

## MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES: ESTRUTURAÇÃO DOS PLANEJAMENTOS DE EXPERIMENTOS NO LABORATÓRIO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO DA UFRN

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2023.4134

Júlio Gabriel Campos Marques - juliogabrielcm17@gmail.com  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Mikaell Nogueira Fernandes - mikaell.fernandes14@gmail.com  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

Herbert Ricardo Garcia Viana - herbertviana@hotmail.com  
Universidade Federal do Rio Grande do Norte

ELDER PRATA VIEIRA PAIVA - elder.prata@ufrn.br  
UFRN

Ewerton Campelo Assis de Oliveira - ton.campelo@yahoo.com.br  
UFRN

**Resumo:** *O presente trabalho tem como objetivo disseminar toda a gama de conhecimento disponível no laboratório de Gestão da Manutenção através da inspeção e monitoramento dos equipamentos por meio de experimentos na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Como método para concretização do trabalho, foi realizada uma revisão de literatura para investigar temas relacionados às condições de monitoramento, bem como uma pesquisa de campo com coleta de dados in loco. Finalmente, protocolos e outros documentos relevantes foram criados para permitir experimentos de campo e contribuir com o conhecimento das próximas turmas de Gestão de Manutenção (PRO1406) da Universidade Federal do Rio Grande do Norte.*

**Palavras-chave:** *Manutenção Preditiva, Laboratório, Monitoramento.*

# MONITORAMENTO DAS CONDIÇÕES: ESTRUTURAÇÃO DOS PLANEJAMENTOS DE EXPERIMENTOS NO LABORATÓRIO DE GESTÃO DA MANUTENÇÃO DA UFRN.

## 1 INTRODUÇÃO

Em um mundo no qual a chamada “Quarta Revolução Industrial” está entrando em vigência, faz-se necessário oportunizar a vivência prática das técnicas aplicadas, de tecnologias já desenvolvidas na indústria brasileira aos alunos de graduação em engenharia. Nota-se que no meio acadêmico, o perfil dos atuais estudantes tem exigido maiores reflexões quanto à interação entre ensino e aprendizagem, sendo novos métodos essenciais para um maior aproveitamento do conhecimento passado em sala de aula.

Aplicar experimentos laboratoriais neste contexto, torna-se uma boa prática de ensino, visto que oportuniza aos estudantes o saber técnico envolvido em uma determinada tecnologia, assim, a experimentação de ensaios laboratoriais em técnicas preditivas de monitoramento de ativos físicos na disciplina de Gestão de Manutenção no curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) foi o objetivo deste estudo.

Considerando que o único contato com o tema da manutenção no Departamento de Engenharia de Produção (DEP) ocorre por meio dessa matéria e de que nos últimos anos o ensino da mesma se restringia apenas às aulas expositivas, mostrou-se interessante abordar um conjunto de experimentos práticos a serem desenvolvidos no novo Laboratório do Departamento, o LABMAN, Laboratório de Estudos Avançados em Gestão da Manutenção e Engenharia de Confiabilidade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Manutenção Preventiva Condicional

A manutenção preventiva condicional consiste em ação mantenedora que pressupõe a identificação de um “defeito” no equipamento, que segundo Viana (2022), apresenta-se como uma anomalia que não gera restrição ao atendimento às funções requeridas do ativo físico, ou seja, trata-se de um sintoma, o qual revela um desvio que gera anomalia de baixa severidade no equipamento, mas que ao não ser tratado pode evoluir para níveis maiores de severidade, culminando com uma “pane”, que representa a parada por completo da operação do ativo.

Pressupõe para a identificação do “defeito”, a necessidade do monitoramento das condições dos ativos físicos. Segundo VIANA (2022), existe três tipos de monitoramento que são rotineiras nesse tipo de manutenção, são elas: inspeção sensitiva, inspeção preditiva e acompanhamento por telemetria.

A primeira, é a inspeção baseada nos sentidos, pois, a partir da visão, audição, tato ou até o olfato, o mantenedor consegue identificar uma falha iminente no equipamento, portanto ela é considerada uma como um monitoramento subjetivo (VIANA, 2022).

Prosseguindo, o segundo tipo de manutenção é aquela realizada a partir de técnicas preditivas. Essas técnicas ajudam no acompanhamento dos instrumentos de produção e até seus componentes, por meio de ensaios não destrutíveis ou até controle estatístico, objetivando identificar quando o equipamento está se aproximando de uma falha ou

identificando algum defeito de uma função requerida. Portanto, para ajudar em todo esse monitoramento, as quatro técnicas mais conhecidas são: Ensaio por ultrassom, Análise de vibrações mecânicas, Análise de óleos lubrificante e termografia (VIANA, 2022).

Por último, a telemetria é um acompanhamento contínuo do equipamento, gerando dados de forma instantânea. Para o funcionamento da telemetria é necessário a aferição dos dados a partir de sensores como pressostatos, termopares e acelerômetros, onde enviarão sinais para um profissional que terá a função de acompanhar essas informações e perceber indicativos de defeitos e falhas iminentes (VIANA, 2022).

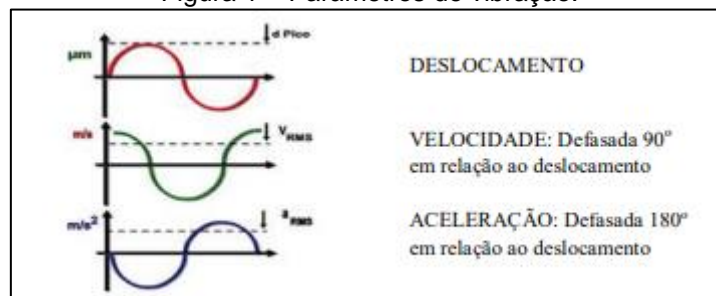
## 2.2 Análise de Vibrações Mecânicas

Segundo Viana e Mendonça (2009, p. 1), "uma das áreas de estudo mais importantes da mecânica dos sólidos é sem dúvida a elastodinâmica, existindo registros de investigações já no século XIX, de forma que os principais teoremas e princípios foram estabelecidos basicamente até a primeira metade do século XX, e equações para muitos problemas dinâmicos transientes e permanentes, formuladas tanto no domínio do tempo quanto no domínio transformado, foram disponibilizadas nesse período".

A vibração mecânica é definida como um movimento o qual se considera uma massa reduzida a um ponto submetido a uma força, assim, a ação dessa força obriga o ponto a executar um movimento oscilatório.

Sobre seus parâmetros, podem ser expressos em termos de deslocamento, velocidade e aceleração. Na figura 1, observa-se a representação ilustrada dos parâmetros e suas defasagens.

Figura 1 – Parâmetros de vibração.



Fonte: Manual SKF de Manutenção de Rolamentos (1997).

O deslocamento (x) deve ser medido pelo grau de distanciamento do ponto em relação à sua posição de repouso, ele realça componentes de baixa frequência, recomendado em medições abaixo de 10 Hz. O deslocamento é medido em micrometros (Mm). Sua função pode ser descrita pela Equação 1 (VIANA, 2022).

$$x = A \text{ sen}(wt + \Phi) \quad (1)$$

Derivando uma vez a função deslocamento (x), resulta-se na velocidade (v), medida em milímetro/segundo (mm/s). Geralmente, esse parâmetro não é indicado para componentes com baixa ou com alta frequência, sendo normalmente escolhido para vibrações entre 10 Hz e 1000 Hz. Sua função é representada pela Equação 2 (VIANA, 2022).

$$v = dx/dt = Aw \cos (wt+\Phi) \quad (2)$$

Derivando duas vezes a função deslocamento (x), obtêm-se a aceleração. A aceleração de vibração é o parâmetro que representa melhor os componentes de alta frequência, sua aplicação é recomendada na monitoração de rolamentos, engrenamentos, pulsação de pressão em compressores rotativos, e demais equipamentos que apresentem frequência de defeito entre 1.000 Hz e 10.000 Hz. Sua equação é expressa pela Equação 3 (VIANA, 2022).

$$a = dv/dt = -Aw^2 \sin (wt+\Phi) \quad (3)$$

Outras duas características importantes para análise de vibração mecânica são frequência e amplitude. A frequência representa o número de repetições em um determinado período, ou seja, a quantidade de ciclos executados na unidade de tempo. No sistema internacional de unidades (SI), a frequência recebe o nome de Hertz (Hz). É fundamental citar, que na análise de vibração a frequência indica "o que" está provocando a vibração (VIANA, 2022).

A outra característica importante é a amplitude. Ela corresponde aos valores de deslocamento da senoide. É importante citar que a amplitude indica a severidade (grau de impacto) do evento, através da intensidade que ocorre (VIANA, 2022).

A análise de vibrações mecânicas para fins de inspeção preditiva geralmente é suportada em três técnicas: análise do valor global, análise do espectro de frequência e curva de tendência.

O valor global está relacionado com a vibração total resultante da ação de todas as frequências presentes no sinal de vibração determinando assim o estado geral Amplificador Isolador de mica Prato condutivo Parafuso de calibração Massa de referência inercial Cristal piezoelétrico Isolador elétrico Base magnética 28 do equipamento. O valor global de vibração corresponde à velocidade RMS no intervalo entre 10 e 1 KHz. Sua limitação é de não identificar as frequências do defeito principal (VIANA, 2022).

Segundo Viana (2022), a análise de espectro é a observação da amplitude no domínio da frequência. Essa análise é mais complexa e completa, pois ela possibilita maior precisão na indicação do defeito. Geralmente, nessa análise, pode-se diagnosticar defeitos com balanceamento, desalinhamentos, imperfeições ou danos em rolamentos, engrenagens, folgas, entre outros.

Por último, a curva de tendência se fundamenta no monitoramento ao decorrer do tempo dos valores globais, sendo assim, possível a partir de uma estimativa, projetando em qual momento o equipamento chegará a um nível admissível máximo (VIANA, 2022).

### 2.3 Termografia

A técnica da termografia persiste em detectar a radiação infravermelha que um objeto emite, essa que é invisível ao olho humano, transformando-a em imagens térmicas, assim, proporcionando a leitura de temperatura. Desta forma, a termografia é considerada um modelo de inspeção não invasiva, pois permite o sensoriamento remoto dos pontos e superfícies aquecidas. Com isso, essa técnica pode ser usada em vários setores, como: painéis elétricos, inspeções em subestações, acoplamentos, rolamentos, medição de níveis de tanques e aplicações prediais (MALDAGUE & MOORE, 2001).

Para aferição da temperatura e execução da técnica é usado o termovisor (figura 2) como equipamento. Esse aparelho converte a radiação infravermelha em leituras de temperaturas.

Figura 2 – Termovisor (FLIR).



Fonte: FLIR SYSTEMS (2016).

Apesar da execução dessa técnica ser relativamente simples, não se deve trivializar sua aplicação. Segundo a Fundação de Pesquisa e Assessoramento a Indústria, FUPAI (2005), o técnico ao aplicar esse estilo de inspeção deve inicialmente escolher um termo visor correto baseado no equipamento a ser inspecionado, ajustar os parâmetros de medição, posicionar-se adequadamente a frente da máquina e registrar os dados de temperatura. Uma análise feita a partir da técnica da termografia, permite identificar diversos defeitos e falhas em um sistema (FUPAI, 2005).

A inspeção por termografia pode ter duas atuações, a qualitativa e a quantitativa. Na abordagem qualitativa o técnico inspetor, irá comparar a imagem de leitura da temperatura fornecida pelo termo visor, com uma imagem referente a boas condições de funcionamento da máquina, podendo concluir se existe algum defeito. Já a abordagem quantitativa baseia-se nas medições de temperatura do instrumento para identificar possíveis anomalias ou até maior necessidade de monitoramento do equipamento (VIANA, 2022).

### 3 MÉTODO DE PESQUISA

#### 3.1 Classificação da pesquisa

O método de pesquisa pode ser classificado a partir da análise de quatro pontos principais. São eles: natureza, procedimentos técnicos, objetivo e abordagem da pesquisa (SIQUEIRA, 2017).

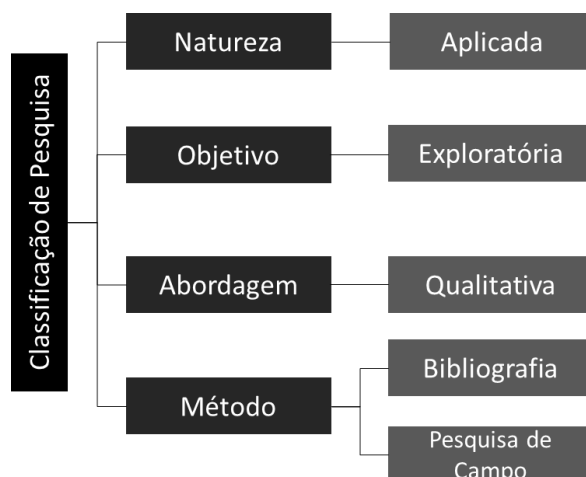
Em relação a natureza da pesquisa, este trabalho é considerado como uma pesquisa aplicada, pois gera conhecimentos para aplicação prática, direcionando à solução de problemas específicos. Para este trabalho os procedimentos utilizados foram de pesquisa bibliográfica e pesquisa de campo.

No que se refere a abordagem, a pesquisa pode se classificar em qualitativa ou quantitativa. O estudo em pauta se caracteriza como qualitativo, por seu aprofundamento em compreender certa problemática de um determinado grupo social (Goldenberg, 1997).

Quanto ao objetivo, a pesquisa pode ser classificada como exploratória, descritiva e explicativa. A pesquisa em questão se caracteriza como exploratória, pois ela tem o objetivo de aproximar o problema com a comunidade e sociedade.

Em resumo ao que foi exposto, essa pesquisa tem natureza aplicada, com objetivo exploratório, utilizando de uma abordagem qualitativa e como metodologia bibliografia e pesquisa de campo (figura 3).

Figura 3 – Classificação metodológica da presente pesquisa.

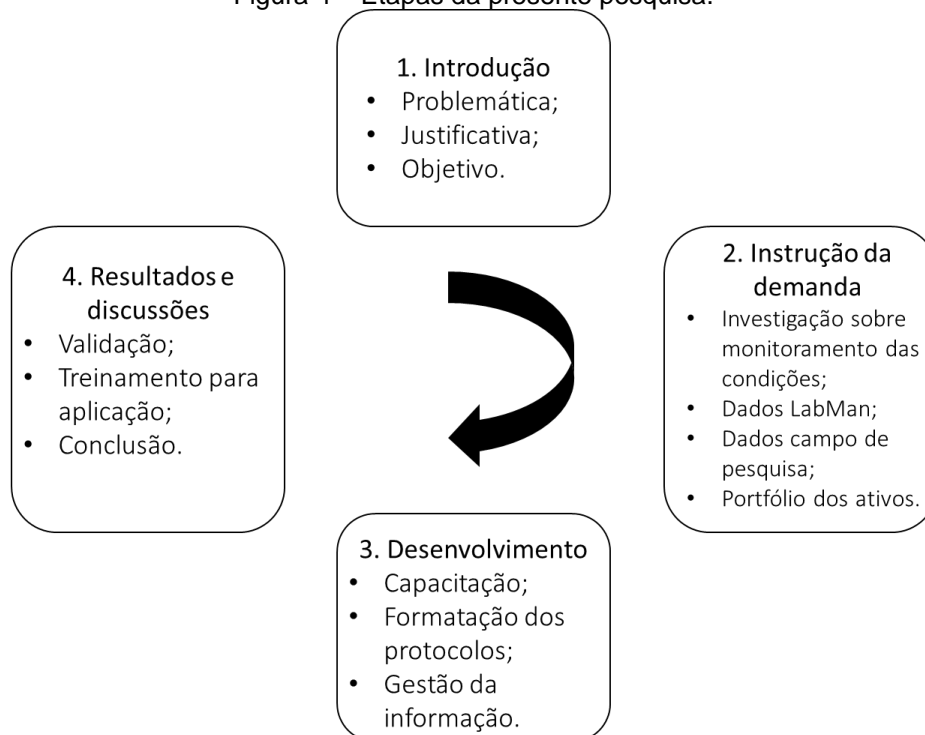


Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

### 3.2 Etapas do trabalho

Para melhor compreensão das etapas que foram seguidas nesta pesquisa, foi elaborado um fluxo contendo os passos para o desenvolvimento do trabalho (figura 4).

Figura 4 – Etapas da presente pesquisa.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Em sua etapa inicial, foi estruturado a problemática em que a pesquisa está estruturada, revisando sua importância em um contexto nacional e internacional. Desta forma, foi desenvolvido a justificativa para execução do projeto e definido o objetivo geral e os objetivos específicos.

Para a construção dos protocolos de experimentos de inspeção preditiva foi realizado uma revisão bibliográfica dos principais pontos relacionados a esse assunto, para assim, suportar o conteúdo desses experimentos.

Ainda na investigação da demanda, o laboratório LABMAN foi utilizado para suportar as análises posteriores a coleta em campo. Com a necessidade de realização de manutenção periódica das máquinas e relevância do setor para a instituição federal, a estação de tratamento ETE, foi o local escolhido para a realização dos experimentos. Foram mapeados todos os equipamentos que seriam necessários aplicar o protocolo e planejamento de experimento.

No desenvolvimento, foi realizada capacitação da equipe de bolsistas e engenheiro do laboratório. Os treinamentos foram realizados em parceria com a empresa PredMec, reconhecida na área de monitoramento de ativos físicos. Com o devido treinamento realizado e a partir da investigação prévia realizada, foram formatados os protocolos de experimentos.

Os resultados e discussões aborda a validação em campo dos protocolos propostos, visando sua viabilidade e sinalizando possíveis melhoras na aplicação do experimento. Por último, a conclusão consolida toda pesquisa.

## 4. DESENVOLVIMENTO

O início das atividades do laboratório de Gestão da Manutenção e Engenharia da Confiabilidade ocorreu em 2018 sob a justificativa de desenvolver experimentos práticos para dar suporte à disciplina "PRO1406 – Gestão da Manutenção" do curso de Engenharia de Produção.

### 4.1 Equipamentos de medição

Dentre os equipamentos de inspeção do laboratório, estão: 2 termovisores, 2 aparelhos de ultrassom e 1 coletor de vibrações. Por meio destes recursos é possível a realização de três tipos distintos de ensaios: o ensaio de termografia, o de ultrassom e o de vibração. Além disso, existe o auxílio do software MOS3000 na análise dos dados captados pelo coletor de vibrações.

Figura 5 – Termovisor FLIR, aparelho de ultrassom e coletor De vibrações.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

## 4.2 Campo de pesquisa

Com o objetivo de definir o melhor local para realização dos experimentos de inspeção, levando em consideração a viabilidade de execução dos ensaios pelos alunos e a importância das análises para o setor em específico, foi realizada uma reunião entre os integrantes do laboratório e a Diretoria de Manutenção da UFRN (DIMAN).

Ao final da reunião, definiu-se que a Estação de Tratamento de Esgoto da UFRN (ETE) seria o local mais apropriado para realização, uma vez que neste setor encontram-se equipamentos críticos e com alta relevância para algumas atividades básicas, como irrigação dos canteiros botânicos e dos campos de futebol da universidade. Além disso, um fator decisivo foi o histórico de paradas não programadas nos equipamentos da estação.

Acerca do processo realizado na ETE, atualmente ele é baseado no sistema valo de oxidação com decantação secundária.

## 4.3 Ativos para inspeção

A ETE possui um número considerável de ativos, por isso, foi necessário definir previamente quais deles ficaria disponíveis para a realização dos ensaios de manutenção. Alguns aspectos principais foram levados em consideração para definir os equipamentos a serem inspecionados, como por exemplo a facilidade de acesso ao equipamento, suas características e a importância deles para que as operações da estação de tratamento funcionem plenamente.

Para a realização das análises de vibração, definiu-se que o motor e o redutor dos aeradores, bem como as bombas de elevação, fariam parte dos equipamentos a serem inspecionados, pois além de todos eles produzirem vibração mecânica durante o funcionamento, também são críticos para o processo.

Figura 6 – Conjunto motor redutor e motor bomba.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

O quadro elétrico das bombas da estação elevatória da ETE foi o equipamento escolhido para realização dos experimentos de termografia. A presença de diversos componentes elétricos e a troca/passagem de energia durante o funcionamento das



máquinas, possibilita uma melhor análise dos elementos que necessitam de reparou ou substituição, bem como dos que apresentam sobrecarga

Por fim, pensando no experimento de ultrassom, o recurso definido para realização desse experimento foi a tubulação aerada da estação de elevação que, de acordo com o projeto da tubulação, possui ductos de 25cm de diâmetro compostos de ferro dúctil fundido.

#### 4.4 Capacitações

Para maior aprofundamento nos estudos de análise de vibração e domínio sobre o aparelho de captação de vibrações mecânicas, foram realizadas capacitações por uma empresa parceira de consultoria em manutenção, a PredMec, que presta consultoria especializada na implantação de programas preditivos de qualidade.

O treinamento foi dividido em quatro encontros. Os dois primeiros foram destinados à introdução ao tema vibrações. No terceiro encontro, o treinamento foi direcionado para a compreensão do equipamento de captação de vibrações e o software utilizado para descarga dos dados coletados, o qual é responsável pela geração dos espectros das vibrações. No quarto encontro, o treinamento foi realizado em campo, diretamente na ETE, com a finalidade de testar o aparelho de captação de vibração. Neste último treinamento, foram validadas as configurações do aparelho e definidos os pontos ideais para coleta das amostras.

#### 4.5 Formatação dos protocolos

Ao todo foram elaborados seis protocolos planejamento de experimentos, cada um referente a uma das máquinas utilizadas na inspeção, sendo elas: a bomba de elevação, o motor elétrico do aerador, o motor elétrico da bomba de elevação, o redutor, a tubulação aerada e o quadro elétrico da estação de elevação. A Análise Preliminar de Riscos (APR) também foi desenvolvida com base no mapa de risco do local da ETE. De acordo com De Cicco e Fantazzi (2003), seu objetivo é identificar eventuais riscos no ambiente laboral que podem causar acidentes e a partir disso, prevenir sua ocorrência.

Outro documento desenvolvido foi laudo dos experimentos, cujo objetivo é, ao final dos ensaios de manutenção, gerar insumos suficientes sobre informações do ativo analisado, do equipamento de medição utilizado, e do diagnóstico, quando forem detectados problemas.

#### 4.6 Normas e parâmetros para medições

Para a realização das medições de vibração, utilizou-se como base a ISO 10816, que trata da avaliação da vibração em máquinas por meio de medição em partes não rotativas. Além de recomendar a medição próximo dos mancais dos motores, são recomendadas outras práticas como: evitar pontos flexíveis e carcaças, os pontos de medição devem ser retos, limpos e isentos de graxa e, o sensor e o cabo não devem ser movidos durante a operação de medição

O valor limite de aceleração de vibração pode variar de acordo com a qualidade e aplicação do equipamento, seu tipo de fixação, ou se ele é influenciado por outras fontes de vibração. Portanto, para tentar adotar um padrão foi utilizada uma tabela com compilados de valores de aceleração definidos pelos fabricantes, por padrões industriais e por artigos e publicações de caráter técnico.

Figura 7 – Valores limites de aceleração para algumas máquinas.

Equipamento	Limite de aceleração	
	m/s <sup>2</sup>	g
Motores Elétricos (N ≤ 2000 RPM)	4,90	0,50
Motores Elétricos (N > 2000 RPM)	9,81	1,00
Geradores Elétricos	4,90	0,50
Bombas Centrífugas	4,90	0,50
Ventiladores Centrífugos (N < 600 RPM)	4,90	0,50
Ventiladores Centrífugos (600 ≤ N ≤ 1000 RPM)	9,81	1,00
Ventiladores Centrífugos (1000 ≤ N ≤ 2000 RPM)	14,71	1,50
Ventiladores Centrífugos (N > 2000 RPM)	19,62	2,00
Redutores	19,62	2,00
Compressores Centrífugos	29,43	3,00

Fonte: Thomson (1998).

De acordo com a figura 7, como os motores utilizados possuem rotação de trabalho menor que 2000 RPM, os limites de aceleração de vibração RMS estabelecidos foram de 0,25 g (pré-alarme) e 0,50 g (alarme), ou seja, vibração entre 0,25 e 0,50 g são consideradas insatisfatórias para operações em longos períodos e valores acima de 0,50 g podem causar danos às máquinas e seus componentes em um intervalo curto de tempo.

Tratando-se da temperatura limite para os ensaios de termografia, os valores máximos de temperatura admissível para cada componente podem ser encontrados em suas informações técnicas ou entrando em contato com o fabricante. Nos casos em que não for possível encontrar essas informações, pode-se fixar o valor de 90 °C como referência para conexões e componentes metálicos e 70 °C para cabos isolados.

Já para a definição da espessura padrão das tubulações de esgoto, consultou-se a NBR 15420, que especifica os requisitos, exames, visual, dimensão e ensaios para fabricação e recebimento de tubos, conexões e acessórios. O anexo A da norma revela as espessuras exatas para as tubulações mais utilizadas em canais de esgoto. Como o diâmetro da tubulação da ETE possui 250 mm, ao consultar o anexo descrito anteriormente, identificou-se que sua espessura ideal é de 5,5 mm.

#### 4.7 Gestão da informação

Miranda e Streit (2007) definem a gestão da informação como sendo a gestão eficaz de todos os recursos de informação relevantes para a organização, sejam eles gerados internamente ou externamente. Sendo assim, para a gestão da informação do laboratório foi organizado um diretório na rede de computadores do Departamento de Engenharia de Produção (DEP) com o objetivo de armazenar toda informação captada a partir das coletas em campo, bem como dos documentos padrões elaborados.

Basicamente, existem duas pastas, sendo uma delas a pasta de documentos padrões, contendo os protocolos para cada experimento, a APR e a biblioteca de defeitos criada, e a pasta dos experimentos que serão realizados em campo com as turmas, a qual está separada por semestre e onde será possível armazenar as informações levantadas por cada grupo de alunos, criando assim um histórico das análises.

### 5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 5.1 Validação dos protocolos

A validação dos protocolos foi, primeiramente, realizada pelo professor DR. Herbert Ricardo Garcia Viana, docente responsável pela disciplina de Gestão da Manutenção

(PRO1406) e pela engenheira mecânica da Predmec, Raíssa Maradja Kadydja Silva, que puderam avaliar a estrutura dos protocolos a partir de suas experiências com monitoramento de ativos e, conseqüentemente aprova-los. Conseqüente, os protocolos foram aprovados em campo, durante a execução na ETE ao gerar laudos a partir dos dados obtidos por meio das análises realizadas.

## 5.2 Protocolo de termografia

A validação em campo foi realizada com o termovisor da Flir, modelo C3. Houve ajuda dos operadores da estação de tratamento, para identificar o quadro e ligar as 3 bombas de elevação de esgoto bruto que estão vinculadas a ele (de acordo com o protocolo é necessário que o quadro esteja operando com pelo menos 90% da sua capacidade). Em seqüência, com o quadro funcionando com capacidade máxima foi feita uma foto termográfica. A foto geral, destacou alguns pontos com picos de temperaturas. Logo, foram realizadas outras duas fotos focalizando esses pontos críticos e seus componentes.

Figura 8 – Retrato termográfico dos pontos críticos no Soft Starter e Disjuntor.



Fonte: Elaborado pelos autores (2023).

Por fim, os dados e fotografias foram compilados e analisados, resultando em um laudo de inspeção com as informações pertinentes da medição, bem como recomendações de manutenção para os dois componentes com temperaturas críticas, como o tempo recomendado de troca/manutenção e o limite recomendado de utilização.

## 5.3 Protocolo de ultrassonografia

Não foi possível a validação em campo do protocolo de ultrassom da tubulação de elevação de esgoto bruto, pois seria necessário realizar um procedimento prévio de lixar a tubulação nas áreas de medição e posteriormente pintar o equipamento. Como não existiam as ferramentas para executar esses procedimentos, sua validação em campo foi postergada para um momento futuro, após aquisição dos materiais necessários e as devidas autorizações.

## 5.4 Protocolo de vibração

Para validar o protocolo de vibração e gerar os laudos de inspeção foi realizado uma visita à ETE, com o apoio da Engenheira Raissa, para realizar as medições nos equipamentos selecionados para a execução dos ensaios. Com o modelo e formatação do protocolo já aprovados e disponíveis para uso pelo LABMAN, foi possível, a partir da plotagem dos espectros das vibrações coletadas no software MOS 3000, diagnosticar os riscos associados à problemas de lubrificação, desgaste dos rolamentos e desalinhamento

do equipamento e realizar a recomendação de ações necessárias para correção dessas inconformidades encontradas.

### **5.5 Treinamento com a equipe do LABMAN**

Com a finalidade de alinhar todos os participantes e colaboradores do laboratório de manutenção da UFRN, foi realizado um treinamento final com o propósito de disseminar os conhecimentos adquiridos durante o projeto, o entendimento em relação aos aparelhos do laboratório, ao software adquirido e aos protocolos que foram construídos para execução dos laudos, e o esclarecimento de dúvidas pertinentes.

## **6. CONCLUSÃO**

Tendo em vista a crescente sobre a Gestão da Manutenção como diferencial para a vantagem competitiva das organizações, faz-se necessário seu fomento nas instituições de ensino superior. Portanto, em 2018, após aquisição de aparelhos de inspeção e monitoramento de ativos, foi criado o Laboratório de Gestão da Manutenção (LABMAN), que segue se estruturando desde sua concepção.

Para alcançar o objetivo principal de realizar a experimentação de ensaios laboratoriais em técnicas preditivas de monitoramento de ativos físicos na disciplina de Gestão de Manutenção no curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), definiu-se alguns objetivos específicos, que ao decorrer do trabalho foram alcançados de forma gradativa.

O primeiro objetivo específico alcançado foi o de investigar processos de análise de monitoramento preditivo aplicado à equipamentos estacionários, realizado através do aprofundamento nos assuntos relacionados à manutenção preditiva, que possibilitou a estruturação dos laudos e protocolos dos experimentos. A definição do portfólio de ativos a serem monitorados junto ao DIMAN foi o segundo objetivo específico alcançado, uma vez que foram definidos os ativos da ETE que servirão de instrumento de estudo. Com o portfólio definido, foi possível elaborar os protocolos de acompanhamento dos experimentos e validá-los junto a especialistas, atingindo assim, o terceiro e quarto objetivos específicos, respectivamente.

Dito isso, uma vez que os objetivos específicos, que serviram de guia para consolidação do objetivo principal, foram alcançados, pode-se afirmar que o objetivo geral da pesquisa também foi plenamente atingido.

Com relação às limitações encontradas, pode-se destacar a limitação de conhecimento produzido acerca da temática de monitoramento das condições dos ativos físicos e a conciliação de agenda para realização de reuniões com os agentes do projeto.

Por fim, é importante reforçar a importância de propostas como a do laboratório de Gestão da Manutenção, uma vez que subsidiam o desenvolvimento dos discentes e possibilitam a aplicação dos conceitos estudados, agregando na carreira desses profissionais que estão em formação. Além disso, o conhecimento gerado por meio da implantação do LABMAN serve como insumo para que outras instituições desenvolvam seus próprios laboratórios ou mesmo pesquisas voltada para a Gestão da Manutenção.

## REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15420**: tubos, conexões e acessórios de ferro dúctil para sistemas de esgotamento sanitário – Requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2022.

CENTRAIS ELÉTRICAS BRASILEIRAS, FUPAI/EFICIENCIA **Eficiência Energética em Sistemas de Ar Comprimido**. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2005.

DE CICCIO, F.; FANTAZZINI, M. L. **Tecnologias consagradas de gestão de riscos**. 2 ed. São Paulo: Risk Tecnologia, 2003.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

MALDAGUE, X. P. V.; MOORE, P. **Infrared and Thermal Testing**. ASNT, v. 3, 2001.

MIRANDA, S. V.; SREIT, R. H. **O Processo de Gestão da Informação em Organizações Públicas**. I Encontro de Administração da Informação - EnADI/2007. Florianópolis-SC. Out. 2007.

SIQUEIRA, I.P. **"Manutenção Centrada na Confiabilidade: manual de implementação"**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2005.

SKF, **Manual SKF de Manutenção de Rolamentos**, 4100 PB, China, Porex Int. AB,1997.

THOMSON, W. T., DAHLEH, M. D., **Theory of Vibration with Applications**, 5 ed. New Jersey, Prentice-Hall, Inc., 1998.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **Planejamento controle da manutenção**. 2. ed. rev. e atual. Rio de Janeiro: Qualitymark Editora, 2022.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia; MENDONÇA, Ângelo Vieira. **Análise Vibratória de Placas**. 8º Encontro Regional de Matemática Aplicada e Computacional, VIII ERMAC 2008, 20 a 22 de novembro de 2008. Natal – RN, 2009.

## **CONDITION MONITORING: STRUCTURING EXPERIMENT PLANNING IN THE UFRN MAINTENANCE MANAGEMENT LABORATORY.**

**Abstract:** *The present work aims to disseminate the entire range of knowledge available in the Maintenance Management laboratory through equipment inspection and monitoring experiments at the Federal University of Rio Grande do Norte. As a method for carrying out the work, a literature review was conducted to investigate topics related to condition monitoring, as well as a field research with on-site data collection. Finally, protocols and other relevant documents were created to enable field experiments and add more knowledge to the next Maintenance Management (PRO1406) classes at the Federal University of Rio Grande do Norte.*

**Keywords:** *Predictive Maintenance; Laboratory; Monitoring.*