dados: esta etapa visou identificar e descrever quais são as funções esperadas do sistema, no caso específico do Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento e a Inovação de Produtos e Processos (LADIPP), onde foi feito um estudo identificando ainda, processos críticos onde o sistema pode vir a falhar, selecionando então itens críticos do sistema, para realizar na sequência a coleta e análise de dados, divididos em três categorias: (i) informações de projeto; (ii) informações operacionais; e (iii) informações de confiabilidade. Essas informações também foram obtidas nos manuais dos instrumentos de medição e diretamente com os fabricantes.

4) Análise de modos e efeitos de falha: Nesta fase, buscou-se identificar os modos de falhas dominantes dos itens de análise identificados no LADIPP, além de suas causas de falhas, seus efeitos, consequências e criticidade. Esta etapa foi realizada com a aplicação da ferramenta *Failure Modes, Effects Analysis* (FMEA) de processos.

5) Seleção de tarefas e definição de intervalos de manutenção: Inicialmente definiu-se quando as aplicações de tarefas preventivas de manutenção são realmente necessárias, aplicáveis e eficazes. Na sequência estabeleceu-se da periodicidade das tarefas de manutenção com base no tempo, na taxa de falhas e nas consequências de cada falha. A seleção foi realizada

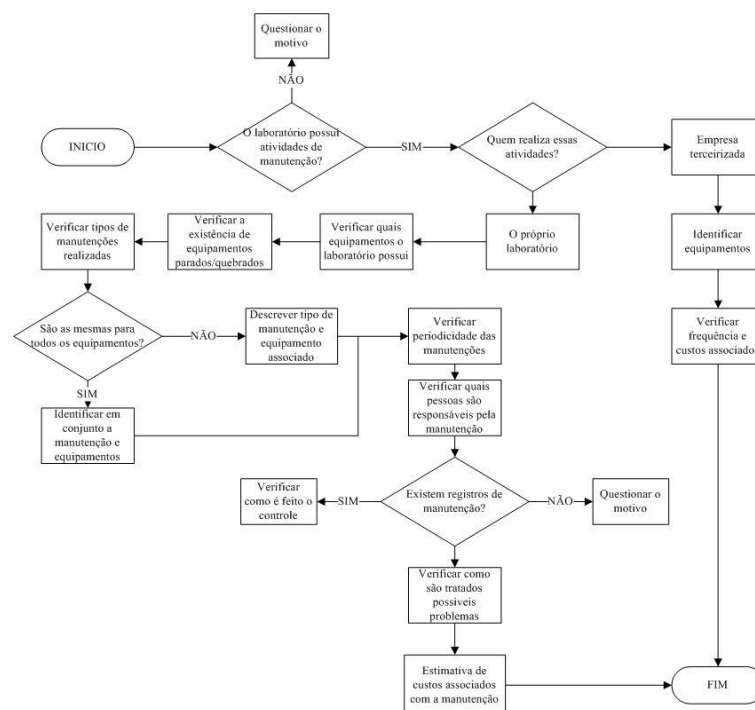
a partir dos dados gerados pela FMEA, além de considerar a avaliação das ferramentas: árvore lógica de decisão (ALD) e diagrama de decisão.

6) Comparação das práticas antigas e das propostas pela MCC: Por fim, nesta etapa a pesquisa almejou explicitar a contribuição dos planos de manutenção existentes antes da avaliação pela MCC e sugerir melhorias a serem aplicadas no sistema.

4 RESULTADOS

Nesta seção são apresentados e discutidos os resultados desse trabalho. Na primeira etapa foi realizado o levantamento do panorama da situação dos laboratórios em relação a atividades de manutenção, o qual foi realizado por meio de entrevistas individuais. Segundo Ribeiro e Milan (2007), as entrevistas individuais possuem abordagem essencialmente qualitativa, onde o número de entrevistados é razoavelmente pequeno e o envolvimento do entrevistador é grande, interagindo diretamente com o entrevistado. A estruturação das entrevistas individuais realizadas para este trabalho é apresentada no fluxograma da Figura 3. Entre os pontos importantes da entrevista cita-se a existência de atividades de manutenção em equipamentos, a necessidade de terceirização, os tipos de manutenção realizados em cada equipamento, a frequência em que ocorre e a existência de registros.

Figura 3 – Processo de aplicação do questionário



Foram entrevistados sete laboratórios das áreas de ensaios químicos, mecânicos (dimensional, força e massa) e calibrações nas áreas dimensional e de massa. Dos sete entrevistados dois são acreditados pela CCGRE de acordo com a norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, três estão em fase final de implantação da norma, um utiliza o sistema de gestão de acordo com a norma, porém não é acreditado e apenas um não possui sistema de gestão formalizado. Cabe destacar que todos os laboratórios possuem algum tipo de atividade de manutenção, porém, em alguns casos, não existem registros e controle destas. A Tabela 2 apresenta informações gerais sobre os laboratórios pesquisados relacionadas a área, tempo de atividade, número de funcionários, acreditação ou não e, o número de equipamentos. A classificação da área de atividade dos laboratórios foi feita com base na nomenclatura utilizada pela Rede Metrológica RS.

Tabela 2 – Informações gerais sobre laboratórios pesquisados

Laboratório	Área	Tempo de atividade	Nº funcionários	Acreditação	Nº Equipamentos
Lab A	Ensaio de materiais de construção civil	50 anos	30	Não	67
Lab B	Ensaio químicos	25 anos	15	Sim	35
Lab C	Ensaio químicos	32 anos	34	Não	44
Lab D	Ensaio químicos	25 anos	50	Não	22
Lab E	Ensaio químicos	19 anos	12	Sim	39
Lab F	Ensaio químicos	10 anos	10	Não	54
LADIPP	Ensaio dimensionais, de força e de massa	3 anos	10	Não	73

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Através da pesquisa foi possível observar que todos os laboratórios analisados fazem uso de atividades de manutenção terceirizadas, pois os equipamentos são, normalmente, de grande complexidade, dificultando as manutenções por equipe não especializadas. Neste contexto observa-se um valor anual de custos de manutenções que varia de R\$ 5.000,00 até R\$ 250.000,00. Outro ponto a observar é que os valores mais elevados se concentram principalmente nos laboratórios de ensaios químicos, os quais possuem equipamentos que chegam a custar R\$1.000.000,00.

Também foi possível verificar que entre os equipamentos dos laboratórios, alguns são utilizados frequentemente e outros estão parados, mas em condições de operar (disponíveis). Já os equipamentos em reparo foram separados em duas categorias: (i) em reparo I, para equipamentos aguardando manutenção ou que estejam recebendo manutenção ou ainda, com data prevista para a realização da manutenção e; (ii) em reparo II, para equipamentos que não podem ser utilizados e/ou não possuem previsão de receber manutenção. A lista completa de equipamentos dos laboratórios entrevistados bem como sua situação está no Apêndice A.

Entre os laboratórios entrevistados, todos declararam possuir práticas de atividades internas de manutenção preventiva, enquanto dois laboratórios afirmam realizar também a manutenção corretiva internamente. A partir das entrevistas pode-se inferir que a manutenção nos laboratórios acreditados não é estruturada de forma completa e adequada, pois praticam apenas dois tipos de manutenção (corretiva e preventiva) sem utilizar metodologias como MPT e MCC, e que os laboratórios se preocupam com esta temática porque é exigência da norma. Isso é verificado no momento de coleta de dados sobre os registros de manutenção, pois, em alguns casos, os laboratórios possuem poucos registros de controle de equipamentos e da realização das manutenções. Salienta-se que os laboratórios analisados fazem uso da terceirização de manutenção do tipo corretiva, realizando o chamado das equipes especializadas assim que encontram algum tipo de falha que não possa ser resolvida pelo pessoal dos laboratórios. Em 86% dos casos, os laboratórios não possuem planos de manutenção definidos para cada equipamento.

Quando se realiza a comparação dos laboratórios entrevistados ao LADIPP (laboratório onde foram implantados os planos de manutenção), percebe-se que o segundo possui práticas específicas de manutenção, além de manter registros de seus equipamentos atualizados e acessíveis a todos os colaboradores do laboratório e realizar as manutenções planejadas conforme frequência definida em planos de manutenção. Outro ponto importante é que o LADIPP, mesmo ainda não sendo acreditado, segue os requisitos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 referentes a atividades de manuseio, transporte, armazenamento, uso e manutenção de equipamentos.

Na sequência do trabalho vem a etapa 2 a qual objetivou selecionar o sistema de análise para a implantação da MCC no LADIPP. Para tanto, buscou-se identificar equipamentos e padrões que tem funções significativas para o laboratório. Dessa forma, o LADIPP foi subdividido em 10 sistemas funcionais, a nomenclatura destes não caracteriza um item físico em específico, mas sim atividades a serem realizadas. Nos casos de sistemas, as atividades são

calibrações e ensaios, já nos subsistemas são identificadas as funções principais para realizar o procedimento do sistema definido, os sistemas aqui citados foram apresentados na Tabela 1.

O sistema selecionado para o estudo foi a calibração de micrômetros, pois corresponde a grande parte das medições realizadas pelo laboratório (42% do total de medições no ano de 2017) e possui um procedimento consolidado para sua realização. Entre 2016 e 2017 foram realizadas 20 calibrações de micrômetros. Como o procedimento de calibração de micrômetros se trata de um processo, o estudo deste sistema deve ser feito em todos os equipamentos, padrões e insumos utilizados para a execução desse (blocos padrão, anéis lisos cilíndricos, paralelos ópticos, álcool isopropílico, anticorrosivo, luvas, entre outros).

Os subsistemas do sistema escolhido são: (i) seleção de equipamentos, padrões e insumos; (ii) atividades de limpeza e lubrificação; (iii) ajuste do instrumento de medição; (iv) estabilização térmica; (v) medições (vi) lacrar instrumento de medição e; (vii) proteger e armazenar equipamentos e padrões.

Com o sistema e seus subsistemas definidos na etapa 2, foi iniciada a identificação das funções de cada subsistema. A principal função que se espera do sistema é que o mesmo apresente confiabilidade no processo de calibração de micrômetro. Nesta etapa (3) busca-se identificar processos críticos do sistema e analisar onde podem ocorrer falhas que levem a não realização de sua função primária.

Para tanto, foi realizado o levantamento dos principais itens físicos que compõem o processo de calibração de micrômetros, a saber: anticorrosivo, luvas, solvente, óleo lubrificante, panos, jogo de blocos padrão, coleção de paralelos ópticos, tinta esmalte, álcool isopropílico e suporte de micrômetros. Os itens físicos que compõem os subsistemas, utilizados na calibração de micrômetros, não possuem manual fornecido pelo fabricante devido a simplicidade de construção dos instrumentos, padrões e insumos utilizados em seus procedimentos. Dessa forma, a equipe do laboratório buscou em catálogos de fabricantes e livros as recomendações para a realização das manutenções.

O resultado destas pesquisas gerou o plano de manutenção que foi colocado em prática em 2016. O plano elaborado definiu as atividades de manutenção a ser realizadas em cada equipamento, onde deveriam ser executadas, quem deveria executar, quais ferramentas e/ou insumos utilizar e qual a frequência de realização de cada atividade.

Este plano de manutenção englobou todos os equipamentos de medição existentes no laboratório o que inclui os subsistemas que são foco dessa pesquisa. O controle do plano de

manutenção implantado em 2016 ocorreu por meio de três planilhas eletrônicas, a primeira é um cronograma de manutenções onde são indicadas as semanas em que cada atividade de manutenção devia ser realizada, a segunda descreve as atividades de manutenção em cada equipamento e a terceira é o histórico do equipamento, que inclui todas atividades e ocorrências relacionadas a ele.

Na etapa 4, para a análise de falhas foi utilizada a FMEA do processo de calibração de micrômetros. Para elaboração da FMEA de processo foi elaborado o fluxograma apresentado no Apêndice B. A partir do fluxograma foi construída a FMEA do processo (Apêndice C). Na execução dessa FMEA foram considerados os subsistemas como definido na etapa 3 dessa pesquisa. Foram identificadas 24 funções/operações, gerando 118 combinações de modo e causa de falha, sendo que destas, 25 dizem respeito a atividades de manutenção, o que corresponde a 21% do total. A Figura 4 exemplifica um dos subsistemas analisados, com as respectivas ações de melhoria sugeridas que foram consideradas na elaboração das novas tarefas de manutenção. A planilha completa dos subsistemas analisados pode ser encontrada no Apêndice D.

Afim de realizar a seleção de tarefas e definir intervalos de manutenção (etapa 5) foram utilizadas as ferramentas Árvore Lógica de Decisão (ALD) e Diagrama de Decisão. A primeira possui por objetivo priorizar os modos de falha que necessitarão de recursos financeiros no processo da MCC, enquanto a segunda visa especificar as tarefas de manutenção aplicáveis e efetivas.

Com a ALD é possível classificar os modos de falha em uma das quatro categorias: (i) segurança; (ii) integridade ambiental; (iii) parada forçada de produção e (iv) perdas econômicas. Além de verificar a existência de falhas ocultas no processo analisado. Na utilização do Diagrama de Decisão o objetivo é listar todas as tarefas de manutenção aplicáveis aos itens físicos do processo e selecionar as mais efetivas. Caso nenhuma tarefa seja selecionada deve-se optar por utilizar a manutenção corretiva.

Figura 4 – Exemplo de subsistema analisado

Subsistema	Itens físicos	Modo de falha	Causa da falha	Efeito da falha	Ação de melhoria
Seleção de equipamentos, padrões e insumos	Blocos padrão	Selecionar bloco padrão inadequado	Blocos mal conservados	Erro no resultado da medição	Durante as manutenções anotar quais blocos estão oxidados e verificar nos certificados de calibração quais possuem os menores erros para atualizar o POP
	Paralelos ópticos	Selecionar paralelos óptico inadequado	Paralelos mal conservados	Erro no resultado da medição	Durante as manutenções anotar quais paralelos estão riscados e verificar nos certificados de calibração quais possuem menor erro, para atualizar o POP
	Suporte de micrômetro	Selecionar suporte inadequado	Suportes mal conservados	Dificuldade na realização da medição	Implantar atividades de manutenção para os suportes de micrômetro

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

A utilização destas ferramentas serviu de sustentação para a elaboração de ações para compor o plano de manutenção. Estas ações foram desenvolvidas considerando: (i) modo de falha; (ii) sua classificação em uma das quatro categorias expressas pela ALD; (iii) suas possíveis tarefas de manutenção segundo o Diagrama de Decisão; (iv) a ação de manutenção elaborada e; (v) a frequência da ação. A Figura 5 apresenta as ações propostas para o subsistema “seleções de equipamentos, padrões e insumos” com o resultado do uso das ferramentas ALD e do Diagrama de Decisão. As ações determinadas para o restante dos subsistemas são encontradas no Apêndice E.

A partir da observação da Figura 5, percebe-se que cada modo de falha apresenta uma ou mais tarefas de manutenção, além da determinação da respectiva frequência. Para a determinação destas tarefas, foi feito uso das ferramentas já citadas. A coluna referente a ALD apresenta a classificação do problema encontrado no processo, que está vinculado à uma das quatro categorias citadas anteriormente. Já no espaço destinado ao Diagrama de Decisão é verificada a existência ou não de oito ocorrências: (i) tarefa de rotina para evitar ou avaliar o nível de degradação; (ii) conhecimento da relação idade e confiabilidade para a falha; (iii) tarefa de restauração ou descarte baseada no tempo; (iv) tarefas de monitoramento baseadas nas condições; (v) associação de modo de falha com falha oculta; (vi) tarefas de verificação funcional; (vii) eficácia da tarefa e; (viii) eliminação do modo de falha e seus efeitos com o reprojeto. No segundo caso, a resposta para as questões de 1 a 8 estão inseridas na Figura 5 com “S” para sim e “N” para não.

Figura 5 – Ações propostas para o subsistema “seleções de equipamentos, padrões e insumos”

Sub sistema	Itens físicos	Modo de falha	ALD	Diagrama de Decisão								Ação	Frequência
				1	2	3	4	5	6	7	8		
Seleção de equipamentos, padrões e insumos	Blocos padrão	Selecionar bloco padrão inadequado	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	S	S	N	1- Realizar inspeção visual a fim de verificar se os blocos padrão permanecem protegidos com óleo anticorrosivo	Semanal
				2- Registrar blocos padrão com presença de oxidação através da inspeção visual	Semanal								
				3- Limpar excesso de anticorrosivo utilizando pano seco, em seguida limpar utilizando pano umedecido com álcool isopropílico, secar utilizando pano seco e por fim proteger utilizando óleo anticorrosivo em toda a superfície do bloco	Quinzenal								
	Paralelos ópticos	Selecionar paralelos óptico inadequado	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	N	-	N	1- Realizar inspeção visual a fim de registrar a ocorrência de riscos ou desgastes nos paralelos ópticos	Quinzenal
				2- Passar mano macio e seco na superfície dos paralelos ópticos a fim de remover sujidades	Quinzenal								
	Suporte de micrômetro	Selecionar suporte inadequado	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	N	-	N	1- Realizar o desmonte e a limpeza do suporte utilizando detergente neutro, escova, esponja e panos limpos	Semestral
				2- Realizar a lubrificação do suporte utilizando graxa de uso geral em suas superfícies de desliz	Semestral								
				3- Passar pano umedecido com detergente neutro em toda superfície externa do suporte	Mensal								

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Cabe ressaltar que, além das ações relacionadas com atividades de manutenção, com a FMEA de processo foram geradas sugestões de melhoria para o processo de calibração de micrômetros propriamente dito. Dentre as quais, destacam-se: atualizar procedimentos operacionais padrão com base nos certificados de calibração de blocos padrão e paralelos ópticos, elaborar vídeos didáticos demonstrando como realizar atividades consideradas complicadas, realizar determinadas atividades em duplas e utilizar materiais de proteção para os padrões. As demais as sugestões de melhorias identificadas para esse processo estão descritas no Apêndice D.

Na etapa 6 foi realizada a comparação entre as práticas antigas e as propostas pela MCC. Nessa comparação foi possível observar que o plano de manutenção atualmente utilizado pelo LADIPP nos itens físicos do processo analisado consiste de atividades preventivas, preditivas e corretivas. Baran (2011) salienta que a manutenção preditiva diz respeito a toda a ação de acompanhamento ou monitoramento das condições de um determinado sistema, verificando se o mesmo se mantém operacional ou se apresenta algum tipo de degradação, sendo realizada, esta manutenção, por meio de medições ou inspeções que não interfiram na operação do sistema.

Os padrões utilizados no processo possuem planos de manutenção individualizados para cada tipo de padrão. No caso do jogo de blocos padrão, tem-se atividades de manutenção preditiva (inspeção visual mensal), preventiva (limpeza e lubrificação mensal) e corretiva (remoção de oxidações). Os paralelos ópticos possuem atividades de manutenção preditiva (inspeção visual quinzenal) e preventiva (limpeza de superfície mensal). Os outros dois itens físicos presentes no processo, suporte para micrômetros e tinta esmalte, não possuíam planos para inspeções e manutenções elaborados.

A partir da elaboração do plano de manutenção pela MCC verificou-se uma maior caracterização do sistema e dos itens físicos que o compõem, demonstrando a importância que cada item físico possui no processo de calibração, pois anteriormente alguns itens presentes no processo não foram considerados nos planos de manutenção. Em relação ao primeiro plano de manutenção cita-se o incremento de oito novas atividades de manutenção e a reformulação de três atividades já existentes. As novas atividades são: (i) realizar o ajuste do valor inicial do micrômetro durante as verificações intermediárias; (ii) realizar a regulagem do ar condicionado na sala de calibração; (iii) registrar blocos padrão com presença de oxidação; (iv) executar a limpeza dos blocos sobre papel EVA; (v) realizar desmonte e limpeza do suporte de micrômetro; (vi) realizar lubrificação do suporte de micrômetro; (vii) passar pano umedecido com detergente neutro no suporte de micrômetro e; (viii) verificar validade da tinta esmalte utilizada para lacrar parafusos do micrômetro. Já as atividades que foram reformuladas, contando com novas frequências e formas de realização são: (i) limpeza e lubrificação de blocos padrão; (ii) inspeção visual de paralelos ópticos e; (iii) limpeza de paralelos ópticos.

A implantação de novas atividades se deu devido a observação do processo de calibração de micrômetro como um sistema. Itens físicos que não estavam presentes nos planos de manutenção anteriores foram considerados pois desempenham papel importante para o sistema. A inclusão de novas tarefas para itens físicos que, anteriormente já contavam com planos de manutenção, se deu devido a necessidade de complementação destes planos. Três

novas tarefas foram elaboradas para instrumentos que já possuíam planos de manutenção e o restante se elaborou para itens que não possuíam. O ajuste de valor inicial do micrômetro foi inserido no plano pois o laboratório anteriormente não realizava verificações intermediárias, realizando os ajustes nos micrômetros apenas em calibrações. O registro de blocos com marcas de oxidação foi acrescentado pois auxilia na elaboração de procedimentos de calibração quando, junto com os respectivos certificados de calibração dos blocos padrão, são definidos quais blocos devem ser utilizados no processo. Já a realização da limpeza e lubrificação dos blocos padrão sobre uma superfície protegida com papel EVA tem como função fornecer proteção aos padrões em caso de quedas.

No que diz respeito a reformulação de atividades já existentes foi verificada a necessidade de mudanças devido a conservação dos itens e a eficácia da manutenção realizada. No caso da limpeza e lubrificação de blocos padrão, ao decorrer do tempo, os colaboradores do laboratório verificaram que os blocos padrão apresentavam uma perda acentuada de lubrificação depois de aguardar o tempo necessário para realizar a manutenção novamente, determinando assim, a mudança da frequência da atividade de um mês para 15 dias. A inspeção visual dos paralelos ópticos anteriormente era realizada semanalmente, porém, ao verificar riscos nos paralelos, não há atividade de manutenção corretiva, por parte da equipe do laboratório, que possa reverter este quadro. A limpeza dos paralelos, por sua vez, estava com frequência mensal definida, porém, como o padrão adquire sujidades que podem riscá-lo, foi constatada a necessidade de aumentar a frequência de limpeza. Assim, tanto inspeção visual como limpeza de paralelos ópticos tiveram a frequência de limpeza definida em quinzenal.

Foi possível constatar que com a implantação da MCC podem ser geradas melhorias no processo em termos de qualidade do serviço, a partir da nova metodologia de manutenção dos itens físicos onde busca-se aumentar a vida útil dos instrumentos componentes do processo e através da atualização do banco de dados sobre as manutenções, correspondendo a três resultados esperados por Moubray (2000). Isso pode ser verificado ao analisar as mudanças citadas anteriormente, onde blocos padrões estavam perdendo lubrificação, o que pode ocasionar oxidações, e paralelos ópticos estavam apresentando sujidades, que podem acarretar em riscos nas superfícies dos mesmos.

O plano de manutenção do LADIPP, elaborado em 2016, não seguiu as etapas de implantação da MCC. Com o resultado obtido no plano de 2017, elaborado a partir da implantação da MCC, é possível evidenciar a importância da metodologia, pois foram identificadas atividades de manutenção que inicialmente não eram realizadas e modificação em atividades já realizadas. A Figura 6 contempla as ações de manutenção propostas por meio da

aplicação da MCC para o item físico jogo de blocos padrão. A tabela completa com as demais ações de manutenção para os demais itens físicos do sistema está no Apêndice F.

Figura 6 – Ações de manutenção propostas pela MCC

Item físico	Tarefa	Frequência
Jogo de Blocos padrão	1- Realizar inspeção visual a fim de verificar se os blocos padrão permanecem protegidos com óleo anticorrosivo	Semanal
	2- Registrar blocos padrão com presença de oxidação através da inspeção visual	Semanal
	3- Limpar excesso de anticorrosivo utilizando pano seco, em seguida limpar utilizando pano umedecido com álcool isopropílico, secar utilizando pano seco e por fim proteger utilizando óleo anticorrosivo em toda a superfície do bloco	Quinzenal
	4- executar a limpeza dos blocos sobre papel EVA na bancada da sala A do laboratório	Quinzenal
	5- realizar regulagem do ar condicionado da sala de calibração	Diária
	6- Remover oxidação	NA

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

O número total de atividades de manutenção apresentou um acréscimo, passando de nove para 18 atividades, o dobro em relação ao plano anterior. Além disso, foi definida uma nova divisão na periodicidade de realização de algumas atividades. Enquanto nos planos implantados no ano de 2016 havia apenas atividades com frequência semanal e mensal, nos novos planos de manutenção desenvolvidos com base na MCC passou-se a inserir frequências diárias, quinzenais e semestrais, demonstrando maior atenção as atividades baseadas no tempo. A comparação das atividades de manutenção é verificada na figura 7.

Figura 7 – Comparação das atividades de manutenção

Atividades de manutenção	Antes MCC	Após MCC
Diária	0	3
Semanal	2	2
Quinzenal	0	4
Mensal	5	5
Semestral	0	3
Corretiva	2	2
Baseadas no tempo	7	15
Baseadas na condição	2	3

Fonte: Elaborado pelo autor (2017)

Com a elaboração do plano de manutenção para instrumentos de medição no LADIPP foi possível identificar algumas dificuldades durante o trajeto. A principal dificuldade encontrada foi relacionada a falta de material relacionado a planos de manutenção, como foi verificado ao analisar a literatura encontrada (HANSEN 2006; LAFRAIA, 2001; TAKAHASHI, OSADA, 2013; XENOS, 2014), que trata o tema de forma genérica. Outro aspecto de difícil mensuração trata-se da determinação da periodicidade das tarefas de manutenção, onde, em sua maioria, foi determinada com base na experiência da equipe técnica do laboratório. Além disso, a etapa 2 apresentou uma dificuldade acentuada, pois a identificação do sistema estudado foi aspecto de difícil delimitação, por se tratar de um processo e não de um instrumento único. Cita-se também, a importância de conhecer todas as etapas e itens que compõem o processo de calibração de micrômetro, pois trata-se de um procedimento técnico que pode ser realizado apenas por metrologistas treinados para operar o instrumento de medição e os padrões de calibração.

É possível vincular as dificuldades encontradas na elaboração deste trabalho com a situação da manutenção nos demais laboratórios da instituição, como indicou o levantamento do panorama da manutenção apresentado na primeira etapa do projeto. Percebeu-se que para a elaboração de um plano de manutenção é indispensável a correta utilização de todas as ferramentas (Fluxograma, FMEA de processo, ALD e Diagrama de Decisão) aqui utilizadas, o que traz dificuldades aos laboratórios, pois em muitos casos eles não tem pessoal com conhecimento para tanto. Outra questão está relacionada ao pouco ou nenhum domínio dos gestores em planos de manutenção fato que pode dificultar a estruturação de práticas de manutenção nos laboratórios. No âmbito geral, constatou-se que os laboratórios acreditados e em fase de acreditação seguem as diretrizes da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 relacionadas à manutenção. Entretanto, as atividades de manutenção ficam comprometidas devido ao fato de que os planos de manutenção não são individualizados para cada equipamento e ainda não se realiza o controle das manutenções feitas.

O tempo para a elaboração dos planos de manutenção representa um significativo fator a ser analisado pois o trabalho foi realizado em aproximadamente dois anos, sendo o primeiro para a elaboração dos planos de manutenção de cada equipamento pertencente ao laboratório e o segundo com a elaboração de planos de manutenção baseados na MCC para o processo de calibração de micrômetros. Este pode ser um fator determinante para a dificuldade que os laboratórios encontram no que diz respeito a manutenção, uma vez que para realizar tal estudo é necessária a participação de uma mesma equipe em um intervalo de tempo grande,

característica dificilmente encontrada na instituição pela alta rotatividade de pessoas que compõem as equipes de trabalho dos laboratórios que são alunos de graduação e pós-graduação. Laboratórios que possuem em sua equipe técnicos permanentes terão maior facilidade de elaborar planos de manutenção e coloca-los em prática.

Por fim, verificou-se que a carga de trabalho que o LADIPP aumentará para aplicar o novo plano de manutenção, uma vez que atualmente o laboratório dedica 2,2 % das horas úteis do mês para atividades de manutenção relacionadas ao sistema estudado e terá que aplicar uma carga de trabalho futura de 4,1 % de seu tempo. Nota-se que a carga de trabalho aumentou na mesma proporção que o número de atividades de manutenção, como citado anteriormente. Para definir as horas úteis no mês se considerou dois turnos diários de quatro horas e 20 dias no mês. Definido isso foi realizado o somatório do tempo das tarefas de manutenção e ao final foi feita uma projeção de tempo de manutenção para as novas tarefas.

5 CONCLUSÃO

Esse trabalho objetivou avaliar a contribuição de planos de manutenção elaborados a partir da MCC para instrumentos de medição. Este objetivo é evidenciado ao comparar o LADIPP a outros laboratórios da instituição e ao verificar as mudanças no processo que o plano de manutenção com base na MCC forneceu ao laboratório. Ao realizar a comparação entre laboratórios também foi possível verificar que o LADIPP, mesmo não sendo acreditado, se notabilizou por seguir os requisitos referentes a atividades de manuseio, transporte, armazenamento, uso e manutenção de equipamentos da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025, principalmente, pelo uso de planos de manutenção e registros atualizados de equipamentos. Verificou-se que a implantação de planos de manutenção com base na MCC pode gerar melhorias no processo em termos de qualidade do serviço, onde pode ser aumentada a vida útil dos instrumentos componentes do processo, fornecendo um serviço de maior qualidade para os clientes do laboratório.

O laboratório já contava com um plano de manutenção para alguns dos itens físicos (micrômetros, blocos padrão e paralelos ópticos) componentes do sistema (processo de calibração de micrômetros) ao qual foi feito o novo plano com base na MCC. Ao comparar as práticas da MCC com as antigas verificou-se que o número total de atividades de manutenção passou de nove para 18 (dezoito), assim como foram definidas periodicidades baseadas em frequências diárias, quinzenais e semestrais, enquanto no plano antigo encontrava-se atividades com frequência semanal e mensal. Essas atividades corresponderam ao objetivo específico (i) implantar planos de manutenção em laboratório com base na Manutenção Centrada em Confiabilidade.

Ao longo do trabalho constatou-se uma grande dificuldade para encontrar materiais de apoio ao desenvolvimento da implantação de planos de manutenção. Outro ponto de difícil determinação foi a escolha do sistema para implantação do plano conforme a MCC, pois o mesmo se caracteriza por ser um processo de calibração e não apenas um equipamento físico do laboratório. Cita-se ainda, a dificuldade de definir questões de periodicidade das novas tarefas de manutenção e a característica do sistema escolhido, sendo um processo a ser realizado apenas por metrologistas treinados. Além disso, o tempo de execução do trabalho também se configura em uma dificuldade encontrada, levando 2 anos para sua conclusão, o que dificulta na replicação em outros laboratórios devido ao alto giro de colaboradores dos mesmos. O aumento da carga de trabalho necessária para a execução dos planos também é citado como dificuldade, uma vez que as novas tarefas de manutenção praticamente dobraram o tempo

necessário em relação às tarefas realizadas anteriormente. Com isso foi atendido o objetivo específico (ii) identificar as dificuldades na elaboração de um plano de manutenção para instrumentos de medição de um laboratório de calibração e ensaios.

Foi possível vincular as dificuldades encontradas no decorrer do trabalho com a situação da manutenção nos demais laboratórios da instituição onde se percebeu a importância da utilização correta das ferramentas apresentadas (Fluxograma, FMEA de processo, ALD e Diagrama de Decisão) trazendo dificuldades aos laboratórios, pois em muitos casos eles não tem pessoal com conhecimento necessário. Constatou-se que os laboratórios acreditados e em fase de acreditação seguem as diretrizes da norma ABNT NBR ISO/IEC 17025 relacionadas à manutenção, porém, as atividades de manutenção ficam comprometidas pelos planos de manutenção não serem individualizados para cada equipamento e ainda por não se realizar o controle das manutenções.

Como sugestão para trabalhos futuros cita-se a realização de outros planos de manutenção de instrumentos de medição. Expandir o estudo para outros sistemas do LADIPP, com vistas a auxiliar no desenvolvimento do laboratório e conservação dos equipamentos presentes no mesmo. Por fim, acompanhar as mudanças propostas pelo estudo e verificar se o efeito gerado pelas mesmas forneceu melhorias ao laboratório. E ainda, a partir de dados de falha dos instrumentos de medição realizar estudos de confiabilidade.

REFERÊNCIAS

- ALBERTAZZI, Armando G. Jr; SOUSA, André R. **Fundamentos de metrologia científica e industrial**. São Paulo: Manole, 2015.
- ALMEIDA, Paulo S. **Manutenção mecânica industrial: conceitos básicos e tecnologia aplicada**. São Paulo: Érica, 2014.
- ALMEIDA, Paulo S. **Manutenção mecânica industrial: princípios técnicos e operações**. São Paulo: Érica, 2015.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR 5462: Confiabilidade e manutenibilidade**. Rio de Janeiro, 1994.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **ABNT NBR ISO/IEC 17025: Requisitos gerais para a competência de laboratório de ensaio e calibração**. Rio de Janeiro, 2005.
- BARAN, Leandro R. **Manutenção centrada em confiabilidade aplicada na redução de falhas: um estudo de caso**. 103f. Monografia (especialização em gestão industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2011.
- BOAVENTURA, Edivaldo M. **Metodologia da pesquisa: monografia, dissertação, tese**. São Paulo: Atlas, 2004.
- FARIAS, Nuno A. C. C. **Elaboração e implementação de um plano geral de manutenção preventiva, preditiva e curativa na Lipor – Serviço Intermunicipalizado de Gestão de Resíduos do Grande Porto**. 101 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial e Gestão) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, 2013.
- FOGLIATTO, Flávio S.; RIBEIRO, José L. D. **Confiabilidade e manutenção industrial**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2009.
- GIL, Antonio C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. Ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- GROOVER, Mikell P. **Introdução aos processos de fabricação**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.
- HANSEN, Robert C. **Eficiência global dos equipamentos: uma poderosa ferramenta de produção/manutenção para o aumento dos lucros**. Porto Alegre: Bookman, 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, QUALIDADE E TECNOLOGIA. INMETRO. **Laboratórios**. Disponível em: <<http://www.inmetro.gov.br/laboratorios/rble/>> Acesso em: 05 abr. 2017.
- LAFRAIA, João Ricardo Barusso. **Manual de confiabilidade, Manutenibilidade e disponibilidade**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2001.

MENDES, Angélica A.; RIBEIRO, José L. D. Estabelecimento de um plano de manutenção baseado em análises quantitativas no contexto da MCC em um cenário de produção JIT. **Revista Produção**. São Paulo, vol. 24, no. 3, p. 675-686, set. 2014.

MIGUEL, Paulo A. C. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

MOUBRAY, John. **Manutenção centrada em confiabilidade**. São Paulo: Aladon Ltda, 2000.

OLIVARES, Igor R. B. **Gestão de qualidade em laboratórios**. 2. Ed. Campinas: Editora Átomo, 2009.

PRADA, Patrícia R. **Avaliação crítica do processo de implementação e amadurecimento de um sistema de gestão da qualidade integrado BPL (boas práticas de laboratório) e ISSO/IEC 17025**. 2013. 76f. Dissertação (Química) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2013.

RAUSAND, M. Reliability centered maintenance. **Reliability Engineering and System Safety**, v. 50, n. 60, p. 121-132, 1998.

RIBEIRO, José L. D; MILAN, Gabriel S. **Entrevistas individuais: teoria e aplicações**. 2. Ed. Porto Alegre: FEENG/UFRGS, 2007.

SLACK, Nigel; CHAMBERS, Stuart; JOHNSTON, Robert. **Administração da produção**. 3. Ed. São Paulo: Atlas, 2009.

SOUZA, Valdir C. **Organização e gerência da manutenção: planejamento, programação e controle de manutenção**. 4. Ed. São Paulo: All Print Editora, 2011.

SMITH, Anthony M. **Reliability Centered Maintenance**. Boston: McGraw-Hill, Inc. 1993, 216p.

TAKAHASHI, Yoshikazu; OSADA, Takashi. **TPM/MPT: manutenção produtiva total**. 5. Ed. São Paulo: Instituto IMAN, 2013.

THIOLLENT, Michel. **Metodologia da pesquisa-ação**. 14. Ed. São Paulo: CORTEZ Editora, 2005.

VENANZI, Délvio; SILVA, Orlando R. **Introdução à Engenharia de Produção: conceitos e casos práticos**. 1. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

VIANA, Herbet R. G. **PCM – Planejamento e controle da manutenção**. Rio de Janeiro: Quality Ed., 2006.

XENOS, Harilaus G. **Gerenciando a manutenção produtiva**. 2. Ed. Nova Lima: FALCONI Editora, 2014.

ZAIONS, Douglas R. **Consolidação da metodologia de manutenção centrada em confiabilidade em uma planta de celulose e papel**. 219 f. Dissertação de mestrado (Mestrado

em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

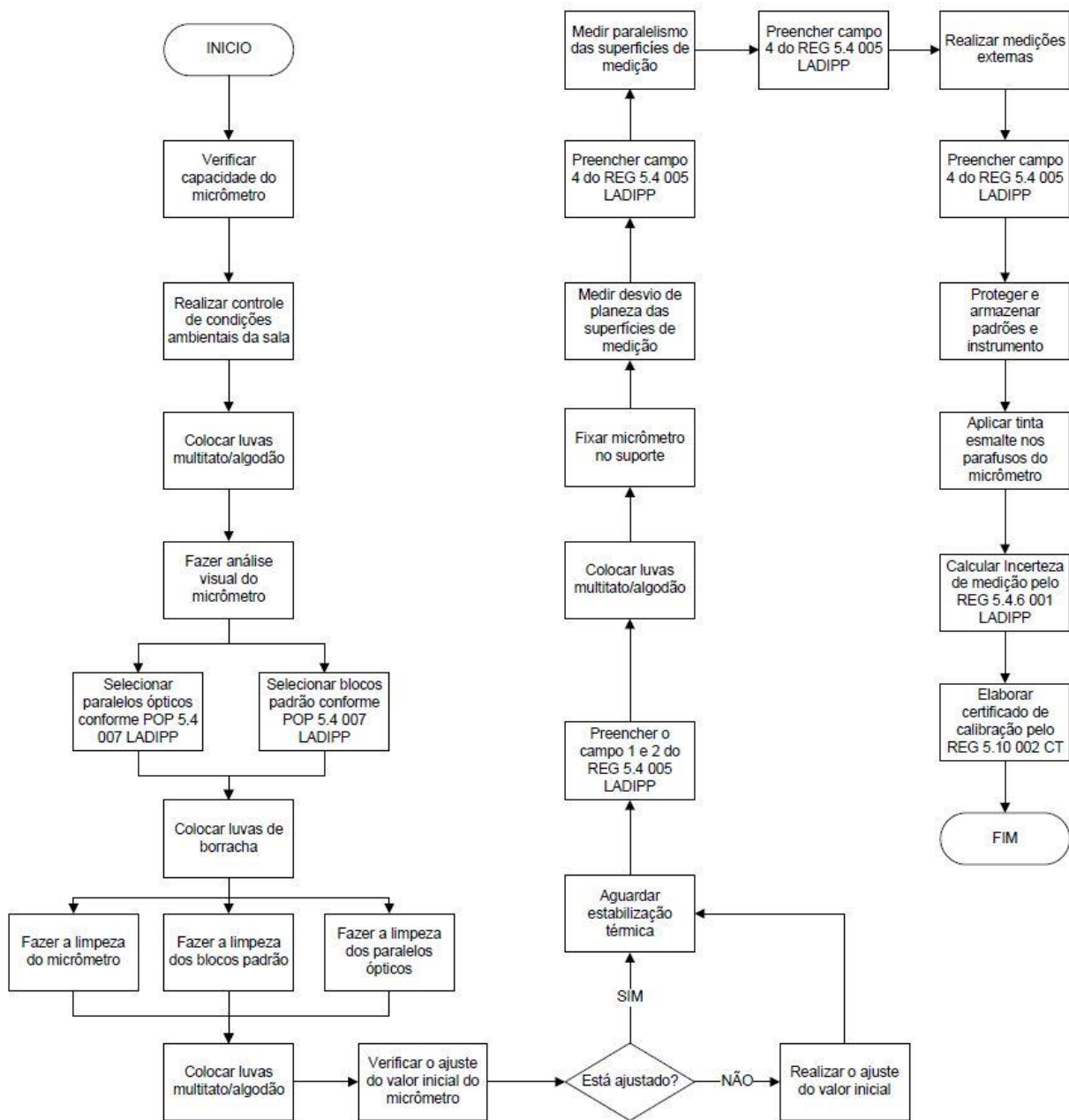
APÊNDICE A – PANORAMA DA SITUAÇÃO DA MANUTENÇÃO NOS LABORATÓRIOS DA IES

Laboratório	Equipamento	Quantidade	Tipo de manutenção	Disponível	Em reparo I	Em reparo II
Lab A	Balança	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	Misturador mecânico	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Aparelho de VICAT	1	NA	1	0	0
Lab A	Cronômetro	1	NA	1	0	0
Lab A	Espátula	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	Molde padrão em forma de tronco cônica	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	Base de vidro	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	régua metálica	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Bomba de vácuo	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Desempeno liso	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Dispositivo ensaio tração/flexão	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Dispositivo ensaio compressão	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Equipamento de corte	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Equipamento ensaio aderência	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Escala metálica	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Funil de Buchner	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Prensa para ensaio	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	mesa adensamento	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	mesa índice de consistência	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	moldes prismáticos	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	óleo mineral	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	paquímetro	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Pastilha para ensaio de aderência	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Recipiente cilíndrico ensaio densidade	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Recipiente plástico	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	Soquete metálico	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Suporte para corpos de prova	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Substrato padrão	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Termo-higrômetro	4	NA	4	0	0
Lab A	Computador	1	NA	1	0	0
Lab A	Amplificador de potência	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	caixa acústica	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	cabo extensão microfone	4	Preventiva	4	0	0
Lab A	Calibrador de nível sonoro	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	cabo remoto	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	desumificador de ar	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	fonte sonora	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	haste de microfone rotativo	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	máquina de impacto	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Máquina fotográfica	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	microfone capacitivo	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	medidor de nível sonoro	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	notebook	1	NA	1	0	0
Lab A	pré-amplificador	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	software DBBati Building Acoustics	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Trena	1	Preventiva	1	0	0
Lab A	Tripé	2	Preventiva	2	0	0
Lab A	Haste de extensão para microfone	2	Preventiva	2	0	0
Laboratório	Equipamento	Quantidade	Tipo de manutenção	Disponível	Em reparo I	Em reparo II
Lab B	Cromatógrafo líquido HPLC	8	Preventiva	7	1	0
Lab B	Agitador	4	Preventiva	4	0	0
Lab B	Centrífuga	1	Preventiva	1	0	0
Lab B	Balanças	2	Preventiva	2	0	0
Lab B	vidrarias	*	Preventiva	*	*	*
Lab B	pipetas automáticas	20	Preventiva	20	0	0

Laboratório	Equipamento	Quantidade	Tipo de manutenção	Disponível	Em reparo I	Em reparo II
Lab C	Balança	5	Preventiva	5	0	0
Lab C	Espectrômetros	4	Preventiva	2	2	0
Lab C	phmetros	3	Preventiva	3	0	0
Lab C	polarógrafos	3	Preventiva	3	0	0
Lab C	Potenciostato	2	Preventiva	1	1	0
Lab C	cromatógrafo	6	Preventiva	6	0	0
Lab C	Espectrofotômetros	2	NA	2	0	0
Lab C	Estufa	3	Preventiva	3	0	0
Lab C	Destilador	1	Preventiva	1	0	0
Lab C	Eletroforese	1	Preventiva	1	0	0
Lab C	Purificador	1	Preventiva	1	0	0
Lab C	Termo higrômetros	10	Preventiva	10	0	0
Laboratório	Equipamento	Quantidade	Tipo de manutenção	Disponível	Em reparo I	Em reparo II
Lab D	Espectrofotômetro	6	Preventiva	4	2	0
Lab D	Cromatógrafo	6	Preventiva	4	2	0
Lab D	Vidraria	*	Preventiva	*	*	*
Lab D	phmetro	2	Preventiva	2	0	0
Lab D	Balança	2	Preventiva	2	0	0
Lab D	Termo higrômetro	6	Preventiva	6	0	0
Laboratório	Equipamento	Quantidade	Tipo de manutenção	Disponível	Em reparo I	Em reparo II
Lab E	Balanças	2	Preventiva	2	0	0
Lab E	Célula de carga	9	Preventiva	9	0	0
Lab E	Coleção de pesos padrão	8	Preventiva	8	0	0
Lab E	Desempeno de granito	1	Preventiva	1	0	0
Lab E	Extensômetro	1	Preventiva	1	0	0
Lab E	Jogo de anéis padrão	1	Preventiva	1	0	0
Lab E	Jogo de blocos padrão	2	Preventiva	2	0	0
Lab E	Micrômetro	11	Preventiva	9	1	1
Lab E	Máquina de medir por coordenadas	1	Preventiva	1	0	0
Lab E	Braço Articulado de medição	1	Preventiva	1	0	0
Lab E	Máquina universal de ensaios	1	Preventiva	1	0	0
Lab E	Nível de bolha	1	NA	1	0	0
Lab E	Paquímetro	11	Preventiva	11	0	0
Lab E	Jogo de paralelos ópticos	2	Preventiva	2	0	0
Lab E	Relógio comparador	4	Preventiva	4	0	0
Lab E	Suporte para micrômetro	3	NA	3	0	0
Lab E	Suporte magnético universal	6	NA	6	0	0
Lab E	Termohigrômetro	8	Preventiva	8	0	0
Laboratório	Equipamento	Quantidade	Tipo de manutenção	Disponível	Em reparo I	Em reparo II
Lab F	Cromatógrafo	5	Preventiva	4	0	1
Lab F	Balança	3	Preventiva	3	0	0
Lab F	Ultrassom	1	Preventiva	1	0	0
Lab F	Evaporador de nitrogênio	2	Preventiva	2	0	0
Lab F	Centrífuga	2	Preventiva	1	1	0
Lab F	Capela	3	Preventiva	3	0	0
Lab F	Freezer	11	Preventiva	11	0	0
Lab F	Geladeira	2	Preventiva	2	0	0
Lab F	Purificador de água	1	Preventiva	1	0	0
Lab F	Destilador de água	1	Preventiva	1	0	0
Lab F	Mufla	1	Preventiva	1	0	0
Lab F	Estufa	1	Preventiva	1	0	0

Laboratório	Equipamento	Quantidade	Tipo de manutenção	Disponível	Em reparo I	Em reparo II
Lab G	Termômetro	14	NA	8	6	0
Lab G	Cromatógrafo	1	NA	0	1	0
Lab G	Purificador de água	1	Preventiva	1	0	0
Lab G	Ultrassom	1	Preventiva	1	0	0
Lab G	Homogenizador	2	Preventiva	2	0	0
Lab G	Termo higrômetros	9	NA	5	4	0
Lab G	Balança	5	Preventiva	4	1	0
Lab G	Pipetador automático	4	Preventiva	3	1	0
Lab G	Centrífuga	1	NA	1	0	0
Lab G	Concentrador de amostras	1	NA	1	0	0
Lab G	Geladeira	2	Preventiva	2	0	0
Lab G	Freezer	5	Preventiva	5	0	0
Lab G	Espectômetro	1	Preventiva	1	0	0

APÊNDICE B – FLUXOGRAMA DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DE MICRÔMETROS



APÊNDICE C – FMEA DO PROCESSO DE CALIBRAÇÃO DE MICRÔMETROS (2017)

Operação e/ou função	Modo potencial de falha	Efeito potencial de falha	S	Causa potencial de falha	O	Controle de prevenção	Controle de detecção	D	Risco	Ações recomendadas
Verificar a capacidade do micrômetro	Selecionar calibração de capacidade errada	Impossibilidade de dar sequência ao procedimento	10	Não seguir o procedimento	1	Treinamento para que o operador siga o procedimento	Não existe	10	100	
Realizar controle de condições ambientais	Ajustar o ar condicionado de maneira equivocada	Afastamento da faixa de temperatura definida	10	Não seguir o procedimento	4	Cartaz na sala com a faixa de condição ambiental definida	Não existe	10	400	Colocar no procedimento os modos de regulagem do ar condicionado conforme a condição ambiental
	Não realizar o ajuste do ar condicionado	Afastamento da faixa de temperatura definida	10	Não seguir o procedimento	4	Cartaz na sala com a faixa de condição ambiental definida	Não existe	10	400	Colocar no procedimento os modos de regulagem do ar condicionado conforme a condição ambiental
Colocar luvas multitalo ou de algodão	Luva de tamanho errado	Deixar operador com capacidade de manusear reduzida	6	Erro no pedido de luvas	6	Comprar luvas de tamanhos variados	Verificar pedidos	4	144	Criar planilha eletrônica com o tamanho de luva para cada funcionário e outra para saber o lote econômico de compra e o ponto de reposição de cada tamanho
	Falta de luvas	Impossibilidade de dar sequência ao procedimento	10	Erro na previsão de demanda de	1	Fazer a previsão de demanda para o período seguinte	Controlar estoque	4	40	
	Rasgar luva	Necessidade de pegar outra luva	2	Material da luva não ser resistente	2	Comprar luvas de melhor qualidade	Não existe	10	40	
Realizar análise visual do micrômetro	Calibrar micrômetro com sujeira	Erro de medição	10	Não realizar a limpeza do instrumento	1	Treinamento para que o operador siga o procedimento	Não existe	10	100	
	Calibrar micrômetro com defeitos	Erro de medição	10	Não ver oxidações ou similares	3	Treinamento para que o operador siga o procedimento	Não existe	10	300	Inserir imagens no procedimento que demonstrem micrômetros bons e ruins
	Deixar de calibrar micrômetro em boa condição	Impossibilidade de dar sequência ao procedimento	10	Erro na verificação de problemas	1	Treinamento para que o operador siga o procedimento	Não existe	10	100	
Colocar luva de borracha	Rasgar a luva de borracha	Necessidade de pegar outra luva	2	Material da luva não ser	2	Comprar luvas de melhor qualidade	Não existe	10	40	
	Rasgar a luva de borracha	Necessidade de pegar outra luva	2	Falta de cuidado ao	2	Colocar a luva com cuidado	Não existe	10	40	
	Luva de tamanho errado	Deixar operador com capacidade de manusear reduzida	6	Erro no pedido de luvas	6	Comprar luvas de tamanho médio (M)	Verificar pedidos	4	144	Criar planilha eletrônica com o tamanho de luva para cada funcionário e outra para saber o lote econômico de compra e o ponto de reposição de cada tamanho de luva
	Faltar luva de borracha	Impossibilidade de dar sequência ao procedimento	10	Erro na previsão de demanda de luvas	1	Fazer a previsão de demanda para o período seguinte	Controlar estoque	4	40	

Selecionar bloco padrão	Selecionar bloco padrão de tamanho errado	Resultado da calibração errado	10	Erro do operador na escolha do bloco	1	Seguir o POP	Verificação do CC antes da emissão	3	30	
	Bloco padrão não estar calibrado	Calibração não tem validade	10	Usar conjunto de blocos não calibrados	1	Utilizar sempre o conjunto de blocos calibrados	Verificação do CC antes da emissão	3	30	
Selecionar paralelos ópticos	Selecionar paralelos ópticos de tamanho inadequado	Erro no resultado	10	Selecionar jogo de paralelos errados	2	Utilizar apenas paralelos de tamanho adequado	Verificar CC antes da emissão	8	160	Utilizar cartaz com as informações do procedimento divididos em categoria: paralelos ópticos, blocos padrões.
	Selecionar paralelos ópticos não calibrados	Erro no resultado	10	Utilizar jogo de paralelos não calibrados	4	Utilizar apenas paralelos calibrados	Verificar CC antes da emissão	8	320	Fazer cartaz com as datas previstas para calibração dos jogos de paralelos ópticos.
fazer a limpeza dos bloco padrão	Danificar bloco padrão	Erro de medição	10	Derrubar ou bater blocos padrão	2	Manusear com cuidado os blocos apenas no desempenho de granito	Inspeção visual dos blocos padrão	4	80	
	Não limpar corretamente	Erro de medição	10	Manusear sem luvas o bloco padrão	1	Inspeção visual do operador	Inspeção visual dos blocos padrão	8	80	
	Não limpar corretamente	Erro de medição	10	Não limpar totalmente o bloco padrão	3	Inspeção visual do operador	Inspeção visual dos blocos padrão	8	240	Realizar atentamente a limpeza e manter estoque de panos secos para trocar cada vez que usar substituir por outro limpo e seco.
Fazer a limpeza dos paralelos ópticos	Danificar paralelos ópticos	Erro no resultado	10	Riscar parapelelo durante a limpeza	4	Limpeza com pano seco	Inspeção visual e acompanhamento de registros	4	160	Adesivo sobre o estojo de paralelos ópticos indicando como deve ser feita a limpeza.
	Não limpar corretamente	Erro no resultado	10	Deixar sujidades no paralelo	3	Limpeza com pano seco	Inspeção visual	4	120	
Fazer a limpeza do micrômetro	Danificar micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	10	Quebrar micrômetro durante a limpeza	1	Limpar com cuidado o instrumento utilizando alcool isopropílico	Inspeção visual	4	40	
	Não limpar corretamente	Erro no resultado	10	Deixar sujidades no micrômetro	3	Limpar com cuidado o instrumento utilizando alcool isopropílico	Inspeção visual	4	120	
	Danificar micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	10	Quebrar micrômetro durante a limpeza	1	Limpar com cuidado o instrumento utilizando alcool isopropílico	Inspeção visual	4	40	

Colocar luvas multitalato ou de algodão	Luva de tamanho errado	Deixar operador com capacidade de manusear reduzida	6	Erro no pedido de luvas	6	Comprar luvas de tamanhos variados	Verificar pedidos	4	144	
	Falta de luvas	Impossibilidade de dar sequência ao procedimento	10	Erro na previsão de demanda de luvas	1	Fazer a previsão de demanda para o período seguinte	Controlar estoque	4	40	
	Rasgar luva	Necessidade de pegar outra luva	2	Material da luva não ser resistente	2	Comprar luvas de melhor qualidade	Não existe	10	40	
Verificar o ajuste do valor inicial do micrômetro	Erro de paralaxe	Erro no resultado	10	Operador posicionar-se de maneira errada para realizar a leitura	4	Seguir o POP	Não existe	10	400	Operador possuir um tempo pelo menos 3 execuções acompanhado por operador mais experiente.
	Erro de verificação	Erro no resultado	10	Operador não sabe ver se existe necessidade de ajuste	2	Seguir o POP	Não existe	10	200	Operador possuir um tempo pelo menos 3 execuções acompanhado por operador mais experiente.
	Danificar micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	9	Opera-lo de forma equivocada	2	Seguir o POP	Inspeção visual do micrômetro	2	36	
	Danificar micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	9	Deixar cair o instrumento	2	Seguir o POP	Inspeção visual do micrômetro	2	36	
Ajustar o valor inicial do micrômetro	Esquecer de ajustar o zero do micrômetro	Erro de medição	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Não existe	10	200	Preencher um check list de operações realizadas ao final de cada etapa
	Ajustar errado o zero do micrômetro	Erro no resultado	10	Falta de treinamento do operador	2	Treinamento do operador	Não existe	10	200	Operador possuir um tempo pelo menos 3 execuções acompanhado por operador mais experiente.
	Ajustar errado o zero do micrômetro	Erro no resultado	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Não existe	10	100	
	Danificar o micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	9	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Inspeção visual do micrômetro	2	18	
	Danificar o micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	9	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Inspeção visual do micrômetro	2	36	
	Danificar o micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	9	Deixar cair o instrumento	2	Manusear com cuidado o micrômetro	Inspeção visual do micrômetro	2	36	

Aguardar estabilização térmica	Tempo insuficiente de aguardo	Erro no resultado	10	Não aguardar 2 horas de estabilização	6	Seguir o POP	Não existe	10	600	Colocar um despertador no local onde o operador aguarda a estabilização térmica
	Condições ambientais fora da faixa de especificação	Calibração pode apresentar erros	9	Calibrar fora das especificações de temperatura e umidade	4	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	72	
	Condições ambientais fora da faixa de especificação	Calibração pode apresentar erros	9	Ar condicionado estar quebrado	2	Manutenção dos filtros do ar condicionado	Manutenção periódica do ar condicionado	4	72	
	Condições ambientais fora da faixa de especificação	Calibração pode apresentar erros	9	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	36	
	Violação da sala	Calibração pode apresentar erros	9	Sala não estar trancada	6	Seguir o POP	Não existe	10	540	Manter sala chaveada sempre que o aviso de calibração for colocado.
Preencher campo 1 e 2 do REG 5.4 005	Preenchimento incompleto	Impossibilidade de emitir certificado	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preenchimento incompleto	Impossibilidade de emitir certificado	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Preenchimento com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preenchimento com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Preenchimento com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preenchimento com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
Colocar luvas multitalato ou de algodão	Luva de tamanho errado	Deixar operador com capacidade de manusear reduzida	6	Erro no pedido de luvas	6	Comprar luvas de tamanhos variados	Verificar pedidos	4	144	
	Falta de luvas	Impossibilidade de dar sequência ao procedimento	10	Erro na previsão de demanda de luvas	1	Fazer a previsão de demanda para o período seguinte	Controlar estoque	4	40	
	Rasgar luva	Necessidade de pegar outra luva	2	Material da luva não ser resistente	2	Comprar luvas de melhor qualidade	Não existe	10	40	

Fixar micrômetro no suporte	Danificar o micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	9	Usar força excessiva	1	Treinamento do operador	Inspeção visual	2	18	
	Danificar o micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	9	Deixar cair o instrumento	1	Treinamento do operador	Inspeção visual	2	18	
	Não conseguir fixar o micrômetro	Impossibilidade de realizar o procedimento	10	Falta de manutenção dos suportes	2	Trocar de suporte	Não existe	10	200	Elaborar plano de manutenção periódica para os suportes de micrômetro.
	Fixar de maneira inadequada	Danificar instrumento	9	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Inspeção visual	6	54	
	Fixar de maneira inadequada	Realizar medições de maneira incorreta	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Inspeção visual	6	60	
Medir desvio de planeza das superfícies de medição	Não ter os paralelos necessários	Impossibilidade de dar sequência ao procedimento	10	Erro na previsão de demanda de paralelos	1	Fazer a previsão de demanda para o período seguinte	Não existe	10	100	
	Selecionar o paralelo óptico errado	Erro de medição	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	4	40	
	Verificação errada das franjas	Erro de medição	10	Iluminação inadequada do ambiente	3	Planejar instalações do posto de trabalho	Não existe	10	300	Colocar lâmpadas de led no ambiente de calibração
	Verificação errada das franjas	Erro de medição	10	Paralelo óptico com riscos	4	Limpar paralelo óptico	Manutenção periódica do paralelo óptico	6	240	Inserir no procedimento frase a respeito de trocar o paralelo quando estiver riscado, se possível.
	Verificação errada das franjas	Erro de medição	10	Paralelo óptico sujo	1	Limpar paralelo óptico	Não existe	10	100	
	Verificação errada das franjas	Erro de medição	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Não existe	10	100	

Preencher campo 4 do REG 5.4 005 LADIPP	Preencher com informações insuficientes	Impossibilidade de emitir certificado	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preencher com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preencher com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Preencher com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preencher com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
Medir desvio de planeza das superfícies de medição	Não ter os paralelos necessários	Impossibilidade de dar sequência ao procedimento	10	Erro na previsão de demanda de paralelos	1	Fazer a previsão de demanda para o período seguinte	Não existe	10	100	
	Selecionar o paralelo óptico errado	Erro de medição	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	4	40	
	Verificação errada das franjas	Erro de medição	10	Iluminação inadequada do ambiente	3	Planejar instalações do posto de trabalho	Não existe	10	300	Colocar lâmpadas de led no ambiente de calibração
	Verificação errada das franjas	Erro de medição	10	Paralelo óptico com riscos	4	Limpar paralelo óptico	Manutenção periódica do paralelo óptico	6	240	Inserir no procedimento frase a respeito de trocar o paralelo quando estiver riscado, se possível.
	Verificação errada das franjas	Erro de medição	10	Paralelo óptico sujo	1	Limpar paralelo óptico	Não existe	10	100	
	Verificação errada das franjas	Erro de medição	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Não existe	10	100	

Preencher campo 4 do REG 5.4 005 LADIPP	Preenchimento incompleto	Impossibilidade de emitir certificado	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preencher com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preencher com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Preencher com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preencher com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
Preencher campo 4 do REG 5.4 005 LADIPP	Preenchimento incompleto	Impossibilidade de emitir certificado	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preenchimento incompleto	Impossibilidade de emitir certificado	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Preenchimento com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preenchimento com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Preenchimento com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preenchimento com informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	

Realizar medição externa dos pontos	Leitura equivocada das medições	Erro de medição	10	Blocos mal calibrados	3	Calibrar blocos padrões	Não existe	10	300	Criar planilha eletrônica e cartaz com as datas previstas para calibração dos jogos de bloco padrão. Recomenda-se utilizar periodicidade de 2 anos
	Leitura equivocada das medições	Erro de medição	10	Iluminação inapropriada do ambiente	3	Planejar instalações do posto de trabalho	Não existe	10	300	Colocar lampadas de led no ambiente de calibração
	Leitura equivocada das medições	Erro de medição	10	Blocos danificados	4	Manutenção dos blocos padrão	Registros de manutenção	6	240	Aumentar a periodicidade da limpeza e lubrificação dos blocos padrão nas manutenções.
	Leitura equivocada das medições	Erro de medição	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Não existe	10	100	
	Posicionar mal o bloco padrão	Danificar bloco(s)	8	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Não existe	10	80	
	Posicionar mal o bloco padrão	Realizar medição imprecisa dos pontos	9	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Não existe	10	90	
	Não medir bloco padrão correspondente a medida	Preencher informações incorretas no FOR 5.4 005 LADIPP campo 4	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	4	40	
	Não medir bloco padrão correspondente a medida	Preencher informações incorretas no FOR 5.4 005 LADIPP campo 5	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	4	80	
	Não medir bloco padrão correspondente a medida	Preencher informações incorretas no FOR 5.4 005 LADIPP campo 6	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	4	40	
	Não medir bloco padrão correspondente a medida	Preencher informações incorretas no FOR 5.4 005 LADIPP campo 7	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	4	80	

Lacrar parafuso tal com tinta esmalte	Esquecer de lacrar	Gerar insegurança no cliente	7	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Inspeção visual do micrômetro	2	28	
	Tinta esfarelar	Gerar insegurança no cliente	7	Utilizar tinta vencida	2	Verificar validade da tinta	Inspeção visual do micrômetro	4	56	
	Manchar o micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	9	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Inspeção visual do micrômetro	2	18	
Proteger e armazenar padrão e instrumento	Danificar o micrômetro	Comprar novo micrômetro para o cliente	9	Deixar cair o instrumento	2	Seguir o POP	Inspeção visual	4	72	
	Danificar os padrões	Comprar jogo de blocos novo	4	Derrubar ou bater blocos padrão	2	Manusear com cuidado os blocos	Inspeção visual	4	32	
	Guardar em local indevido	Causar contra tempos para futuros procedimentos	2	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Não existe	10	40	
	Esquecer de guardar	Causar contra tempos para futuros procedimentos	3	Operador não seguiu o POP	3	Seguir o POP	Não existe	10	90	
	Não proteger os padrões com anticorrosivo	Expor padrão a ranhuras durante o manuseio	5	Operador não seguiu o POP	4	Seguir o POP	Não existe	10	200	Preencher um check list de operações realizadas ao final de cada etapa

Calcular incerteza de medição no REG 5.4.6 001 LADIPP	Preencher a planilha de incerteza de maneira errada	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preencher a planilha de incerteza de maneira errada	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Preencher a planilha de incerteza de maneira errada	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Preencher a planilha de incerteza de maneira errada	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Esquecer de preencher a planilha	Impossibilidade de emitir certificado	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Esquecer de preencher a planilha	Impossibilidade de emitir certificado	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
Elaborar certificado de calibração pelo REG 5.10 002 CT	Colocar informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Colocar informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Colocar informações erradas	Certificar instrumento com capacidade inferior a real	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Colocar informações erradas	Certificar instrumento com capacidade superior a real	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Colocar informações erradas	Impossibilidade de emitir certificado	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Colocar informações erradas	Impossibilidade de emitir certificado	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	
	Usar padrão de certificado de calibração errado	Impossibilidade de emitir certificado	10	Falta de treinamento do operador	1	Treinamento do operador	Verificar CC antes da emissão	2	20	
	Usar padrão de certificado de calibração errado	Impossibilidade de emitir certificado	10	Operador não seguiu o POP	2	Seguir o POP	Verificar CC antes da emissão	2	40	

APÊNDICE D – PLANILHA DOS SUBSISTEMAS ANALISADOS

SISTEMA - Calibração de micrômetros					
Subsistema	Itens físicos	Modo de falha	Causa da falha	Efeito da falha	Ação de melhoria
Seleção de equipamentos, padrões e insumos	Blocos padrão	Selecionar bloco padrão inadequado	Blocos mal conservados	Erro no resultado da medição	Durante as manutenções anotar quais blocos estão oxidados e verificar nos certificados de calibração quais possuem os menores erros para atualizar o POP
	Paralelos ópticos	Selecionar paralelos óptico inadequado	Paralelos mal conservados	Erro no resultado da medição	Durante as manutenções anotar quais paralelos estão riscados e verificar nos certificados de calibração quais possuem menor erro, para atualizar o POP
	Suporte de micrômetro	Selecionar suporte inadequado	Suportes mal conservados	Dificuldade na realização da medição	Implantar atividades de manutenção para os suportes de micrômetro
Atividades de limpeza e lubrificação	Micrômetro	Não limpar corretamente	Deixar sujidades no instrumento	Erro no resultado da medição	Fazer vídeo didático explicando como realizar a limpeza correta do instrumento
		Danificar o micrômetro	Quebrar o micrômetro durante a limpeza	Comprar novo para o cliente	Realizar a limpeza do instrumento em duplas para permitir maior cuidado com o procedimento
	Blocos padrão	Não limpar corretamente	Não eliminar completamente o óleo anticorrosivo protetor dos blocos	Erro no resultado da medição	Fazer vídeo didático demonstrando como se realiza a limpeza dos blocos padrão
		Danificar blocos padrão	Quebrar ou amassar blocos durante a limpeza	Inviabiliza o uso do bloco para o procedimento	Realizar a limpeza dos blocos sobre a bancada de apoio, manusear os mesmos sobre uma camada de papel EVA
	Paralelos ópticos	Não limpar corretamente	Deixar sujidades no padrão	Erro no resultado da medição	Fazer vídeo didático demonstrando como se realiza a limpeza dos paralelos ópticos
		Danificar os paralelos ópticos	Riscar ou quebrar os paralelos ópticos	Inviabiliza o uso do paralelo e dependendo da situação inviabiliza o procedimento de calibração	Realizar a limpeza dos paralelos sobre a bancada de apoio, manusear os mesmos sobre uma camada de papel EVA

Ajuste do instrumento de medição	Micrômetro	Ajuste errado do micrômetro	Não posicionar corretamente o valor inicial da escala do instrumento	Erro no resultado da medição	Inserir foto no procedimento indicando onde deve ser realizado o ajuste
		Danificar micrômetro	Quebrar instrumento durante o ajuste	Comprar novo para o cliente	Inserir foto no procedimento indicando onde deve ser realizado o ajuste
Estabilização térmica	Micrômetro	Estar exposto a condições ambientais fora da faixa de especificação	Ajuste equivocado do ar condicionado da sala	Erro no resultado da medição	Inserir no procedimento informação sobre o melhor modo de regulagem do ar condicionado
	Blocos padrão	Estar exposto a condições ambientais fora da faixa de especificação	Ajuste equivocado do ar condicionado da sala	Erro no resultado da medição	Inserir no procedimento informação sobre o melhor modo de regulagem do ar condicionado
	Paralelos ópticos	Estar exposto a condições ambientais fora da faixa de especificação	Ajuste equivocado do ar condicionado da sala	Erro no resultado da medição	Inserir no procedimento informação sobre o melhor modo de regulagem do ar condicionado
Medições	Micrômetro	Não conseguir fixar o micrômetro no suporte para realizar medições	Falta de manutenção dos suportes de micrômetro	Dificuldade na execução do procedimento	Elaborar plano de manutenção periódica para os suportes de micrômetros
	Blocos padrão	Leitura equivocada das medições	Blocos mal conservados	Erro no resultado da medição	Inserir no procedimento foto com a correta utilização dos blocos padrão na realização de medições
	Paralelos ópticos	Leitura equivocada do número de franjas	Paralelos riscados	Erro no resultado da medição	Inserir no procedimento aviso de realizar troca do paralelo quando constatado risco ou quebra, se possível
Lacrar instrumento de medição	Tinta esmalte	Tinta esfarelar	Utilizar tinta vencida	Insegurança no lacre do micrômetro	Controlar por meio do controle de estoque a validade das tintas esmalte utilizadas nas calibrações
	Micrômetro	Manchar o micrômetro	Falta de treinamento do operador	Comprar novo para o cliente	Desenvolver dispositivo para proteger o restante do corpo do equipamento

Proteger e armazenar equipamentos e padrões	Micrômetro	Danificar micrômetro	Quebrar instrumento durante o ajuste	Comprar novo para o cliente	Inserir no procedimento como deve ser feita a proteção do micrômetro após a calibração
		Não proteger com óleo anticorrosivo o micrômetro	Falta de treinamento do operador	desgaste prematuro do equipamento	Inserir no procedimento como deve ser feita a proteção do micrômetro após a calibração
	Blocos padrão	Danificar blocos padrão	Quedas ou batidas com os blocos padrão	Descarte de bloco para próximos procedimentos	Realizar a lubrificação dos blocos sobre a bancada de apoio, manusear os mesmos sobre uma camada de papel EVA
		Não proteger com óleo anticorrosivo os blocos padrões	Falta de treinamento do operador	oxidação dos blocos padrão	Aumentar a periodicidade da limpeza e lubrificação dos blocos padrão nas manutenções, além de inserir no procedimento a maneira como deve ser realizada a proteção dos blocos padrão
	Paralelos ópticos	Danificar os paralelos ópticos	Riscar ou quebrar os paralelos ópticos	Descarte de paralelo para próximos procedimentos	Realizar limpeza dos paralelos ópticos sobre a bancada de apoio, manusear os mesmos sobre uma camada de papel EVA
	Suporte de micrômetro	Danificar os suportes de micrômetro	Quebrar suporte de micrômetro	Descarte do suporte para próximos procedimentos	Implantar atividades de manutenção para os suportes de micrômetro

APÊNDICE E – AÇÕES PROPOSTAS

SISTEMA - Calibração de micrômetros														
Subsistema	Itens físicos	Modo de falha	Árvore lógica de Decisão	Diagrama de Decisão								Ação	Frequência	
				1	2	3	4	5	6	7	8			
Seleção de equipamentos, padrões e insumos	Blocos padrão	Selecionar bloco padrão inadequado	Problema de parada forçada									1- Realizar inspeção visual a fim de verificar se os blocos padrão permanecem protegidos com óleo anticorrosivo	Semanal	
				S	N	-	S	N	S	S	N	2- Registrar blocos padrão com presença de oxidação através da inspeção visual	Semanal	
													3- Limpar excesso de anticorrosivo utilizando pano seco, em seguida limpar utilizando pano umedecido com álcool isopropílico, secar utilizando pano seco e por fim proteger utilizando óleo anticorrosivo em toda a superfície do bloco	Quinzenal
	Paralelos ópticos	Selecionar paralelos óptico inadequado	Problema de parada forçada										1- Realizar inspeção visual a fim de registrar a ocorrência de riscos ou desgastes nos paralelos ópticos	Quinzenal
				S	N	-	S	N	N	-	N	2- Passar mano macio e seco na superfície dos paralelos ópticos a fim de remover sujidades	Quinzenal	
	Suporte de micrômetro	Selecionar suporte inadequado	Problema de parada forçada										1- Realizar o desmonte e a limpeza do suporte utilizando detergente neutro, escova, esponja e panos limpos	Semestral
				S	N	-	S	N	N	-	N	2- Realizar a lubrificação do suporte utilizando graxa de uso geral em suas superfícies de deslize	Semestral	
												3- Passar pano umedecido com detergente neutro em toda superfície externa do suporte	Mensal	
	Atividades de limpeza e lubrificação	Micrômetro	Não limpar corretamente	Falha oculta	S	N	-	S	S	S	S	N	1- Realizar limpeza de todo o micrômetro com pano umedecido com álcool isopropílico e secar com pano seco	Mensal
Danificar o micrômetro			Problema de parada forçada										1- Realizar limpeza de todo o micrômetro com pano umedecido com álcool isopropílico e secar com pano seco	Mensal
												2- Após a limpeza, aplicar uma fina camada de óleo anticorrosivo no micrômetro utilizando um pano	Mensal	
												3- Realizar inspeção visual e registro de possíveis oxidações ou quebras do instrumento	Mensal	
Blocos padrão		Não limpar corretamente	Falha oculta										1- Limpar excesso de anticorrosivo utilizando pano seco, em seguida limpar utilizando pano umedecido com álcool isopropílico, secar utilizando pano seco e por fim proteger utilizando óleo anticorrosivo em toda a superfície do bloco	Quinzenal
		Danificar blocos padrão	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	S	S	S	N	1- executar a limpeza dos blocos sobre papel EVA na bancada da sala A do laboratório	Quinzenal
Paralelos ópticos		Não limpar corretamente	Falha oculta										1- Passar mano macio e seco na superfície dos paralelos ópticos a fim de remover sujidades	Quinzenal
		Danificar os paralelos ópticos	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	N	-	N		1- Realizar inspeção visual a fim de registrar a ocorrência de riscos ou desgastes nos paralelos ópticos	Quinzenal

Ajuste do instrumento de medição	Micrômetro	Ajuste errado do micrômetro	Falha oculta	S	N	-	S	S	S	S	N	1- Realizar o ajuste durante a verificação intermediária	Mensal
		Danificar micrômetro	Problema de parada forçada										1- Realizar limpeza de todo o micrômetro com pano umedecido com álcool isopropílico e secar com pano seco
					S	N	-	S	N	S	S	2- Após a limpeza, aplicar uma fina camada de óleo anticorrosivo no micrômetro utilizando um pano	Mensal
												3- Realizar inspeção visual e registro de possíveis oxidações ou quebras do instrumento	Mensal
Estabilização térmica	Micrômetro	Estar exposto a condições ambientais fora da faixa de especificação	Problema de parada forçada	S	N	-	S	S	S	S	N	1- realizar regulagem do ar condicionado da sala de calibração	Diária
	Blocos padrão	Estar exposto a condições ambientais fora da faixa de especificação	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	S	S	N	1- realizar regulagem do ar condicionado da sala de calibração	Diária
	Paralelos ópticos	Estar exposto a condições ambientais fora da faixa de especificação	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	N	-	N	1- realizar regulagem do ar condicionado da sala de calibração	Diária
Medições	Micrômetro	Não conseguir fixar o micrômetro no suporte para realizar medições	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	S	S	N	1- Realizar limpeza de todo o micrômetro com pano umedecido com álcool isopropílico e secar com pano seco	Mensal
												2- Após a limpeza, aplicar uma fina camada de óleo anticorrosivo no micrômetro utilizando um pano	Mensal
												3- Realizar inspeção visual e registro de possíveis oxidações ou quebras do instrumento	Mensal
	Blocos padrão	Leitura equivocada das medições	Falha oculta	S	N	-	S	S	S	S	N	1- Limpar excesso de anticorrosivo utilizando pano seco, em seguida limpar utilizando pano umedecido com álcool isopropílico, secar utilizando pano seco e por fim proteger utilizando óleo anticorrosivo em toda a superfície do bloco	Quinzenal
Paralelos ópticos	Leitura equivocada do número de franjas	Falha oculta	S	N	-	S	S	N	-	N	1- Realizar inspeção visual a fim de registrar a ocorrência de riscos ou desgastes nos paralelos ópticos	Quinzenal	
Lacrar instrumento de medição	Tinta esmalte	Tinta esfarelar	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	N	-	N	1- Realizar inspeção visual da tinta e verificar sua validade	Semestral
	Micrômetro	Manchar o micrômetro	Problema de parada forçada	S	N	-	S	N	S	S	N	1- Aplicar a tinta utilizando pincel número 8	NA

Proteger e armazenar equipamentos e padrões	Micrômetro	Danificar micrômetro	Problema de parada forçada										1- Realizar limpeza de todo o micrômetro com pano umedecido com álcool isopropílico e secar com pano seco	Mensal
					S	N	-	S	N	S	S	N	2- Após a limpeza, aplicar uma fina camada de óleo anticorrosivo no micrômetro utilizando um pano	Mensal
														3- Realizar inspeção visual e registro de possíveis oxidações ou quebras do instrumento
		Não proteger com óleo anticorrosivo o micrômetro	Problema econômico		S	N	-	S	N	S	S	N	1- Realizar inspeção visual e registro de possíveis oxidações ou quebras do instrumento	Mensal
	Blocos padrão	Danificar blocos padrão	Problema econômico		S	N	-	S	N	S	S	N	1- Limpar excesso de anticorrosivo utilizando pano seco, em seguida limpar utilizando pano umedecido com álcool isopropílico, secar utilizando pano seco e por fim proteger utilizando óleo anticorrosivo em toda a superfície do bloco	Quinzenal
		Não proteger com óleo anticorrosivo os blocos padrões	Problema econômico		S	N	-	S	N	S	S	N	1- Realizar inspeção visual a fim de verificar se os blocos padrão permanecem protegidos com óleo anticorrosivo	Semanal
													2- Registrar blocos padrão com presença de oxidação através da inspeção visual	Semanal
	Paralelos ópticos	Danificar os paralelos ópticos	Problema econômico		S	N	-	S	S	N	-	N	1- Realizar inspeção visual a fim de registrar a ocorrência de riscos ou desgastes nos paralelos ópticos	Quinzenal
	Suporte de micrômetro	Danificar os suportes de micrômetro	Problema econômico		S	N	-	S	N	-	N	N	1- Realizar o desmonte e a limpeza do suporte utilizando detergente neutro, escova, esponja e panos limpos	Semestral
													2- Realizar a lubrificação do suporte utilizando graxa de uso geral em suas superfícies de deslize	Semestral
3- Passar pano umedecido com detergente neutro em toda superfície externa do suporte													Mensal	

APÊNDICE F – PLANO DE MANUTENÇÃO

Item físico	Tarefa	Frequência
Micrômetro	1- Realizar limpeza de todo o micrômetro com pano umedecido com álcool isopropílico e secar com pano seco	Mensal
	2- Após a limpeza, aplicar uma fina camada de óleo anticorrosivo no micrômetro utilizando um pano	Mensal
	3- Realizar inspeção visual e registro de possíveis oxidações ou quebras do instrumento	Mensal
	4- Realizar o ajuste do valor inicial durante a verificação intermediária	Mensal
	5- realizar regulagem do ar condicionado da sala de calibração	Diária
	6- Aplicar a tinta nos parafusos, após calibrações do instrumento, utilizando pincel número 8	NA
	7- Remover oxidação	NA
Blocos padrão	1- Realizar inspeção visual a fim de verificar se os blocos padrão permanecem protegidos com óleo anticorrosivo	Semanal
	2- Registrar blocos padrão com presença de oxidação através da inspeção visual	Semanal
	3- Limpar excesso de anticorrosivo utilizando pano seco, em seguida limpar utilizando pano umedecido com álcool isopropílico, secar utilizando pano seco e por fim proteger utilizando óleo anticorrosivo em toda a superfície do bloco	Quinzenal
	4- executar a limpeza dos blocos sobre papel EVA na bancada da sala A do laboratório	Quinzenal
	5- realizar regulagem do ar condicionado da sala de calibração	Diária
	6- Remover oxidação	NA
Paralelos ópticos	1- Realizar inspeção visual a fim de registrar a ocorrência de riscos ou desgastes nos paralelos ópticos	Quinzenal
	2- Passar mano macio e seco na superfície dos paralelos ópticos a fim de remover sujidades	Quinzenal
	3- realizar regulagem do ar condicionado da sala de calibração	Diária
Suporte de micrômetro	1- Realizar o desmonte e a limpeza do suporte utilizando detergente neutro, escova, esponja e panos limpos	Semestral
	2- Realizar a lubrificação do suporte utilizando graxa de uso geral em suas superfícies de deslize	Semestral
	3- Passar pano umedecido com detergente neutro em toda superfície externa do suporte	Mensal
Tinta esmalte	1- Realizar inspeção visual da tinta e verificar sua validade	Semestral