



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

**GESTÃO DA QUALIDADE DOS LABORATÓRIOS UNIVERSITÁRIOS:
ESTUDO DE CASO DOS LABORATÓRIOS DO DEMA – FEUEM**

Autor:

Adriano, João Ernesto

Supervisor:

Eng.º. Suleimane Cassamo, Msc

Maputo, Abril de 2022



UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

CURSO DE ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

TRABALHO DE LICENCIATURA

**GESTÃO DA QUALIDADE DOS LABORATÓRIOS UNIVERSITÁRIOS:
ESTUDO DE CASO DOS LABORATÓRIOS DO DEMA – FEUEM**

Autor:

Adriano, João Ernesto

Supervisor:

Eng^o. Suleimane Cassamo, Msc

Maputo, Abril de 2022

UNIVERSIDADE EDUARDO MONDLANE
FACULDADE DE ENGENHARIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

TERMO DE ENTREGA DE RELATÓRIO DO TRABALHO DE LICENCIATURA

Declaro que o estudante **João Ernesto Adriano** entregou no dia ____/____/2022 as ____ cópias do relatório do seu Trabalho de Licenciatura com a referência: _____ intitulado: **Gestão da Qualidade dos Laboratórios Universitários: Estudo de Caso dos Laboratórios do DEMA – FEUEM.**

Maputo, ____ de Abril de 2022

A Chefe da Secretaria

DECLARAÇÃO DE HONRA

Eu, **João Ernesto Adriano**, declaro por minha honra que este trabalho do final de curso de Licenciatura em Engenharia e Gestão Industrial nunca foi apresentado para obtenção de qualquer grau académico, ele é fruto da minha investigação e todas fontes consultadas estão devidamente mencionadas no texto e na bibliografia final.

Dedicatória

Agradeço e dedico este trabalho aos meus pais.
Esta monografia é a prova de que todo seu
investimento e dedicação valeram a pena.

Agradecimentos

Agradeço primeiro a Deus por me proporcionar perseverança durante toda a minha vida e por ter-me mantido na trilha certa durante este projecto de pesquisa com saúde e forças para chegar até o final.

Aos meus pais Ernesto Rungo Samuel e Salmina Julião Macamo que sempre estiveram ao meu lado me apoiando ao longo de toda a minha trajetória escolar.

Agradeço à minha esposa Neli Machaeie e os meus filhos que sempre estiveram ao meu lado durante o meu percurso acadêmico.

Ao meu supervisor, Engenheiro Sulemane Cassamo por sempre me fazer pensar e questionar sobre o tema do presente trabalho e pela sua dedicação e paciência durante a realização da pesquisa. Seus conhecimentos fizeram grande diferença no resultado final deste trabalho.

Por último, quero agradecer também à Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane e todo o seu corpo docente que demonstrou estar comprometido com a excelência do ensino.

E, a todos meus colegas de turma, vai o meu grande abraço.

Resumo

O presente estudo é subordinado ao tema “*Gestão da Qualidade dos Laboratórios Universitários: estudo de caso dos laboratórios do DEMA – FEUEM*” e tem como objecto os laboratórios do Departamento de Engenharia Mecânica (DEMA) cujo foco se refere ao ensino-aprendizagem, quando é prática a nível mundial a inclusão nas atribuições deste tipo de laboratórios de actividades de pesquisa e serviços de extensão à indústria. Os laboratórios do DEMA têm-se confrontado com restrições de ordem técnica e de gestão que condicionam sobremaneira o cumprimento da sua missão. Para se solucionar o problema, foi elaborado o presente estudo que inclui o diagnóstico da actual situação técnica e de gestão dos laboratórios em estudo com base na observação participante, *brainstorming*, fluxograma sobre alguns procedimentos usuais e entrevistas dirigidas ao corpo directivo do DEMA, docentes, técnicos dos laboratórios e estudantes dos cursos de Engenharia Mecânica e de Gestão Industrial, o que permitiu o levantamento sucinto dos factores que condicionam a qualidade dos serviços laboratoriais, os quais foram sumarizados num diagrama do tipo *Diagrama de Ishikawa*. O estudo integra um modelo de gestão e a optimização da instalação laboratorial em moldes aplicáveis em laboratórios de ensino, pesquisa e extensão. O referido modelo considerou os seguintes aspectos: Projecção de uma nova estrutura orgânica de gestão dos laboratórios, com funções especificamente definidas; Restruturação das condições físicas do laboratório de Máquinas e Ferramentas na perspectiva de reequipá-lo com equipamentos modernos e usuais em laboratórios universitários; Proposta de melhoria da forma de utilização e controlo dos equipamentos laboratoriais; Novo *layout* adequado para o espaço físico disponível para funcionar o laboratório de Máquinas e Ferramentas; e Apresentação dos requisitos de direcção e requisitos técnicos para a manutenção da qualidade dos serviços prestados.

O modelo de gestão e a optimização da instalação laboratorial ora propostos contribuirão para a melhoria dos serviços dos laboratórios do DEMA no cumprimento da sua missão de ensino, pesquisa e extensão, assegurando a qualidade e excelência académica.

Conceitos chaves: Laboratório Universitário, Gestão da Qualidade e Ferramentas da Qualidade

Lista de Abreviaturas e Acrónimos

APA – *American Psychological Association*

CNC – Controlo Numérico Computarizado

DEMA – Departamento da Engenharia Mecânica

EPI – Equipamento de Protecção Individual

FEUEM – Faculdade de Engenharia da Universidade Eduardo Mondlane

ISO - International Standardization Organization

ISUTC – Instituto Superior de Transportes e Comunicações

UGEA – Unidade de Gestão das Aquisições

UP – Unidade de Produção

Índice

Conteúdo	Pág.
1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Contextualização.....	2
1.2. Levantamento do problema.....	3
1.3. Justificativa	3
1.4. Objectivos	4
1.4.1. Geral.....	4
1.4.2. Específicos:	4
1.5. Metodologia	5
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	7
2.1. Laboratório.....	7
2.1.1. Peculiaridades de Laboratórios Universitários.....	7
2.2. Gestão de Qualidade de Laboratórios Universitários.....	10
2.2.1. Qualidade	10
2.2.2. Parâmetros ou Dimensões da Qualidade.....	11
2.2.3. Gestão de Qualidade	13
2.2.4. Princípios de Gestão de Qualidade	14
2.2.5. Requisitos Técnicos e de Direção de Gestão Qualitativa de Laboratório Universitário	14
2.2.5.1. Requisitos Técnicos de Gestão Qualitativa de Laboratórios Universitários	15
2.2.5.2. Requisitos de Direção de Gestão Qualitativa de Laboratórios Universitários	17
ii. Sistema de Qualidade.....	17
iii. Controle de Documentos.....	18
v. Acção Preventiva	19
vi. Análise Crítica e Auditorias Internas	19
2.3. Ferramentas de Gestão da Qualidade.....	19
2.4.1. Fluxograma	20
2.4.2. Diagrama de Ishikawa.....	21
2.4.3. Diagrama de Pareto.....	22
2.4.4. Histograma.....	23
2.4.5. Gráficos de Controlo ou Carta de Controlo	24
2.4.6. Folha de Verificação	25
2.4.7. Diagrama de Dispersão	25

2.4.8. Plano de Acção 5W2H.....	25
3. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DOS LABORATÓRIOS DO DEMA	28
3.1. Criação e Missão dos Laboratórios	28
3.2. Distribuição do Pessoal e Equipamentos por Laboratório	28
3.3. Precisão dos Equipamentos em Operação.....	30
3.4. Organigrama de Gestão dos Laboratórios.....	32
3.5. Atribuições dos Membros do Organigrama de Gestão do DEMA.....	32
3.6. Gestão de Manutenção dos Equipamentos.....	33
3.7. Gestão de Aprovisionamento de Ferramentas e outros Consumíveis Laboratoriais.....	34
3.8. Tramitação das requisições dos consumíveis.....	37
3.9. Gestão da Prestação de Serviços	38
3.10. Condições para Autodidata nos Laboratórios	39
3.10.1. Placas e Vitrinas de Informações	39
3.10.2. Material de Apoio	40
3.11. Uso de EPI pelos Técnicos e Estudantes.....	41
3.12. Iluminação e Ventilação nos Laboratórios.....	42
3.13. Síntese dos factores que condicionam a qualidade dos laboratórios.....	44
3.13.1. Da técnica de <i>brainstorming</i>	44
3.13.2. Do Diagrama do Ishikawa ou espinha de peixe	45
4. PROPOSTA DE UM MODELO DE GESTÃO E OPTIMIZAÇÃO DOS LABORATÓRIOS.....	47
4.1. Sobre o Pessoal	47
4.1.1 Nova Estrutura Orgânica de Gestão do DEMA	47
4.1.1.1. Funções dos Membros do Órgão de Gestão do DEMA	48
4.2.1. Razões para a Escolha do Laboratório de Máquinas e Ferramentas	52
4.2.2. Relação dos Novos Equipamentos Propostos	52
4.2.3. Controlo dos Equipamentos Propostos	57
4.2.4. Novo Layout para o Laboratório de Máquinas e Ferramentas	57
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	60
5.1. Conclusões	60
5.2. Recomendações.....	61
5.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO	62
Referência Bibliográficas.....	63
Anexos	Ai-1
Anexo I: Instrumentos de Recolha de Dados e Informações no DEMA.	Ai-2
Anexo II: Ilustração do acesso principal e do interior do laboratório de máquinas e ferramentas	Ai-8

Anexo III: Especificações Técnicas de Alguns Equipamentos Escolhidos.....	Ai-10
---	-------

Lista de Tabelas

Tabela 1 – Distribuição de técnicos e equipamento por laboratório.....	29
Tabela 2 – Descrição de ferramentas e custo de aquisição por laboratório.....	36
Tabela 3 – EPI necessário e disponibilidade de manuais de apoio por laboratório.....	42
Tabela 4 – Síntese das condições de iluminação e ventilação nos laboratórios.....	43
Tabela 5 – Relação de equipamento proposto para o centro de usinagem ANC.....	53
Tabela 6 – Relação de equipamento proposto para a secção de usinagem convencional.....	54
Tabela 7 – Relação de equipamento proposto para a secção de soldadura.....	55

Lista de Figura

Figura A – Peculiaridades dos laboratórios universitários.....	08
Figura B – Formação da norma ISO 17025.....	13
Figura C – Representação de um fluxograma.....	21
Figura D – Representação de um diagrama de Ishikawa.....	22
Figura E- Exemplo de um diagrama de Pareto.....	23
Figura F – Ilustração de um Histograma.....	24
Figura G– Demonstração de um gráfico de controlo.....	24
Figura H – Demonstração de um diagrama de dispersão.....	25
Figura I – Organigrama de gestão dos laboratórios.....	32
Figura J – Fluxograma de requisição de stock de consumíveis e ferramentas.....	37
Figura K – Resultados do <i>brainstorming</i> aplicado aos estudantes finalistas.....	45
Figura L – Diagrama do Ishikawa: Síntese dos factores que condicionam a qualidade dos laboratórios do DEMA.....	46
Figura M – Proposta de nova estrutura orgânica de gestão do DEMA.....	48
Figura N – <i>Layout</i> do equipamento do Laboratório de Máquinas e Ferramentas.....	58
Figura O - Planta de Circulação e Secções do Laboratório de Maquinas e Ferramentas.....	59

1. INTRODUÇÃO

O presente trabalho surge em cumprimento de um dos requisitos parciais para a conclusão do curso de Engenharia e Gestão Industrial ministrado no Departamento da Engenharia Mecânica da Faculdade de Engenharia – UEM e está subordinado ao tema *Gestão da Qualidade dos Laboratórios Universitários: estudo de caso dos laboratórios do DEMA – FEUEM*. O mesmo tem por objectivo projectar um sistema de gestão da qualidade e optimização dos laboratórios do DEMA a partir do diagnóstico da actual situação técnica e de gestão realizado com base em informações e dados recolhidos com recurso às técnicas de observação participante, *brainstorming* fluxograma e entrevistas dirigidas aos órgãos de direcção, docentes, estudantes e técnicos dos laboratórios e, seguidamente, usando o diagrama de Ishikawa também conhecido por diagrama de causa-efeito ou simplesmente espinha-de-peixe, foram sumariamente apresentados os factores que têm condicionado a qualidade dos serviços laboratoriais do DEMA.

Seguidamente, recorreu-se aos modelos teóricos apresentados por Felippes et al. (2011)¹ e dos Santos et al. (2013)², para projectar um novo modelo de gestão capaz de assegurar a promoção e observância dos requisitos de qualidade aplicáveis em laboratórios universitários, tendo como principal enfoque a reestruturação do actual organigrama do órgão de gestão do DEMA, propondo-se a instituição de novos órgãos de gestão tais como Gerente da Qualidade e Gerente Técnico elegíveis entre os docentes com vínculo permanente com a instituição, Gerente Monitor elegível entre os estudantes semifinalistas ou finalistas dos cursos ministrados no departamento, o Técnico da Manutenção e Fiel de armazém dos laboratórios cuja nomeação seria com base na experiência e formação técnica em matéria de manutenção industrial e gestão de stocks, respectivamente.

Com base no plano de acção 5W2H, fez-se a definição dos qualificadores técnicos e académicos para cada um dos integrantes do novo organigrama de gestão, suas responsabilidades e condições operacionais com recomendação para elaboração e aprovação do respectivo regulamento institucional. Foi seguidamente proposto um novo lote de equipamentos capaz de operacionalizar

¹ Na sua obra intitulada “*Sistema da qualidade em laboratórios universitários: Incentivo ao Ensino, Pesquisa e Extensão*”, os autores fazem uma abordagem teórica sobre os requisitos de gestão de laboratório universitário responsáveis e capazes de dar suporte às missões de ensino, investigação e extensão.

² Fundamentalmente, o estudo focou-se nas principais ferramentas de gestão da qualidade apresentados pelo autor.

e otimizar o laboratório de máquinas e ferramentas para as áreas de ensino, pesquisa e extensão, incluindo o respectivo *layout* aplicável no espaço actualmente disponível para albergar as secções de soldadura, serralharia, usinagem convencional e usinagem com equipamento de comando computacional.

No tocante à estrutura, o trabalho comporta 05 capítulos, nomeadamente: a introdução; a revisão bibliográfica; o diagnóstico da situação; a proposta de optimização dos laboratórios; as conclusões, recomendações e as limitações do estudo.

1.1. Contextualização

O Departamento de Engenharia Mecânica (DEMA) é um dos 04 departamentos da Faculdade de Engenharia (FENG) da Universidade Eduardo Mondlane (UEM), o qual é actualmente responsável pela ministração dos cursos de Engenharia Mecânica, no período laboral, e Engenharia e Gestão Industrial no período pós-laboral. Para lograr a sua missão de formação nas áreas de engenharia, o DEMA conta com um total de 08 laboratórios, nomeadamente, de motores de combustão interna, máquinas e ferramentas, resistência dos materiais, mecânica dos fluídos, pré-fabricação, ensaios não-destrutivos, mecânica aplicada e de termodinâmica cujas atribuições se resumem fundamentalmente em assegurar a componente prática do processo de ensino-aprendizagem. Sua concepção data desde a criação da faculdade em 1962 período em que foi instalada a maioria do seus equipamentos, parte dos quais, ainda operacional até ao presente momento.

Para além de auxiliarem no processo interno de formação académica, estes laboratórios têm vindo a prestar alguns serviços a utentes externos à faculdade, o que contribui para gerar algumas receitas para a faculdade e para o DEMA em especial.

Notavelmente, grande maioria dos equipamentos em uso nos referidos laboratórios perdeu sua precisão funcional devido a factores ligados à antiguidade e inconsistente processo de manutenção agravado pelo fornecimento deficitário das respectivas peças e acessórios necessários para o seu funcionamento integral. No geral, tais laboratórios contam actualmente com equipamentos com uma disponibilidade calculada em 60%, operando com restrições devido à sua actual condição de obsolescência. Por outro lado, a estrutura de gestão dos laboratórios não goza de independência administrativo-financeira para assegurar a contínua manutenção das instalações e equipamentos instalados, encontrando-se esta parte a cargo do Departamento do Património da faculdade.

1.2. Levantamento do problema

A qualidade continua a ser um factor de diferenciação das organizações, havendo por isso uma procura constante por melhorias, sendo que os custos devem, sempre, ser tomados em consideração (Cunha, 2010). Os laboratórios universitários são locais prioritários para o desenvolvimento de pesquisas científicas e tecnológicas, para a aquisição e difusão do conhecimento e para a realização de testes das novas tecnologias. Por isso, esses laboratórios são confrontados com a necessidade de implementar um Sistema de Gestão de Qualidade e, concomitantemente, preservar suas funções de ensino e pesquisa com liberdade e excelência acadêmica, (Felippes et al., 2011).

Quanto aos laboratórios do DEMA, o cumprimento da missão de ensino-aprendizagem ocorre em meio a restrições de ordem técnica e de gestão que limitam a realização de testes de novas tecnologias, desenvolvimento de pesquisas científicas e serviços de extensão à indústria acolhedora dos formados pela faculdade e pelo departamento em particular.

Existe, nesses laboratórios, um lote de equipamentos há muito avariados e outros operando fora da sua precisão nominal aliado à exiguidade de consumíveis indispensáveis para assegurar cabalmente o plano de ensino-aprendizagem e poucas condições para aprendizagem autodidata por parte dos estudantes. Em face disso, fica restringida parte crucial da missão e vocação desses laboratórios no actual contexto de tecnologia cada vez mais integrada e globalizada e, por conseguinte, é notavelmente comprometida a qualidade dos serviços prestados quer para fins de ensino, quer para investigação e extensão.

1.3. Justificativa

A escolha do tema teve como base a experiência que o autor acumulou durante cerca de quatro anos³ de aulas presenciais no Departamento de Engenharia Mecânica, na sua formação em Engenharia e Gestão Industrial. Nesse período, para além das aulas dentro da sala convencional, era necessário participar em aulas laboratoriais onde, após sessões expositivas dadas pelo docente da disciplina em questão, os estudantes realizavam trabalhos práticos sob orientação e acompanhamento de técnicos da área. Contudo, no período em alusão, grande parte dessas visitas

³Entre os anos 2016 e 2019, do II ao V nível.

aos laboratórios foi marcada por sessões de tipo expositivo-explicativas onde os estudantes apenas observavam para conhecer os elementos de certas máquinas instaladas, funcionamento dos mecanismos e outros equipamentos laboratoriais mas com diminuta ou nenhuma possibilidade de realizar experiências, testar novas tecnologias e/ou construir protótipos desses e outros equipamentos aplicados na indústria que absorve grande maioria dos engenheiros formados pelo departamento.

Ademais, as constantes preterições de aulas laboratoriais previstas nos planos analíticos das disciplinas do curso e pouco rigor na exigência de relatórios das aulas que os estudantes realizavam em laboratórios motivaram o questionamento de aspectos de ordem gerencial para garantia da qualidade dos resultados esperados.

Neste diapasão, o estudo emerge com propósito de aplicar as Ferramentas de Gestão da Qualidade para aferir ao pormenor os factores que impactam negativamente na qualidade dos serviços laboratoriais no âmbito de formação académica bem ainda as causas restritivas à investigação e extensão. Subsequentemente, projectar um sistema de gestão da qualidade dotado de peculiaridades que respondam positivamente a este desiderato de otimizar os laboratórios em estudo.

Na vertente académica, espera-se que o estudo sirva de referência para posteriores pesquisas que tenham em vista projectar ou melhorar sistemas que tornarão o ensino, pesquisa e extensão cada vez mais proeminentes nos laboratórios do DEMA.

1.4. Objectivos

1.4.1. Geral

Projectar um sistema de gestão e optimização dos laboratórios do DEMA a partir do diagnóstico da situação técnica e de gestão com base em Ferramentas de Gestão da Qualidade aplicáveis para este fim.

1.4.2. Específicos:

- Conhecer a situação actual dos laboratórios do DEMA através do diagnóstico da situação técnica e de gestão;

- Com base no conhecimento da situação actual, propor a reestruturação dum dos laboratórios do DEMA, concretamente, o de Máquinas e Ferramentas, incluindo a descrição dos equipamentos e o desenho do respectivo *layout*.
- Propor igualmente para os laboratórios do DEMA um novo modelo de Gestão de Qualidade, que atenda às funções de ensino, pesquisa e extensão.

1.5. Metodologia

De acordo com Bravo, 2003 (apud dos Santos et al., 2013)⁴, o caminho mais simples para se atingir um objectivo é o método, sendo este definido como um conjunto de etapas que quando executadas de forma sistemática facilitam a obtenção de conhecimentos sobre fenómenos físicos, químicos e biológicos, ou o desenvolvimento de novos produtos ou processos.

Este é um estudo de caso com uma abordagem predominantemente qualitativa e de carácter explicativo e teve como campo de actuação os laboratórios do Departamento de Engenharia Mecânica. No que tange ao itinerário metodológico, a realização do presente estudo recorreu à revisão bibliográfica que permitiu a recolha de informações teóricas que suportaram a análise comparativa da condição actual dos laboratórios em estudo e o que se recomenda sob ponto de vista técnico e de gestão em laboratórios universitários. Seguidamente, a observação, entrevistas, experiências práticas durante a formação do autor conjugados com a técnica de *brainstorming* e o fluxograma permitiram recolher dados e informações que deram suporte ao diagnóstico da situação em estudo e, na sequência, projectar um novo modelo de gestão passível de assegurar a qualidade requerida em laboratórios universitários.

Por fim, para a sintetização dos dados e informações recolhidas por meio das técnicas acima mencionadas, foi usado o diagrama de Ishikawa também conhecido por “diagrama de causa e efeito” ou “diagrama de espinha de peixe” criado pelo Engenheiro japonês Kaoru Ishikawa como uma das ferramentas importantes para estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo.

⁴ Dos Santos, A. A. M., Guimarães, E. A. & Brito, G. P. (2013). Gestão da Qualidade: conceito, princípio, método e ferramentas. Revista Científica INTERMEIO: FAECE/FAFOR. Brasil.

Grosso modo, os dados recolhidos no local do estudo são descritivos. Em virtude disso, foram usados, no presente estudo, o fluxograma, o *brainstorming* e o diagrama de Ishikawa para a filtração dos factores da qualidade laboratorial em detrimento das restantes ferramentas de gestão da qualidade descritas ao longo da revisão bibliográfica. E, para apresentação das citações e elaboração das referências bibliográficas ao longo do texto recorreu-se à norma da *American Psychological Association* (APA,)⁵.

⁵ Marcos, I. (2016). *Manual da Publicação da APA* (6ª Ed.). Lisboa: Universidade Aberta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para melhor entendimento da temática em abordagem, foram julgados fundamentais os conceitos de Laboratório Universitário, Gestão de Qualidade e Ferramentas da Qualidade.

2.1. Laboratório

Pekelman & Mello (2004) definem laboratório como um modelo⁶ que permite simulações⁷ estimulando o aluno de engenharia a praticar a transformação ciência / tecnologia em benefício do bem-estar da comunidade enfatizando a maior aproximação do aluno com a prática de engenharia. Por seu turno, Felippes, Aguiar & Diniz (2011) definem laboratórios como locais para o desenvolvimento de pesquisas científicas e tecnológicas, para a aquisição e difusão do conhecimento e para a realização de testes das novas tecnologias.

De acordo com Savino (2018) laboratório é uma organização que realiza uma ou mais das actividades de ensaio, calibração, amostragem, associada com ensaio ou calibração subsequente.

Nos três conceitos é notório o entendimento comum de que um laboratório comporta um conjunto de condições que visam a realização de actividades de natureza científica que estimulam a criação e/ou testagem da tecnologia. Contudo, a visão do Pekelman e Mello mostra-se mais ajustável a este estudo por enfatizar a ideia de aproximação do aluno com a prática de engenharia.

2.1.1. Peculiaridades de Laboratórios Universitários

Para Felippes et al. (2011), os laboratórios universitários são instituições peculiares devido à sua triple missão de dedicar-se à pesquisa, ensino e extensão. Citando Gomes et al. (2000), os autores assumem que devido à limitação de recursos e a diversidade das actividades desenvolvidas, essa conciliação não é simples e exige um sistema da qualidade flexível, cujos procedimentos devem assegurar a qualidade dos trabalhos realizados e a acessibilidade ao conhecimento desenvolvido.

⁶ Definido como simplificação da realidade

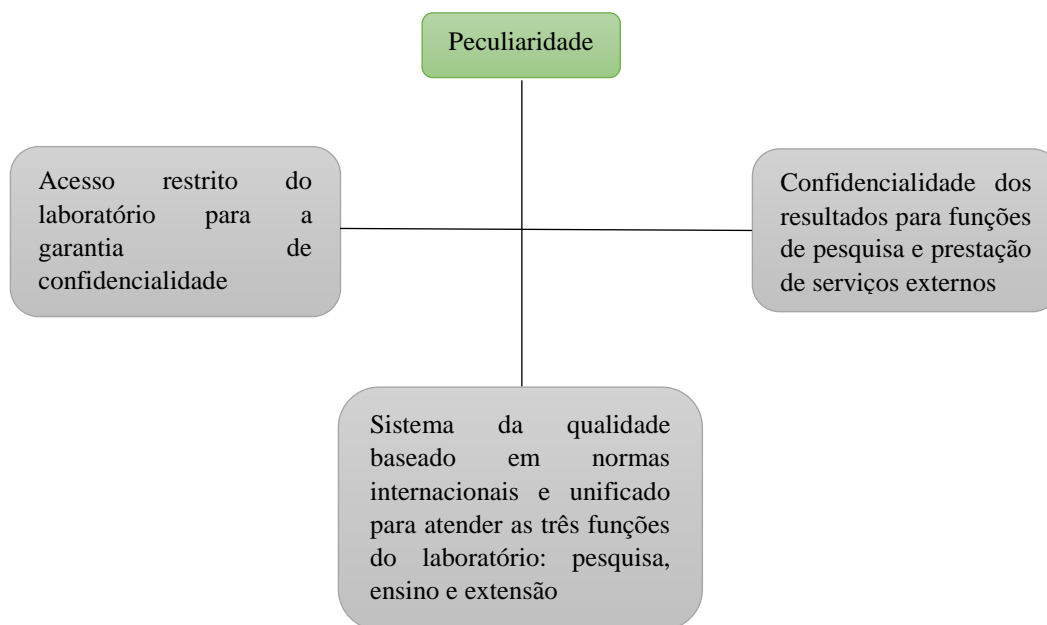
⁷ Imitação de operações

“Esses laboratórios são confrontados com a necessidade de implementar um Sistema de Gestão de Qualidade e, concomitantemente, preservar suas funções de ensino e pesquisa com liberdade e excelência acadêmica” (Felippes et al., *ibidem*, p.3).

Para os teóricos, isso significaria a adoção de um modelo inserido num contexto tri-funcional (ensino, pesquisa e prestação de serviços), factor crucial para propiciar o desenvolvimento socioeconómico de um país, contribuindo com a obtenção de melhores equipamentos, serviços e, principalmente, com a capacitação de recursos humanos.

Ademais, considerando a aludida tríplice vocação dos laboratórios universitários, a adoção de um sistema da qualidade deve incluir algumas peculiaridades destes laboratórios, as quais são descritas na figura abaixo.

Figura A: Peculiaridades dos laboratórios universitários⁸



Fonte: Felippes et al. (2011)

Neste âmbito, devido às limitações de recursos, não é viável que os laboratórios universitários disponham de padrões de referência e de trabalho diferentes daqueles utilizados para ensino e pesquisa. Assim, o Sistema de Gestão da Qualidade deve garantir a integridade dos padrões de

⁸ De acordo com Felippes et al. (2011).

referência e definir os procedimentos de manipulação dos padrões de trabalho para que eles possam ser usados em actividades de ensino, pesquisa e extensão, simultaneamente.

Para lograrem a sua finalidade, os laboratórios universitários devem assegurar um alto grau de qualidade dos experimentos realizados e permitir que os alunos tenham acesso às metodologias de análise de resultados, ao mesmo tempo que se dedicam à prestação de serviços na área correspondente à sua actuação. Segundo estes, é possível conciliar as missões de ensino, pesquisa e prestação de serviços, no mesmo laboratório, obedecendo as seguintes regras:

- a) As aulas práticas não poderão ter lugar no interior do laboratório acreditado, durante a realização de algum serviço de ensaio ou calibração, considerando a necessidade de restrição de acessibilidade para garantia da confidencialidade do serviço;
- b) As actividades de pesquisa sejam executadas apenas pelo pessoal autorizado, permitindo um controle maior nos procedimentos e resultados obtidos e garantia da qualidade dos mesmos;
- c) A alta qualificação técnica do pessoal do laboratório permitirá a realização de actividades práticas de alta qualidade, contribuindo para a qualidade do ensino oferecido pela instituição; e
- d) A actividade de prestação de serviços será realizada apenas pelo pessoal técnico responsável, treinado e autorizado, com vista a cumprir os requisitos tratados entre a universidade e o cliente externo.

Os serviços aos clientes, Savino (2018) refere que podem ser de calibração, amostragem, de ensaios, manutenção, instalações de equipamentos, ensaios de proficiência e serviços de avaliação e de auditoria. Externamente, podem ser providos produtos que incluem padrões e equipamentos de medição, equipamentos auxiliares, materiais de consumo e materiais de referência.

No contexto de ensino de engenharia, Pekelman & Mello (2004) avançam que os laboratórios universitários devem proporcionar ao estudante a possibilidade de se deparar com e manipular as principais tecnologias básicas em condições próximas, simuladas, às do mundo real, ou melhor,

profissional. Neste tipo de instituições, de acordo com os autores, os laboratórios modelam situações reais e utilizam estes modelos⁹ em simulações.

Ainda sustentam, os teóricos, que além de aproximar o aluno da ciência e tecnologia, as ferramentas do engenheiro, no atendimento às necessidades humanas, os laboratórios devem também servir como treinamento da criatividade, ou seja, devem permitir ao aluno desenvolver diferentes aplicações utilizando as mesmas ferramentas e exteriorizar este ambiente para o mundo real.

É neste âmbito que se insere o presente estudo partindo do pressuposto que o alto grau de experimentos laboratoriais implica a implantação de um Sistema de Gestão da Qualidade tendente à otimização dos processos.

2.2. Gestão de Qualidade de Laboratórios Universitários

2.2.1. Qualidade

Mainardes, Lourenço & Tontini (2010) entendem que definir qualidade é um exercício desafiador. Citando Gomes (2004), os autores afirmam que a qualidade é fácil de reconhecer, mas é difícil definir. No mesmo panorama, Reeves & Bednar (apud Mainardes et al., 2010) referem que não existe uma definição global e diferentes definições surgem em diferentes circunstâncias, tornando-o um fenômeno complexo.

Um estudo conduzido por de Shiba et al. (apud Mainardes et al., 2010), constataram que em cada período da história, a qualidade foi definida de formas diferentes:

- Adequação ao padrão – anos 50 – qualidade era sinônima da garantia que o produto executasse as funções previstas em projecto;
- Adequação ao uso – anos 60 – produtos capazes de suportar as mais variadas formas de uso;
- Adequação ao custo – anos 70 – foco na redução de custos, com controlo sobre a variabilidade dos processos de fabricação e redução de desperdícios;

⁹ Modelo entendido como simplificação da realidade.

- Adequação às necessidades dos clientes – anos 80 – para se manter no mercado, as organizações passaram a anteciparem-se às necessidades dos clientes, satisfazendo-as.

De acordo com a ISO 2005 (apud Carpinetti, 2019), qualidade é uma das palavras-chave¹⁰ mais difundidas junto à sociedade e também nas empresas, sendo definida como o grau no qual um conjunto de características inerentes satisfaz aos requisitos. No entanto, Soltani et al., 2008 (apud Mainardes et al., 2010) rebate que qualidade é um processo contínuo de melhorias.

“A qualidade é definida de diversas formas. A principal razão para tal, é que muitas pessoas têm a percepção conceptual da qualidade que é a seguinte: a qualidade consiste de uma ou mais características desejadas que um produto ou serviço deve possuir” [...] (Ali, n.d., p. 57).

Tanto Ali (ididem) quanto Garvin (apud Mainardes et al, 2010) identificaram cinco formas de se definir qualidade:

- i. **Transcendental:** sensação de qualidade ao experimentar um produto ou serviço;
- ii. **Centrada no produto ou serviço:** atributos que diferenciam um determinado produto ou serviço de outros produtos ou serviços semelhantes;
- iii. **Centrada no valor:** produto com alto desempenho a um preço aceitável pelo mercado;
- iv. **Centrada na produção:** atender optimamente as especificações do projecto na fabricação de um produto; e
- v. **Centrada no cliente:** preferências do cliente por um determinado produto ou serviço que satisfaça suas necessidades, dada combinação precisa de seus atributos.

2.2.2. Parâmetros ou Dimensões da Qualidade

Os estudos autónomos conduzidos pelos autores Ali (ibidem) e Carpinetti (2019) apuraram, solidariamente, oito dimensões ou parâmetros de qualidade, nomeadamente, o desempenho, a fiabilidade, a durabilidade, a manutenibilidade, a conformidade, a estética, a distinção ou características e a qualidade percebida. Mas o último autor foi mais além ao acrescentar mais cinco parâmetros: a disponibilidade, a instalação e orientação de uso, assistência técnica, a interface com

¹⁰ Ao lado de palavras como produtividade, competitividade, integração, etc.

o usuário e a interface com o meio ambiente. Eis a seguir a descrição de cada parâmetros de qualidade.

- a) **Desempenho técnico ou funcional** - Grau com que o produto ou serviço cumpre com a sua missão ou função básica.
- b) **Fiabilidade** – Probabilidade de que o produto ou serviço, estando disponível, consegue realizar sua função básica sem falhar, durante um tempo pré-determinado e sob determinadas condições de uso.
- c) **Durabilidade** – Durabilidade do produto ou serviço, considerando os pontos de vista técnico e económico.
- d) **Manutenibilidade** – Facilidade de conduzir as actividades de manutenção no produto, sendo um atributo do projecto do produto.
- e) **Conformidade** – Grau com que o produto encontra-se em conformidade com as especificações de projecto.
- f) **Estética** – Percepção do usuário sobre o produto a partir de seus órgãos sensoriais.
- g) **Distinção ou Características** – Inclui o grau com que o produto cumpre funções secundárias que suplementam a função básica.
- h) **Qualidade Percebida** – Percepção do usuário sobre a qualidade do produto a partir da imagem e reputação da marca, bem como sua origem de fabricação.
- i) **Disponibilidade** – Grau com que o produto encontra-se disponível para uso quando requisitado.
- j) **Instalação e orientação de uso** – Orientação e facilidades disponíveis para conduzir as actividades de instalação e uso do produto.
- k) **Assistência técnica** – Factores relativos à qualidade (competência, cortesia, etc) dos serviços de assistência técnica e atendimento ao cliente.
- l) **Interface com o usuário** – Qualidade do ponto de vista ergonômico, de risco de vida e de comunicação do usuário com o produto.
- m) **Interface com o meio ambiente** – Impacto no meio ambiente, durante a produção, o uso e descarte do produto.

2.2.3. Gestão de Qualidade

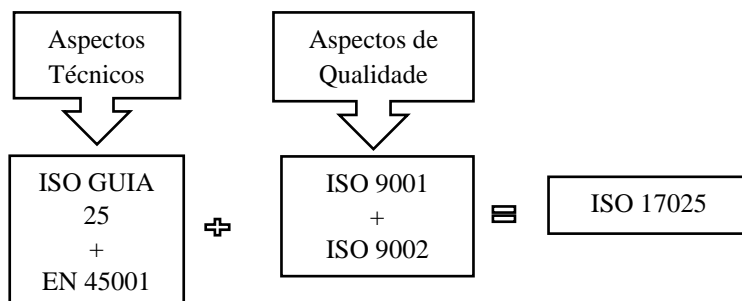
Dos Santos et al. (2013), citando Carvalho e Paladini (2005), definem Gestão de Qualidade como actividades coordenadas para dirigir e controlar uma organização com relação à qualidade, englobando o planeamento, o controlo, a garantia e a melhoria da qualidade. Ainda no mesmo documento, os autores citam Júnior e Bonelli (2006), os quais definem Gestão de Qualidade como conjunto de acções dirigidas a fim de se obter características do produto ou serviço com capacidade de satisfazer plenamente as necessidades e expectativas do cliente/consumidor, atingindo o que se conhece como qualidade.

Já no âmbito académico, os estudos conduzidos por Felippes et al. (2011), levaram à conclusão de que a adopção de um Sistema de Gestão da Qualidade de laboratórios universitários não limita as actividades de pesquisa e contribui de forma positiva para a comprovação da qualidade metrológica, rigor científico e competência técnica do laboratório, além de ser um instrumento didático muito eficiente na formação do futuro engenheiro.

“De forma a garantir que os serviços de calibração e ensaio do laboratório atendam aos padrões internacionais de qualidade e se configurem em resultados metrologicamente confiáveis, deve-se implementar um sistema de gestão do laboratório baseado na norma ISO 17025”. (apud Felippes et al., 2011, p.4).

Vitorino et al., 2008 (apud Felippes et al., idem) afirmam que a estrutura e organização da norma ISO 17025 reflectem a preocupação com a qualidade, pois reúnem em apenas uma norma a competência técnica dos laboratórios (EN 45001 e ISO Guia 25) e os requisitos para Sistemas de Gestão da Qualidade (série 9000), como ilustra a figura B.

Figura B: Formação da norma ISO 17025



Fonte: Vitorino et al., 2008 (apud Felippes et al., 2011)

2.2.4. Princípios de Gestão de Qualidade

Segundo Mello et al., 2009 (apud dos Santos et al., 2013), o princípio de gestão da qualidade é uma crença ou regra fundamental e abrangente para conduzir e operar uma organização, visando melhorar continuamente seu desempenho a longo prazo, pela focalização nos cliente e, ao mesmo tempo, encaminhando as necessidades às partes interessadas. Eis, segundo os teóricos, os sete princípios de gestão da qualidade:

- a) Foco no Cliente
- b) Liderança
- c) Envolvimento das pessoas
- d) Abordagem sistêmica para a gestão
- e) Melhoria contínua
- f) Abordagem factual para a tomada de decisão
- g) Benefícios mútuos nas relações com os fornecedores

2.2.5. Requisitos Técnicos e de Direção de Gestão Qualitativa de Laboratório Universitário

Com propósito de assegurar uma gestão qualitativa do laboratório universitário, Savino (2018) elenca os seguintes requisitos de estrutura gerencial:

- a. Definir a estrutura organizacional e gerencial do laboratório;
- b. Especificar a responsabilidade de quem realiza trabalhos que afectem os resultados das actividades;
- c. Documentar seus procedimentos para assegurar a validade de seus resultados;
- d. Deve ter pessoal que, independentemente de outras responsabilidades, tenha autoridade e os recursos necessários para realizar seus deveres, incluindo relatórios e acções de melhoria

do sistema, identificação de desvios e acções de mitigação e garantia da eficácia das actividades.

Por exigir autonomia de gestão e isenção de influências externas bem ainda a independência da pesquisa, a norma ISO 17025 (apud Felippes et al., 2011) impõe requisitos de gestão de laboratório universitário responsáveis e capazes de dar suporte às actividades técnicas, designadamente, a organização, o sistema de qualidade, o controle de documentos, atendimento ao cliente, a acção preventiva e a análise crítica e auditorias internas.

2.2.5.1. Requisitos Técnicos de Gestão Qualitativa de Laboratórios Universitários

Citando Silva et al. (2003), Felippes et al. (2011) admitem que os requisitos técnicos ajudam na manutenção da qualidade da pesquisa desenvolvida em laboratórios universitários, considerando aspectos de pessoal, condições físicas do laboratório e controle de equipamentos.

a. Pessoal

Quanto a este requisito, a norma ISO 17025 (apud Felippes, ibidem) exige, para posterior distribuição das responsabilidades e autoridades, a definição das principais funções do pessoal do laboratório, tais como: **Gerente da Qualidade, Gerente Técnico e Técnico de Laboratório**. Deve-se levar em conta a competência e habilidade técnica destes profissionais e seu comprometimento na busca primaz da qualidade em todos os aspectos.

Normalmente, essas funções deverão ser exercidas por professores do quadro permanente, conferindo estabilidade e continuidade às actividades e políticas do laboratório. Não obstante, estudantes, bolsistas de iniciação científica, pesquisadores e estagiários podem actuar também em funções de apoio a este pessoal-chave.

O corpo técnico deve ser estimulado a escrever artigos e a publicá-los em eventos nacionais e internacionais ou revistas científicas, pois esta é uma forma de adquirir novos conhecimentos e adequá-los às necessidades do laboratório, contribuindo com a instituição como um todo.

No atinente ao perfil, Savino (2018) propõe que este pessoal deve ser capaz de agir com imparcialidade, ser competente e trabalhar de acordo com o sistema de gestão do laboratório. O laboratório deve documentar os requisitos de competência para cada função, incluindo os

requisitos de formação, qualificação, treinamento, conhecimento técnico, habilidades e experiência.

O teórico ainda refere que a gerência do laboratório deve assegurar que o pessoal tenha competência para realizar as actividades pelas quais é responsável e para avaliar a importância dos desvios. Deve, acima de tudo, comunicar ao pessoal seus deveres, responsabilidades e autoridades.

b. Condições Físicas do Laboratório

Conforme argumentam Gomes et al. (2000) citados por Felippes et al. (2011, p. 20), “os laboratórios universitários devem possuir equipamentos de medição e padrões que assegurem resultados, com suas respectivas incertezas compatíveis com as normas e necessidades do cliente”. De igual modo, citados pelo mesmo autor, Silva et al. (2003) defendem que para assegurar a garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração, os laboratórios devem ter e aplicar procedimentos de cálculo das incertezas de medição para todas as calibrações realizadas.

Quanto as especificações dos equipamentos, Savino (ibid.) defende que o laboratório deve ter acesso aos equipamentos¹¹ que são requeridos para a correcta realização das actividades de laboratório e que possam influenciar o resultado. Quando utilizados equipamentos que estejam fora de seu controle permanente, o laboratório deve assegurar que sejam atendidos os requisitos dos documentos destes equipamentos.

c. Controle de Equipamentos

O laboratório deve ter um procedimento para manuseio, transporte, armazenamento, uso e manutenção planeada dos equipamentos, a fim de assegurar seu correcto funcionamento e para evitar contaminação ou deterioração. Os equipamentos utilizados para medição devem ser capazes de alcançar a exactidão de medição e/ou a incerteza de medição requeridas para fornecer um resultado válido.

¹¹ Incluindo instrumentos de medição, software, materiais de referência, consumíveis ou aparelhos auxiliares.

2.2.5.2. Requisitos de Direção de Gestão Qualitativa de Laboratórios Universitários

Segundo a norma ISO 17025 (apud Felippes et al., 2011), são requisitos de direção de gestão de laboratórios universitários, os seguintes: organização, sistema de qualidade, controle de documentos, atendimento ao cliente, acção preventiva, análise crítica e auditorias internas.

i. **Organização**

Deve-se, portanto, organizar o laboratório de modo que atenda às exigências da norma e esteja em sintonia com a estrutura administrativa do departamento. Por outro lado, a instituição¹² deve estar consciente da importância das actividades do laboratório e da necessidade de sua acreditação pela norma ISO 17025, apoiando esta iniciativa.

Além disso, se o laboratório for parte de uma organização que realiza outras actividades, além de ensaios e/ou calibrações, actividades de ensino e pesquisa, as responsabilidades do pessoal-chave da organização, que tenha um envolvimento ou influência nas actividades do laboratório, devem ser definidas, de modo a identificar e evitar potenciais conflitos de interesse.

ii. **Sistema de Qualidade**

A primeira necessidade para a estruturação do sistema da qualidade é a elaboração de uma documentação adequada para gerenciar a estrutura, a qual pode seguir a hierarquia típica de documentos. Sugere-se, aqui, uma estrutura de três níveis de documentação.

- **1º Nível: Manual da Qualidade** - O papel deste manual é estabelecer as políticas gerais do laboratório e referenciar procedimentos e outros documentos que formam o Sistema de Gestão.
- **2º Nível: Documentação** - Refere-se aos procedimentos operacionais e aos métodos, os quais definem sistemas, provêm instruções e designam a responsabilidade pelas actividades compreendidas. Sugere-se que os procedimentos operacionais possuam uma estrutura semelhante às normas técnicas.

¹² No caso vertente, o Departamento e a Universidade.

- **3º Nível: Planos, Sistemas, Instruções, Cronogramas, Programas** - dentre outros documentos constantes da “lista mestra”, os quais também se incluem como documentos da qualidade.

Para Savino (2018, p. 35), estes registros também servem para:

- Definir, analisar criticamente e aprovar os requisitos para produtos e serviços providos externamente;
- Definir critérios para avaliação, selecção, monitoramento do desempenho e reavaliação dos provedores externos e tomar quaisquer acções decorrentes destes;
- Assegurar que os produtos e serviços providos externamente estejam em conformidade com os requisitos estabelecidos, antes de serem utilizados.

Felippes et al. (2011), reiteram que é deveras importante que o laboratório universitário documente suas políticas, sistemas, programas, procedimentos e instruções, na extensão necessária para assegurar a qualidade dos resultados de ensaios e/ou calibrações. Todos estes documentos podem ser objectos de estudo e pesquisa para alunos interessados na área, sendo que a organização dos arquivos pode ser realizada por estagiários. O manuseio, familiaridade e organização desta documentação são ricas fontes de aprendizado extra-classe e muito motivadora para os estudantes.

iii. **Controle de Documentos**

Todos os documentos emitidos pelo laboratório devem ser univocamente identificados e analisados criticamente, pelo pessoal autorizado, para serem aprovados antes de serem emitidos, funções essas que podem ser alvos de pesquisas e estudos por parte de alunos e técnicos interessados, tanto do curso de engenharia como de outras áreas do saber. A forma mais indicada de controlar documentos e registros é através da codificação dos mesmos.

iv. **Atendimento ao Cliente**

Os clientes valorizam a manutenção da boa comunicação, conselhos e orientação sobre assuntos técnicos, bem como opiniões baseadas nos resultados. Convém que a manutenção desta comunicação com o cliente se dê durante todo o trabalho. Por outro lado, os laboratórios são incentivados a obter o *feedback* dos seus clientes.

Estudantes actuando como monitores do laboratório podem colaborar tanto no atendimento ao cliente, esclarecendo dúvidas quanto à interpretação dos certificados e relatórios emitidos, como na manutenção da comunicação com o cliente para fins de avaliação da qualidade do serviço prestado.

v. **Acção Preventiva**

Estudantes em curso ou realizando trabalhos de licenciatura representam excelentes oportunidades para a melhoria do sistema da qualidade por possuírem um “olhar diferenciado e inovador”. Ao mesmo tempo em que o contacto com o sistema de gestão do laboratório é uma ferramenta didática, os alunos podem contribuir com propostas inovadoras que melhorem a qualidade dos serviços.

vi. **Análise Crítica e Auditorias Internas**

De acordo com um cronograma e procedimentos predeterminados, a gerência executiva do laboratório deve realizar, periodicamente, a análise crítica de seu sistema de gestão da qualidade e das actividades de ensaio e/ou calibração, de modo a assegurar sua contínua adequação e eficácia, e introduzir mudanças ou melhorias quando necessárias.

O envolvimento de estudantes e estagiários em auditorias constitui uma excelente oportunidade de treinamento para o futuro profissional, aprofundando seu conhecimento sobre a norma e procedimentos do laboratório, bem como desenvolvendo suas habilidades na realização de auditorias¹³.

2.3. Ferramentas de Gestão da Qualidade

Samohyl, 2005 (apud Coelho et al., 2016), fala das sete ferramentas da qualidade definidas como um conjunto de instrumentos estatísticos de uso consagrado para melhoria da qualidade de produtos, serviços e processos. Elas servem para resolução de problemas de controlo estatístico do processo daí que deveriam ser amplamente ensinadas às organizações e usadas rotineiramente para identificar oportunidades de melhoria e eliminação de perdas tanto numa grande empresa como na mais simples delas, tendo como característica comum o uso de uma ferramenta gráfica e pessoas capacitadas para analisar criticamente os resultados obtidos.

¹³ Como refere de Felippes, 2011, esta actividade é requerida em muitas áreas de actuação profissional

Corrêa e Corrêa, 2010 (apud Coelho et al., ibidem), defendem que as sete ferramentas da qualidade são as seguintes:

- a) Fluxograma ou diagrama de processo;
- b) Diagrama de Ishikawa ou diagrama de causa e efeito¹⁴;
- c) Diagrama de Pareto;
- d) Histograma;
- e) Gráfico de controle;
- f) Folha de verificação; e,
- g) Diagrama de dispersão.

Ademais, Coelho et al. (2016) realça que a implementação destas ferramentas da qualidade pode sofrer variações, dependendo do contexto da aplicação. Essas variações podem ocorrer em função tanto da sequência de utilização das técnicas, quanto na quantidade de técnicas utilizadas.

No concernente à pertinência do uso das ferramentas da qualidade, “no geral, a utilização apropriada das ferramentas da qualidade acrescenta ganhos para as organizações pois é possível identificar soluções para os problemas, reflectindo dessa forma ganhos nos objectivos das organizações, empresas ou até mesmo nas instituições de ensino” (Pilz et al., 2011, p. 8).

“No ambiente universitário, em particular, no âmbito de conhecimento prático (laboratório), se faz necessário a utilização de ferramentas da Qualidade como forma de preservação de ensino e pesquisa com excelência” (Oliveira et al., 2017, p. 1).

2.4.1. Fluxograma

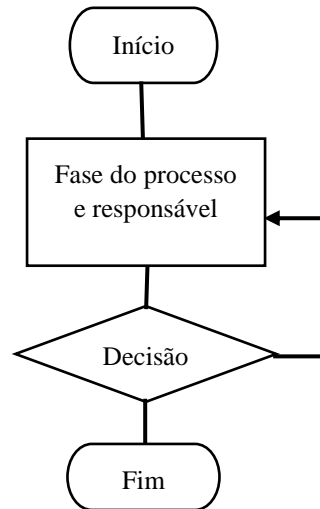
O Fluxograma, segundo Rodrigues (2006) é a forma gráfica, através de símbolos, de descrever e mapear as diversas etapas de um processo, ordenando-as em sequência lógica e de forma planeada. Por sua vez, citando a revista “Blog da Qualidade” (2012), Lautenchleger et al. (2015) referem que, no gerenciamento de processos, o fluxograma tem como objectivo principal garantir a qualidade e aumentar a produtividade, através da documentação do fluxo das actividades

¹⁴ De acordo com Selene & Stadler, 2008 (apud do Rosário, 2015) o Diagrama de Ishikawa muitas das vezes é consorciado com o *Brainstorming* definido como dinâmica de grupo multidisciplinar que visa otimizar o potencial criativo da equipe acerca de uma determinado assunto.

desenvolvidas, utilizando diversos símbolos diferentes para identificar os diferentes tipos de actividades.

O esquema seguinte é uma demonstração esquemática de um fluxograma, considerando o significado de cada um dos símbolos que o compõe.

Figura C – Representação de um fluxograma¹⁵



Fonte: Rodrigues (2006)

O fluxograma é uma das primeiras acções a ser realizada numa análise, pois há que entender a operação do sector para estudá-lo (Selene & Stadler, 2008 apud Rosário, 2015).

2.4.2. Diagrama de Ishikawa

Desenvolvido pelo japonês Kaoru Ishikawa¹⁶, da Univeridade de Tóquio, em 1943, o “Digrama de Ishikawa ou Diagrama de Causa e Efeito” ou “Diagrama de Espinha de Peixe” visa estabelecer a relação entre o efeito e todas as causas de um processo. Cada efeito possui várias categorias de causas, que, por sua vez, podem ser compostas por outras causas (Rodrigues, 2006 apud dos Santos et al., 2013).

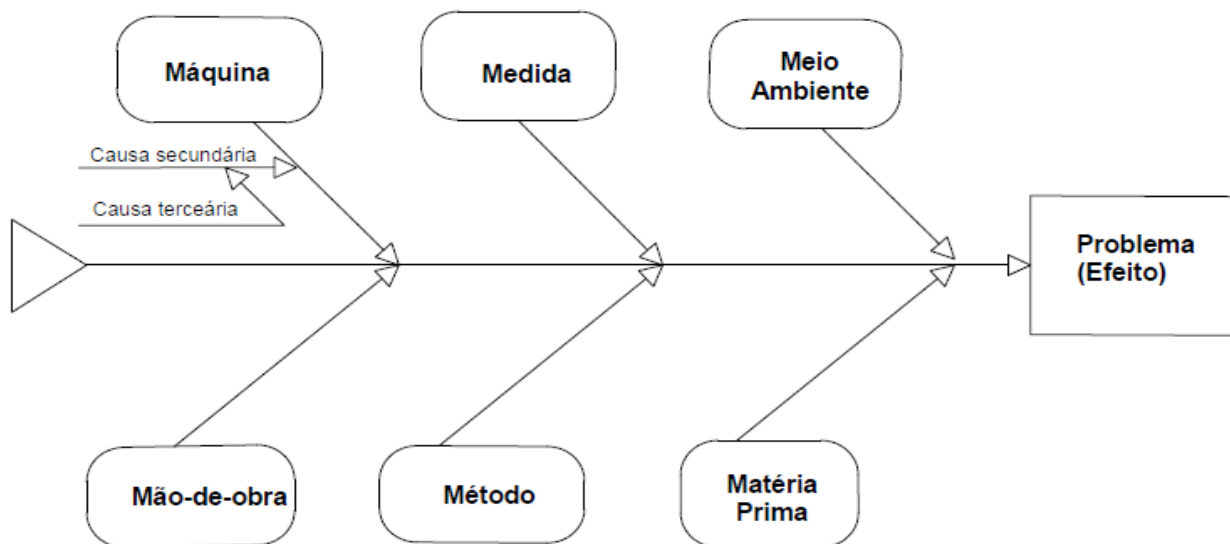
¹⁵Adaptado a partir de “Conêxito Consultoria”.

¹⁶ Kaoru Isikawa (1915 – 1989), foi um engenheiro de controlo da qualidade, criador das Sete Ferramentas da Qualidade (do Rosário, 2015).

Usualmente se utiliza os factores “mão-de-obra”, “meio ambiente”, “medida”, “máquina”, “matéria-prima” e “método”, o que faz com que as vezes também se chame o diagrama de Diagrama 6M, porém pode-se adoptar os factores convenientes com os efeitos. Trivellato (2010) sugere que, para se estabelecer o grau de importância das causas, deve-se basear sempre que possível em dados e não somente na experiência das pessoas para que se minimizem as chances de equívocos. Para que seja facilitado o uso de dados, é desejável que as causas e os efeitos sejam mensuráveis.

Pode-se observar na figura D a esquematização pormenorizada do Diagrama de Ishikawa.

Figura D: Representação de um diagrama de Ishikawa¹⁷



Fonte: Rodrigues, 2006 (apud dos Santos et al., 2013)

2.4.3. Diagrama de Pareto

Trata-se de um gráfico de barras verticais que permite determinar quais problemas a resolver e quais as prioridades. Como refere Rodrigues, 2006 (apud dos Santos et al., 2013), ele deve ser construído tomando como suporte uma lista de verificações, sendo que, após sua construção é

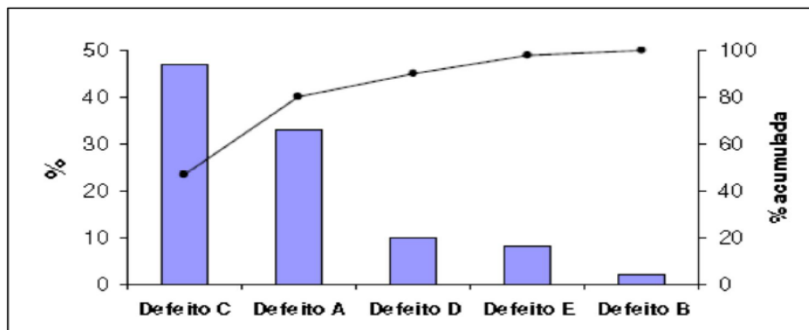
¹⁷ Adaptado a partir de Lautenchleger et al. (2015)

comum considerar-se que as causas a atacar são aquelas que contribuem, em conjunto, para cerca de 80% do problema.

Conforme descreve Trivellato (2010) este diagrama pode ser de dois tipos: Gráfico de Pareto para efeitos e Gráfico de Pareto para as causas. O gráfico de Pareto para efeitos é aquele que ordena os problemas apresentados pela empresa de maneira que seja possível identificar o principal problema, enquanto o gráfico de Pareto para causas ordena as causas de cada problema apresentado pela empresa.

A estrutura do diagrama ou gráfico de Pareto é apresentada no exemplo da figura E.

Figura E: Exemplo de um diagrama de Pareto



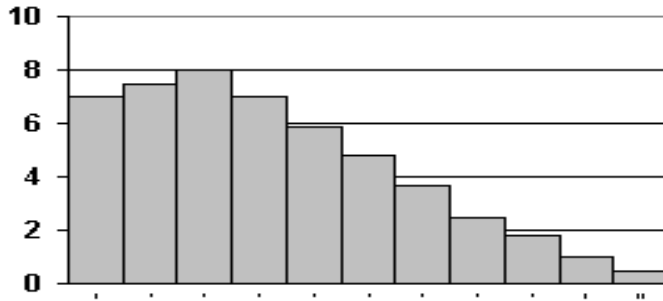
Fonte: Lautenchleger et al. (2015)

2.4.4. Histograma

O histograma é uma ferramenta estatística que fornece o quanto um determinado valor ou um conjunto de valores ocorre em um grupo de dados. Consiste num gráfico de barras, uma representação gráfica de uma distribuição de frequência por meio de barras no eixo horizontal, onde a largura da barra representa um dado intervalo de classe da variável, e a altura no eixo vertical representa a frequência de ocorrência. As razões principais para a utilização são: obter uma análise dos dados e determinar a natureza da distribuição, (Miguel, 2006 apud Lautenchleger et al., 2015).

Uma possível forma de um histograma é apresentada na figura F.

Figura F: Ilustração de um Histograma



Fonte: Miguel, 2006 (apud Lautenchleger et al., 2015)

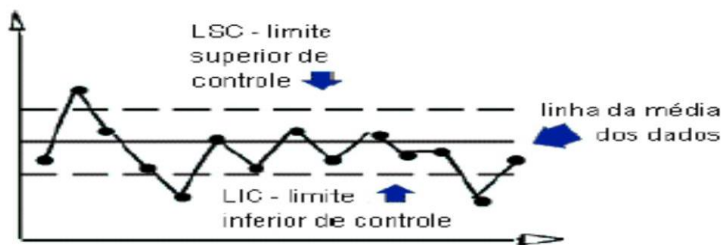
2.4.5. Gráficos de Controlo ou Carta de Controlo

Para Gitlow, 1993 (apud Lautenchleger et al., 2015), o gráfico de controlo é uma ferramenta que dispõe os dados de modo a permitir a visualização do estado de um controle estatístico de um processo e o monitoramento, quanto à locação e a dispersão de itens de controlo (Leonel, 2008).

Uma carta de controlo, de acordo com Vergueiro, 2002 (apud Coelho et al., 2016), é composta por:

- i. Um gráfico cartesiano, onde o eixo horizontal representa o tempo e, o vertical, o valor da característica;
- ii. Um conjunto de valores (pontos) unidos por segmentos de reta;
- iii. Três linhas horizontais (limite inferior de controle, limite controle e linha média); e,
- iv. Também é composto por três fases: Colecta de dados, Controlo e Análise e melhoria.

Figura G – Demonstração de um gráfico de controlo



Fonte: Lautenchleger et al. (2015)

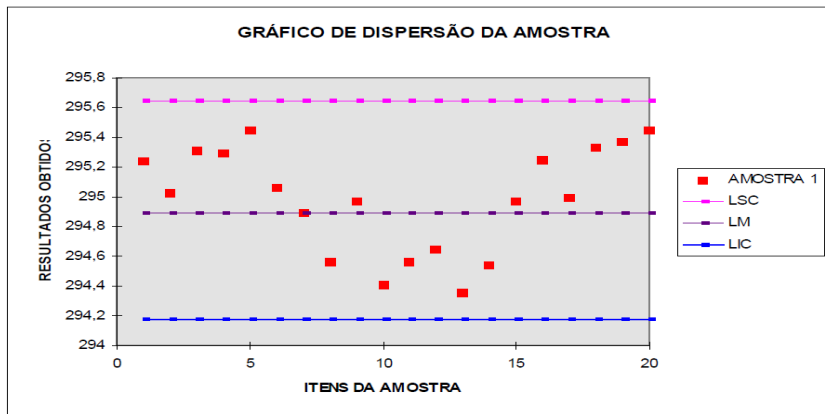
2.4.6. Folha de Verificação

São tabelas ou planilhas usadas para facilitar a coleta de dados num formato sistemático para compilação e análise. Seu uso permite poupar tempo, pois elimina o trabalho de se desenharem figuras ou escrever números repetitivos, evitando comprometer a análise dos dados. Serve para a observação de fenômenos, permitindo uma visualização da existência dos diversos factores envolvidos e seus padrões de comportamento (Valle, 2007 apud Coelho et al., 2016).

2.4.7. Diagrama de Dispersão

Segundo Coelho et al. (2016) quando se pretende averiguar a existência de correlação entre duas variáveis é comum fazer-se uso de uma representação gráfica denominada “diagrama de dispersão”, que são representações de duas ou mais variáveis organizadas em um gráfico, uma em função da outra. Quando uma variável tem o seu valor diminuído com o aumento da outra, diz-se que as mesmas são negativamente correlacionadas. Um possível especto de um diagrama de dispersão é apresentado na figura H.

Figura H – Demonstração de um diagrama de dispersão



Fonte: Lautenchleger et al. (2015)

2.4.8. Plano de Acção 5W2H

Pontes et al., 2005 (apud Pilz et at., 2011) definem a ferramenta 5W2H como sendo um documento que de forma organizada identifica as acções e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas acções que deverão ser implementadas. É

utilizada para identificar as acções e responsabilidades de cada integrante na execução das actividades e planear as diversas acções que serão desenvolvidas no decorrer do trabalho.

Para a elaboração do plano de acção através desta ferramenta, devem ser respondidas as perguntas a seguir relacionadas:

- *What?* – O que será feito? Qual a resposta da melhoria?
- *Why?* – Porquê será feito? (justificativa, motivos da acção);
- *Where* – onde será feito? (locais afectados pelas acções);
- *When* – quando será feito? (tempos, prazos e periodicidade das acções);
- *Who* – quem fará? (pessoa ou departamento responsável);
- *How* – como será feito? (método, descrição de como atingir os objectivos);
- *How Much* – quanto custará? (descrição dos custos que serão envolvidos na realização das acções).

Segundo Pilz et al. (2011), a utilização da ferramenta 5W2H é posterior a utilização de outras ferramentas como, por exemplo, o *brainstorming* e Diagrama de Ishikawa para identificar e relacionar as possíveis causas do problema e, a partir daí, iniciar o processo de elaboração de um plano de acções correctivas através de outra ferramenta de qualidade 5W2H.

Para Cunha (2010, p. 16) o *brainstorming* é uma das técnicas mais importantes no trabalho de equipa, permite gerar um elevado número de ideias num curto espaço de tempo. Como revela a sua tradução é uma “tempestade de ideias” que tem em vista estimular a criatividade do grupo e permitir a participação de todos, para isso, obedece a determinadas regras, nomeadamente:

- Devem ser geradas o número máximo de ideias possíveis;
- Durante o levantamento de ideias não há discussão nem crítica, pois isso poderia inibir a apresentação de outras ideias;
- Apenas uma ideia de cada vez (rotatividade);
- Devem ser registadas todas as ideias;
- Todos os membros do grupo participam;
- Manter o grupo empenhado.

De acordo com a citada autora, depois desta fase de levantamento, passa-se a discussão de ideias e ao seu agrupamento, conforme a sua natureza. As ideias redundantes são eliminadas, e as restantes ordenadas segundo a votação do grupo.

3. DIAGNÓSTICO DA SITUAÇÃO DOS LABORATÓRIOS DO DEMA

3.1. Criação e Missão dos Laboratórios

O Departamento de Engenharia Mecânica (DEMA) possui um total de 08 (oito) laboratórios, designadamente:

- i. Motores de combustão interna;
- ii. Máquinas e ferramentas/ oficinais gerais;
- iii. Termodinâmica;
- iv. Resistência dos materiais;
- v. Ensaio não destrutivo;
- vi. Mecânica dos fluidos e aerodinâmica;
- vii. Mecânica aplicada e;
- viii. Pré-fabricação

Resultados decorrentes da pesquisa local apontam que estes laboratórios encontram-se instalados e a funcionar no edifício do DEMA excepto o de mecânica dos fluidos cujo equipamento e instalações estão repartidos entre os edifícios da Geologia e da Engenharia Civil. No geral, parte dos seus equipamentos foi instalada em 1962, outra ao longo da década de 90, tendo por missão auxiliar o processo de formação fundamentalmente no curso de engenharia mecânica e, de forma parcial, em outros cursos ministrados na mesma faculdade.

Excepcionalmente, parte destes laboratórios têm vindo a prestar serviços a utentes particulares e instituições de ensino com destaque para o ISUTC cujos estudantes da Engenharia Mecânica têm realizado algumas aulas práticas nos laboratórios das máquinas e ferramentas, termodinâmica, resistência dos materiais e de motores de combustão interna.

3.2. Distribuição do Pessoal e Equipamentos por Laboratório

Do inventário realizado em Setembro de 2020, constatou-se que dos 130 equipamentos instalados em todos os recintos laboratoriais, 86 é que continuam a contribuir total ou parcialmente para o processo de formação académica e os restantes 44 correspondentes à 33,8% perderam na plenitude as suas qualidades operacionais. Para cobrir os 08 laboratórios em referência, o DEMA conta um total de 12 técnicos, dos quais, 11 com nível técnico médio, dos quais 01 em formação superior e

01 técnico superior em engenharia mecânica que também integra o corpo docente do departamento.

A tabela a seguir apresenta, por cada laboratório, o tipo de serviços prestados, o número de técnicos afectos, e o nível de disponibilidade dos equipamentos instalados.

Tabela 1: Distribuição de técnicos e equipamento por laboratório

N/O	Designação do Laboratório	Serviços prestados	Nº de Técnicos afectos	Qtd. equip. instalado	Qtd. equip. Avariado	Qtd. Equip. Operac.
01	Máquinas e Ferramentas	Serralharia, Fresagem, Torneamento, soldadura	07	55	15	40
02	Motores de Combustão interna	Investigação de motores de combustão interna	03	06	03	03
03	Resistência dos Materiais	Análise de tensões e deformações de provetes, ensaios de fluência sobre provetes, etc. (estudo de resistência dos materiais)	01	10	04	06
04	Ensaio não Destrutivo	Estudo da microestrutura dos materiais	01	08	01	07
05	Mecânica dos Fluidos e Aerodinâmica	Investigação e estudo das bombas hidráulicas, viscosidade e caudais dos fluidos.	01	08	04	04
06	Mecânica Aplicada	Estudo da mecânica dos sólidos, teoria de máquinas e mecanismos e dinâmica de sistemas.	01	15	00	15
07	Pré-fabricação	Fundição e estampagem	02	13	07	06
08	Termodinâmica	Calibração de sensores de temperatura, determinação de condutividade térmica dos materiais, estudo de sistemas de refrigeração e trocador de calor.	01	15	10	05
Total			13	130	44	86

Fonte: Adaptado pelo autor

Legenda:

Qtd. equip. instalado – Quantidade de equipamento instalado.

Qtd. equip. avariado – Quantidade de equipamento avariado.

Qtd. equip. operac. – Quantidade de equipamento operacional.

Notas explicativas:

- i. Devido a insuficiência de recursos humanos, os laboratórios de pré-fabricação, mecânica aplicada, resistência dos materiais e de ensaios não destrutivos funcionam sob intercâmbio de apenas 02 técnicas.
- ii. O laboratório de máquinas e ferramentas funciona sem técnicos para operar com as limadoras, retificadoras, tornos e fresas de comando programado instalados. Dos 07 técnicos afectos neste laboratório, 03 pertencem a secção de soldadura, 01 a serralharia, 02 a fresagem e 01 a torneamento.
- iii. Os laboratórios de termodinâmica e mecânica dos fluídos operam sob assistência de 01 técnico não formado na área, tendo passado por uma capacitação sobre a matéria.
- iv. Para reduzir o défice de pessoal técnico, a chefia dos laboratórios sugere a contratação de pelo menos mais 10 técnicos dos quais:
 - a) 03 Técnicos para a secção de usinagem;
 - b) 02 Para mecânica dos fluídos;
 - c) 02 Para pré-fabricação;
 - d) 01 Para o laboratório da termodinâmica;
 - e) 01 Para resistência dos materiais;
 - f) 01 Para mecânica aplicada.

3.3. Precisão dos Equipamentos em Operação

No tocante à precisão, apurou-se que dos 86 equipamentos em operação nos laboratórios em estudo, 18 é que ainda conservam a sua precisão nominal, obedecendo a seguinte distribuição:

- **Laboratório de mecânica aplicada:** 15 máquinas que correspondem a 100% da capacidade instalada. A principal razão para isso é que tais máquinas não estão em uso

desde que foram adquiridas em 2004 dada a falta de bancadas para a sua montagem. Só servem para aulas expositivas.

- **Laboratório de máquinas e ferramentas:** 03 máquinas de comando programado, nomeadamente 02 fresadoras e 01 torno correspondentes a 5% da capacidade instalada. A razão para esta condição prende-se com a falta de técnicos formados para operar com este tipo de equipamentos. Há mais de 20 anos que não são usadas por esse motivo.

A partir destes dados, calcula-se que da capacidade instalada em todos laboratórios, cerca de 21% das máquinas é que mantêm a sua precisão nominal e 79% perderam esta qualidade devido à antiguidade aliada à falta de manutenção regular.

Contudo, para alguns técnicos dos laboratórios a perda de precisão na maioria dos equipamentos instalados particularmente no laboratório de máquinas e ferramentas é considerada menos impactante ao processo de ensino-aprendizagem dado que, durante a realização dos trabalhos práticos, os estudantes não têm noção da qualidade das peças que produzem. As implicações são apenas notórias sob ponto de vista do destino a dar aos artigos produzidos pelos estudantes. Os técnicos reconhecem que as porcas e parafusos produzidos nos tornos e fresadoras instalados no laboratório de máquinas e ferramentas nem podem ser comercializadas no mercado informal porque estão fora dos parâmetros normativos.

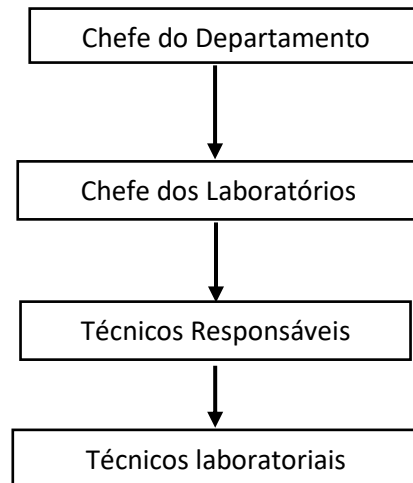
O entendimento dos técnicos dos laboratórios em estudo, tendente a dar pouca relevância à falta de precisão dos equipamentos no processo de formação académica, diverge com a posição dos teóricos Felippes et al. (2011) que defendem que os laboratórios universitários devem assegurar um alto grau de qualidade dos experimentos realizados e permitir que os alunos tenham acesso às metodologias de análise de resultados, ao mesmo tempo que se dedicam à prestação de serviços na área correspondente à sua actuação.

Ademais, no contexto das especificações dos equipamentos, Savino (2018) defende que o laboratório deve ter acesso aos equipamentos que são requeridos para a correcta realização das actividades de laboratório e que possam influenciar o resultado. Quando utilizados equipamentos que estejam fora de seu controle permanente, o laboratório deve assegurar que sejam atendidos os requisitos dos documentos destes equipamentos, facto que não é diligentemente observado nos laboratórios em estudo dada a indisponibilidade de manuais de apoio.

3.4. Organigrama de Gestão dos Laboratórios

A administração e gestão dos laboratórios do DEMA são feitas de acordo com a estrutura orgânica ilustrada na figura I.

Figura I: Organigrama do actual órgão de gestão dos laboratórios¹⁸



Fonte: Adaptado pelo autor

3.5. Atribuições dos Membros do Organigrama de Gestão do DEMA

No organigrama acima, cada órgão exerce certas funções no quadro gerencial, quer dos equipamentos e consumíveis quer no âmbito da garantia do cumprimento das actividades que cobrem a missão e atribuições dos laboratórios em estudo, conforme abaixo se descreve.

- a) **Chefe do departamento** – órgão máximo responsável por garantir as condições necessárias para o funcionamento dos laboratórios, autorizar a realização de actividades requeridas por utentes externos ao departamento, outorgar as requisições de equipamentos e consumíveis laboratoriais, conferir e encaminhar os relatórios semestrais e anuais sobre o funcionamento dos laboratórios emitidos pelo chefe dos laboratórios.
- b) **Chefe dos laboratórios** – tem por funções, zelar pela integridade dos equipamentos e funcionamento dos laboratórios, fazer o levantamento das necessidades de cada laboratórios e encaminhá-las às instâncias com poder de supri-las, tal é o caso da Unidade

¹⁸ Uma representação criada pelo autor

de Gestão Executiva das Aquisições (UGEA), zelar pela existência dos *stocks* de consumíveis no armazém, preparar as aulas laboratoriais e realizar a avaliação do desempenho dos técnicos.

c) **Técnicos responsáveis de cada um dos laboratórios** – Assegurar a organização e pleno funcionamento dos laboratórios, preparar e acompanhar a realização das aulas laboratoriais dos estudantes.

d) **Técnicos** – preparar e acompanhar a realização de aulas laboratoriais dos estudantes.

Notas explicativas:

- i. O Departamento não possui nenhum documento que descreve as referidas atribuições;
- ii. Como se depreende, formalmente, docentes e estudantes não tomam parte do processo de administração e gestão dos laboratórios em estudo.
- iii. No processo gerencial, não estão previstas actividades de inspecções internas e/ou externas periódicas para averiguar o nível de cumprimento eficaz e eficiente da missão e atribuições dos laboratórios. A direcção do departamento considera este processo impraticável em laboratórios virados ao processo de ensino.

Este entendimento contrapõe-se ao posicionamento de Felippes et al. (2011), segundo o qual a gerência executiva do laboratório deve realizar, periodicamente, a análise crítica de seu sistema de gestão da qualidade e das actividades de ensaio e/ou calibração, de modo a assegurar sua contínua adequação e eficácia, e introduzir mudanças ou melhorias quando necessárias.

Os teóricos ainda vão mais além ao propor o envolvimento de estudantes e estagiários em auditorias como uma excelente oportunidade de treinamento para o futuro profissional, aprofundando seu conhecimento sobre a norma e procedimentos do laboratório, bem como desenvolvendo suas habilidades na realização de auditorias.

3.6. Gestão de Manutenção dos Equipamentos

À semelhança do DEMA, o Departamento do Património da faculdade não possui plano devidamente estruturado que define as condições para garantir a manutenção dos equipamentos instalados nos laboratórios. Da pesquisa, foi apurado que a manutenção dos equipamentos

laboratoriais nunca foi programada e ocorre de forma correctiva mediante arranjos¹⁹ de iniciativa local, sendo por isso que certos equipamentos estão inoperacionais por falta de planos e/ou fundos para aquisição de peças e acessórios para os trabalhos de manutenção.

Este é tido como um dos factores que influi sobremaneira para a degradação acentuada dos equipamentos instalados.

Este cenário contrapõe-se ao posicionamento do Savino (2018), segundo o qual o laboratório deve ter um procedimento para manuseio, transporte, armazenamento, uso e manutenção planeada dos equipamentos, a fim de assegurar seu correcto funcionamento e para evitar contaminação ou deterioração.

3.7. Gestão de Aprovisionamento de Ferramentas e outros Consumíveis Laboratoriais

Algumas ferramentas fazem parte de consumíveis que demandam manutenção ou substituição periódica dependendo do tipo e sua utilização. Da investigação conduzida à volta desta matéria, observou-se que há exiguidade associada ao desgaste da maioria das ferramentas necessárias para operacionalizar outros equipamentos ou que, de forma independente, são necessárias para a realização das actividades, conforme provam os seguintes exemplos:

- Para se assegurar a realização de experiências nos laboratórios de motores de combustão interna, os estudantes são obrigados a trazer de casa as ferramentas necessárias. Na indisponibilidade destas, as aulas são meramente expositiva-explicativas;
- Na secção de fundição, aliado às constantes avarias do único forno eléctrico operacional, a falta de tenaz²⁰ põe em perigo a integridade física dos técnicos que, no lugar desta, recorrem à um material alternativo para realizar os trabalhos;
- O laboratório de termodinâmica possui défice de termómetros infravermelhos para fazer leituras de temperatura durante as experiências de transferência de calor. Nesses casos, o técnico recorre a meios alternativos que não asseguram os resultados fidedignos;

¹⁹ Os técnicos que trabalham com os equipamentos fazem o possível para restaurar as máquinas avariadas com vista a salvaguardar a continuidade das actividades.

²⁰ Uma ferramenta usada para introduzir e retirar do forno eléctrico o cadinho que contenha metal fundido ou peças quentes durante o tratamento térmico.

- A secção de serralharia do laboratório de Máquinas e Ferramentas necessita e utiliza ferramentas diversas, mas a sua substituição em caso de desgaste nem sempre é tempestivo, assistindo-se períodos em que os paquímetros, serrotes, limas entre outras ferramentas são utilizadas em aulas práticas fora dos parâmetros técnicos devido à demora por parte da UGEA em responder as requisições de novos equipamentos;
- Na secção de Soldadura, a máquina de soldar actualmente usada nas aulas práticas com os estudantes pertence ao Departamento de Química (DEQUI) porque as que pertencem ao DEMA não oferecem condições de segurança para o seu uso pelos estudantes. Outrossim, dentre vários tipos de soldaduras aprendidas durante as aulas teóricas, o laboratório realiza apenas a soldadura eléctrica a arco com eléctrodo revestido.

Em paralelo, o aprovisionamento deficitário de lingotes de aço ou alumínio, chapas e varões de aço, cantoneiras, eléctrodos, óleos lubrificantes, entre outros consumíveis fundamentais para a realização de aulas práticas é, também, descrito pelos técnicos como um dos factores que concorre sobremaneira para condicionar a qualidade dos serviços prestados. Certas aulas práticas decorrem em momentos em que o armazém não dispõe de *stock* destes consumíveis e, nesses casos, as actividades não são cabalmente realizadas ou se tornam meramente explicativas.

Segue abaixo a tabela 2 que descreve o tipo de ferramentas e de consumíveis necessários por cada um dos laboratórios.

Tabela 2 – Descrição de ferramentas e custo de aquisição por laboratório

Designação do Laboratório	Descrição das Ferramentas	Outros Consumíveis Usados
Máquinas e Ferramentas	Torneamento e Fresagem: Barras de ferro de corte, diversos tipos de fresas, paquímetros e micrómetros Serralharia e Soldadura: serrotes, limas, punções de bico, riscadores, martelos, engenhos de furar e torninhos.	Lingotes de aço ou alumínio, chapas e varões de aço, cantoneiras, elétrodos, óleos lubrificantes
Motores de Combustão Interna	Mala de diversas ferramentas da mecânica e outras ferramentas afins.	-----
Resistência dos Materiais	Máquina de tração de provetes, paquímetros, compassos diversos, escalas ou réguas graduadas, cronómetros, diversas chaves da mecânica, termómetros infravermelhos, voltímetro, pirômetros, leitores de dados de combustão, charpy ou máquinas de impacto ou de choque, micrómetros	Provetes, varões de aço, lingotes de alumínio/latão ou aço, óleos hidráulicos, petróleo de iluminação, gásóleo, gás propano ou butano
Mecânica dos Fluídos	-----	Óleos lubrificantes.
Pré-Fabricação e Fundição	Paquímetros, voltímetros, réguas ou escalas, punções, serrotes, compassos diversos, micrómetro, chaves de boca, tenazes, jogo de colheres para moldação, peneiros ou crivos de malha fina, soquetes, modelos, caixas de moldação	Lingotes de alumínio, betonite, óleo de castanha, área quárcica, pó de carvão,
Mecânica Aplicada	Diversas chaves allen ou sextavadas, chaves de boca, tesouras, paquímetros, extensómetros, chaves de fenda e estrela	Cartolinas A0, A4, diversos óleos de lubrificação
Termodinâmica	Diversos tipos de termómetros	-----
Ensaio não Destrutivo	Chaves de fenda e estrela, diversas chaves de caixa, tenazes para introduzir peças de prova nos ácidos	Líquidos penetrantes, Diversos pós magnéticos, lixas, ácido nítrico

Fonte: Adaptado pelo autor

Notas explicativas:

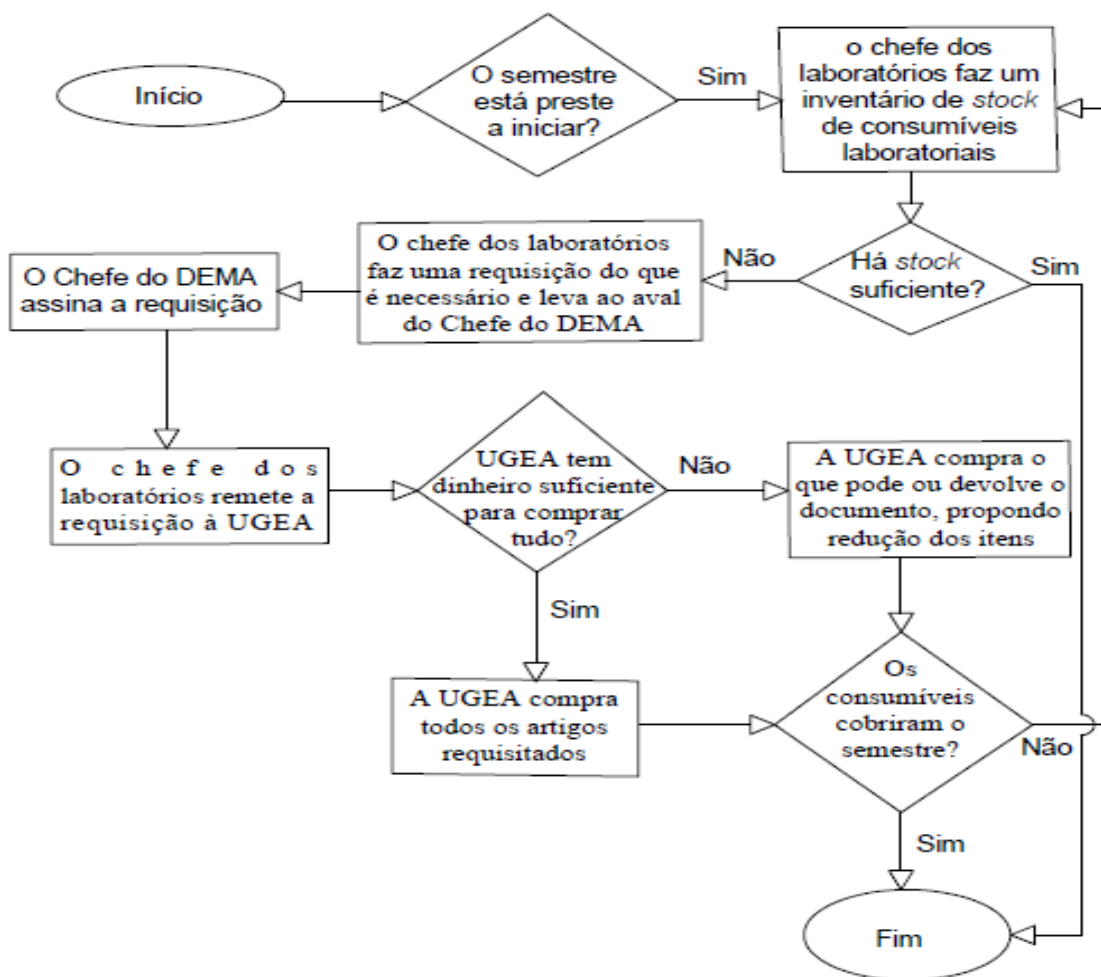
- Os laboratórios abrangidos pelo estudo não têm registos das ferramentas e outros consumíveis necessários para a realização das suas actividades. Por isso, houve dificuldades para o levantamento exaustivo das ferramentas, acessórios e outros consumíveis laboratoriais;

- Não foi possível encontrar na UGEA informações precisas sobre os custos envolvidos para cobrir a demanda dos consumíveis laboratoriais porque as aquisições são feitas em conjunto com as solicitações de outros departamentos.

3.8. Tramitação das requisições dos consumíveis

A tramitação das requisições de consumíveis está a cargo do chefe dos laboratórios, obedecendo-se, para o efeito, o seguinte fluxograma:

Figura J – Fluxograma de requisição de *stock* de consumíveis e ferramentas



Fonte: Elaborado pelo autor

Notas explicativas:

- Com base no fluxograma acima, depreende-se a falta de independência financeira dos gestores directos do DEMA para cobrir as despesas indispensáveis ao funcionamento dos seus laboratórios;
- O estudo apurou que, vezes sem conta, as requisições dos consumíveis não são satisfeitas tempestivamente. Nesses casos, as aulas práticas são remarcadas ou decorrem de forma expositiva;
- O procedimento é tido como burocrático. A chefia dos laboratórios não chega a conhecer os custos envolvidos na aquisição dos consumíveis que necessita.

3.9. Gestão da Prestação de Serviços

Sobre a gestão da prestação de serviços a terceiros, foi apurado o seguinte:

- a) A Faculdade de Engenharia não possui alvará que lhe habilite concorrer e executar obras públicas ou privadas em nome próprio;
- b) De forma excepcional, os laboratórios do DEMA têm vindo a prestar serviços de ensino e execução de encomendas de obras recebidas por intermediação de docentes, técnicos e outro pessoal interno e externo à faculdade;
- c) Em nome da Faculdade, a Unidade de Produção (UP) é que realiza a gestão dos ganhos decorrentes da prestação de serviços pelos laboratórios do DEMA. Fracciona a cota de incentivos aos técnicos envolvidos na execução dos trabalhos requisitados, a cota que se reverte à favor do departamento e a que se reverte em nome da faculdade;
- d) Nenhuma cota é directamente revertida para manutenção dos equipamento e/ou instalações dos laboratórios onde as obras são executadas;
- e) Em casos de necessidades, a direcção do departamento remete um pedido a UP para aceder ao valor respeitante à sua cota pelos serviços prestados nos seus laboratórios.

Uma forma de viabilizar ou capacitar e actualizar continuamente os laboratórios seria o estabelecimento de parcerias com a indústria, desenvolvendo pesquisas com interesse para esta. E como refere Savino (2018) os serviços para esses clientes seriam de calibração, amostragem, de ensaios, manutenção, instalações de equipamentos, ensaios de proficiência e serviços de avaliação e de auditoria. Em contrapartida, o sector industrial iria prover, a favor dos laboratórios em causa,

produtos que incluem padrões e equipamentos de medição, equipamentos auxiliares, materiais de consumo e outros de referência, incluindo ofertas de formações especializadas aos técnicos afectos a esses laboratórios.

Para Fellipes et al., 2011, o laboratório universitário deve observar um Sistema de Gestão da Qualidade baseado em normas internacionais e unificado para atender as três funções do laboratório, nomeadamente, pesquisa, ensino e extensão. Para lograr uma gestão qualitativa defendida por este autor, é recomendável o estabelecimento das referidas parcerias com a indústria.

Devido às limitações de recursos, não é viável que os laboratórios universitários disponham de padrões de referência e de trabalho diferentes daqueles utilizados para ensino, pesquisa e extensão. Assim, o Sistema de Gestão da Qualidade deve garantir a integridade dos padrões de referência e definir os procedimentos de manipulação dos padrões de trabalho para que eles possam ser usados em actividades de ensino, pesquisa e extensão, simultaneamente.

Entende-se, por isso, que as funções de pesquisa e extensão fazem parte das peculiaridades de laboratórios universitários, não podendo ser tratados de forma excepcional conforme ocorre no DEMA.

3.10. Condições para Autodidata nos Laboratórios

3.10.1. Placas e Vitrinas de Informações

Do estudo conduzido em todos os recintos laboratoriais observou-se a falta de placas e vitrinas que informem aos seus utentes sobre os requisitos para o acesso e condições de utilização dos equipamentos instalados. Ou seja, não existe, em locais acessíveis, informações sobre:

- O tipo de serviços prestados em um determinado laboratório;
- O tipo de EPI a usar para aceder ao recinto laboratorial;
- Descrição dos equipamentos instalados, suas funcionalidades bem ainda a sua actual condição operacional;
- Áreas que representem algum perigo ou riscos à saúde ou integridade física do utente; e
- Outras informações relevantes sob ponto de vista didático.

Em resultado da indisponibilidade de informações acessíveis sobre procedimentos para o uso dos equipamentos instalados nos laboratórios, os trabalhos dos estudantes decorrem em estrita dependência do acompanhamento directo dos técnicos do sector em cada passo da realização das suas actividades, o que pressupõe o desdobramento destes colaboradores²¹ no acompanhamento dos estudantes mesmo nos casos em que se mostrasse dispensável. No caso, os estudantes limitam-se a cumprir com as tarefas incumbidas pelo corpo docente e pouco se informam sobre o tipo de equipamento, suas funcionalidades e limitações, mecanismos de acionamento, entre outros aspectos de interesse didático.

3.10.2. Material de Apoio

À par da inexistência das placas e vitrinas de informações, destaca-se a exiguidade de manuais de apoio e orientação aos estudantes sobre o tipo de actividades, os procedimentos a observar para sua realização durante as aulas laboratoriais. O estudo concluiu que alguns laboratórios, tais como o de termodinâmica e de máquinas e ferramentas dispõem e colocam ao alcance dos estudantes este tipo de material didático. Outrossim, o manual de apoio em uso no laboratório das máquinas e ferramentas cuja última actualização ocorreu em 2005 é considerado antigo e desajustado ao contexto actual, carecendo de actualização na vertente dos seus conteúdos.

Quanto ao laboratório de termodinâmica, foi notado que existem manuais de utilizadores que descrevem o tipo e procedimentos de uso de alguns equipamentos instalados, porém, tais manuais encontram-se escritos na língua inglesa, e a maioria de estudantes não é fluente nesta língua.

Esta ordem de factos colide com o posicionamento de Felippes et al. (2011), os quais defendem que é deveras importante que o laboratório universitário documente suas políticas, sistemas, programas, procedimentos e instruções, na extensão necessária para assegurar a qualidade dos resultados de ensaios e/ou calibrações. Todos estes documentos podem ser objectos de estudo e pesquisa para alunos interessados na área, sendo que a organização dos arquivos pode ser realizada por estagiários. O manuseio, familiaridade e organização desta documentação são ricas fontes de aprendizado extra-classe e muito motivadora para os estudantes.

²¹ O efectivo de técnicos não cobre a demanda imposta pela natureza e volume das actividades realizadas.

Para um sistema de gestão de qualidade, Savino (2018) sugere uma estrutura de três níveis de documentação onde, no primeiro nível, destaca-se o “manual da qualidade” que visa estabelecer as políticas gerais do laboratório e referenciar procedimentos e outros documentos que formam o Sistema de Gestão. O segundo nível, tido como de “documentação”, refere-se aos procedimentos operacionais e aos métodos, os quais definem sistemas, provêm instruções e designam a responsabilidade pelas actividades compreendidas e, por fim, no terceiro nível encontram-se os planos, as instruções, os cronogramas e os programas das actividades que também integram a lista dos documentos da qualidade.

É recomendável a sistematização deste tipo de estrutura de documentação como parte dos requisitos de direcção no plano de gestão de qualidade dos laboratórios proposto por Olivares (2017)²².

3.11. Uso de EPI pelos Técnicos e Estudantes

Das pesquisas realizadas em torno das medidas de segurança para o acesso e uso de laboratórios foi verificado que, recorrentemente, os estudantes apresentam-se aos recintos laboratoriais vestidos de forma inadequada face ao recomendável, como por exemplo, trajados de peças de roupa confeccionada com tecidos de algodão, mechas ou cabelos cumpridos, unhas mal feitas, mesmo quando isso representa riscos de incêndios durante a execução de certas tarefas, como por exemplo, durante a soldadura com eléctrodo revestido. A razão para esta situação é descrita pelos técnicos e estudantes como a falta de informação que, também, devia estar versada nas placas e vitrinas de informações a fixar em cada um dos laboratórios.

Em contrapartida, foi verificado que os estudantes pertencentes às outras instituições de ensino tal é o caso dos de ISUTC têm-se apresentado aos mesmos laboratórios com traje adequado, desde o uso do próprio uniforme que inclui botas, capacetes e luvas, fruto de instruções recebidas no local de procedência.

A partir das entrevistas aos técnicos dos laboratórios apurou-se que o fornecimento do equipamento de protecção individual para este pessoal não é regular, sendo que, nos casos em que ocorre não satisfaz cabalmente às necessidades do sector, chegando-se ao extremo em que os

²² Vide tabela 1 sobre os requisitos de direcção e requisitos técnicos na gestão de qualidade dos laboratórios.

colaboradores apresentam-se aos seus postos de trabalho de roupa particular inclusive de chinelos mesmo reconhecendo-se os riscos que isso representa para sua integridade física por conta da natureza das suas actividades.

Eis, a seguir, a tabela 3 que ilustra a situação de cada laboratório no que tange ao tipo de EPI recomendável para cada um dos 08 laboratórios assim como o nível de disponibilidade dos manuais de apoio para os utentes.

Tabela 3 – EPI necessário e disponibilidade de manuais de apoio por laboratório

Designação do laboratório	EPI recomendável para os técnicos e estudantes	Disponibilidade de manuais de apoio
Máquinas e ferramentas	Roupa de operário, botas, capacetes, luvas de couro, óculos de protecção	Guia das oficinas gerais
Motores de combustão interna	Roupa de operário, botas, capacetes, luvas de couro, óculos de protecção	Nenhum
Resistência dos materiais	Roupa de operário, botas, capacetes, luvas de couro,	Nenhum
Mecânica dos fluídos	Roupa de operário, botas, capacetes, luvas	Nenhum
Pré-fabricação	Roupa de operário, botas, capacetes, luvas de couro, óculos de protecção	Guia das oficinas gerais
Mecânica aplicada	Roupa de operário, botas, capacetes, luvas de couro, óculos de protecção	Nenhum
Termodinâmica	Nenhum ²³	Fichas técnicas dos equipamentos
Ensaio não destrutivo	Roupa de operário, botas, capacetes, luvas de couro, óculos de protecção	Nenhum

Fonte: Adaptado pelo autor

3.12. Iluminação e Ventilação nos Laboratórios

As pesquisas conduzidas face às condições de iluminação e ventilação nos espaços laboratoriais levaram a concluir que, à par dos factores supracitados, a fraca ventilação e deficiente iluminação

²³ Segundo indicações da técnica responsável pelos laboratórios da termodinâmica e da mecânica dos fluidos, não há necessidade de EPI para aceder e operar nestes laboratórios.

em alguns laboratórios têm vindo a condicionar o exercício normal das actividades. Verificou-se que há falta de plano para manter estas condições permanentemente favoráveis mediante a substituição regular de lâmpadas fundidas, manutenção dos aparelhos de ar condicionado e extratores montados.

A tabela a seguir faz um sumário das condições de iluminação e ventilação instaladas e as actualmente disponíveis por laboratório.

Tabela 4 – Síntese das condições²⁴ de iluminação e ventilação nos laboratórios

N/O	Designação do laboratório	Candeeiros montados	Candeeiros operacionais	Aparelhos de AC montados	Aparelhos de AC operacionais	Extratores montados	Extratores operacionais	Ventiladores disponíveis
01	Máquinas e ferramentas	38	37	00	00	08	03	00
02	Motores de combustão interna	16	08	00	00	00	00	00
03	Resistência dos materiais	08	04	00	00	00	00	00
04	Mecânica dos fluídos	08	08	00	00	00	00	00
05	Pré-fabricação	18	10	00	00	00	00	00
06	Mecânica aplicada	08	08	02	01	00	00	00
07	Termodinâmica	16	16	05	02	00	00	00
08	Ensaio não destrutivos	12	12	02	01	00	00	00

Fonte: Adaptação do autor

Notas explicativas:

- O laboratório de Máquinas e Ferramentas é dos mais afectados pela fraca ventilação. No seu interior funcionam, simultaneamente, três secções porém, dos 08 extratores instalados, apenas 03 é que funcionam, facto agravado pela falta de ventiladores tipo ventoinhas para atenuar as altas temperaturas geradas nas secções de soldadura e de usinagem devido ao aquecimento das máquinas em funcionamento.
- Os 02 aparelhos de ar condicionados e 02 extratores antes montados no laboratório da resistência dos materiais foram todos removidos devido a avarias e no seu lugar, foram

²⁴ Estas condições foram observadas durante o período de estudo (Outubro a Dezembro de 2020)

montadas chapas vedantes, culminando com aumento de níveis de temperatura durante a operação das máquinas.

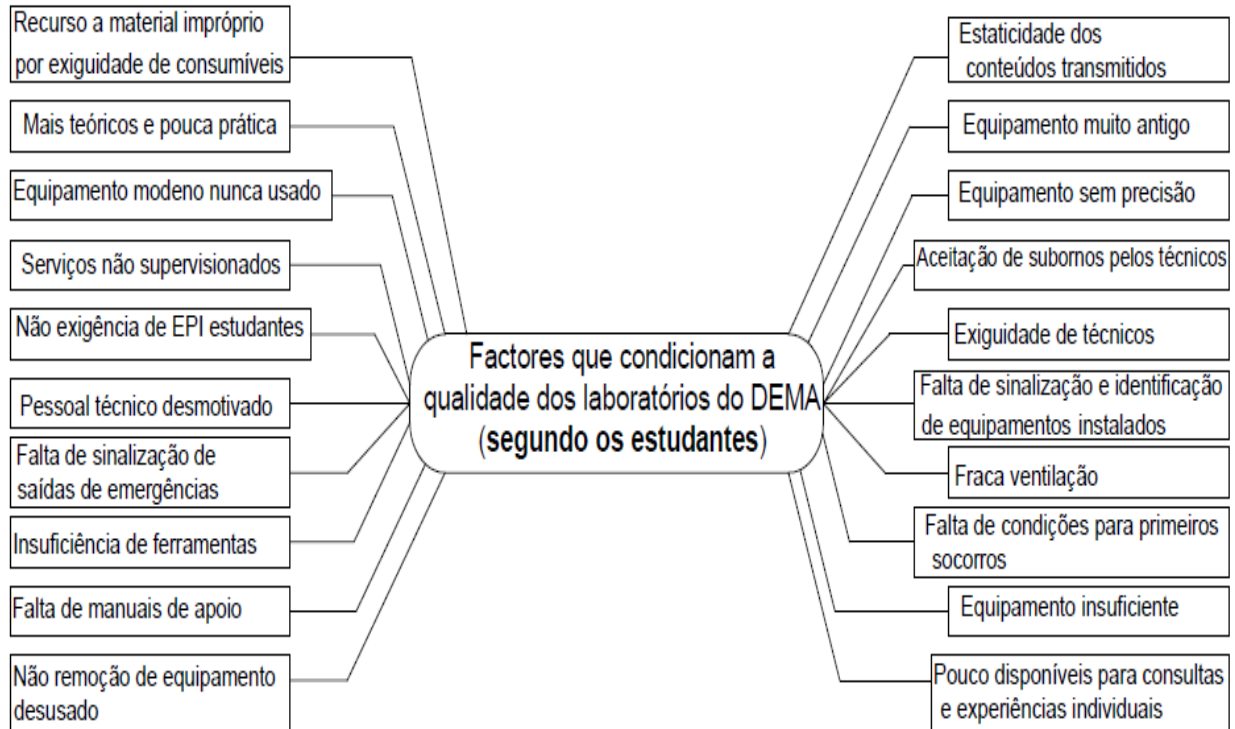
- O recinto onde funciona o laboratório da mecânica dos fluídos não possui nenhum aparelho nem de ventilação nem de extração de gases para o exterior.
- No geral, os laboratórios em estudo não possuem ventoinhas para refrescar os ambientes de trabalho.
- Da tabela acima, depreende-se que os laboratórios de Resistência dos Materiais e de Motores de Combustão Interna funcionam actualmente com cerca de 50% da capacidade de iluminação instalada. Nalguns casos, os próprios candeeiros é que estão avariados, noutros, o problema está relacionado com os sistemas de alimentação da corrente eléctrica e/ou com as lâmpadas que se encontram fundidas.

3.13. Síntese dos factores que condicionam a qualidade dos laboratórios

3.13.1. Da técnica de *brainstorming*

Através da técnica de *Brainstorming* dirigido aos estudantes semifinalistas e finalistas dos cursos de Engenharia Mecânica e de Engenharia e Gestão Industrial, com recurso à plataforma digital e social *Watsapp*, fez-se o levantamento dos factores que condicionam a qualidade dos laboratórios do DEMA conforme ilustrado na figura K.

Figura K – Resultados do *brainstorming* aplicado aos estudantes semifinalistas e finalistas



Fonte: Construído pelo autor

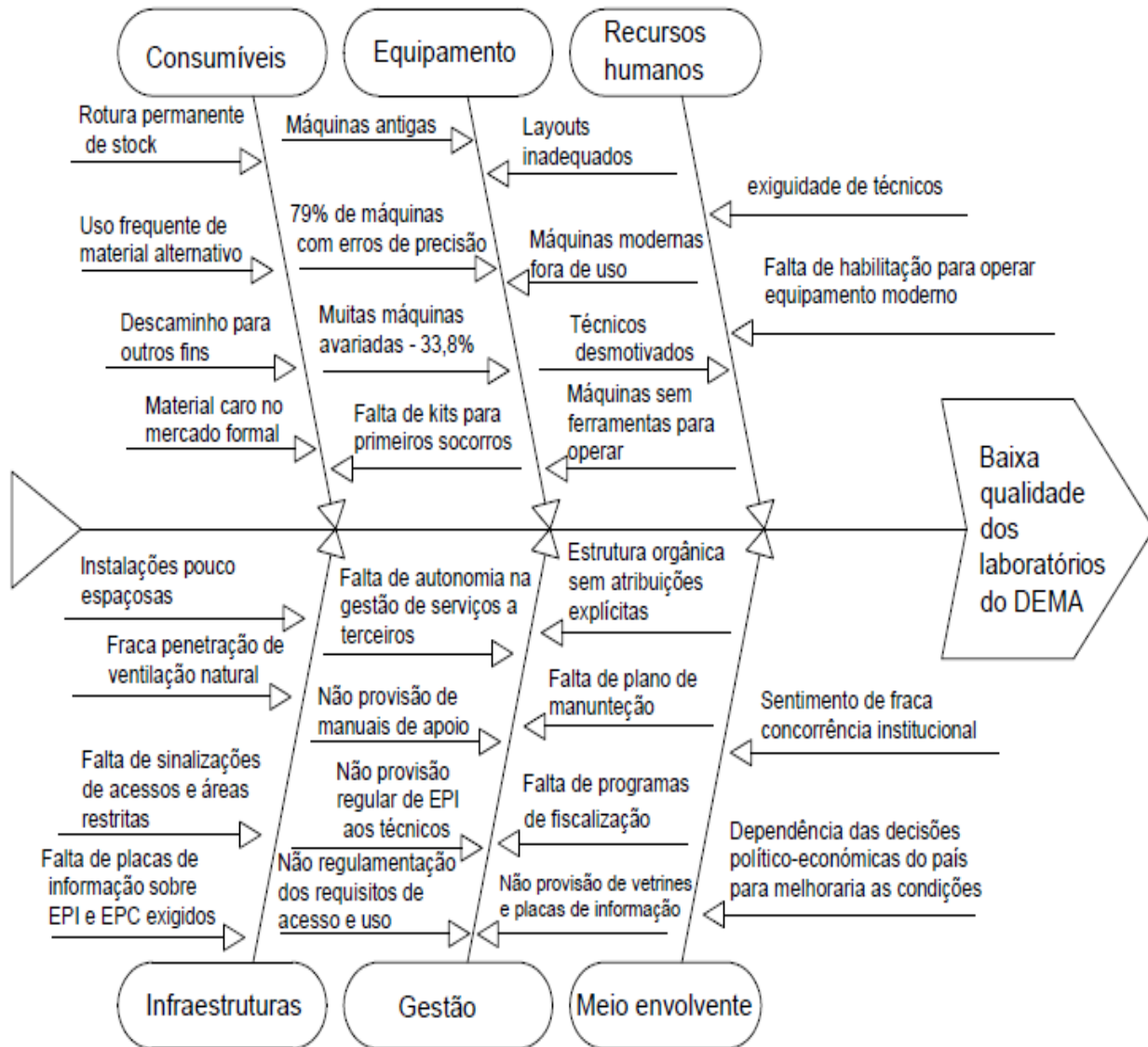
Como se depreende a partir do diagrama de *brainstorming* acima apresentado, os factores que condicionam a qualidade dos laboratórios em estudo arrolados pelos estudantes são passíveis de resolução mediante a implementação de um sistema de gestão da qualidade aplicável em laboratórios universitários cuja missão estende-se para além dos limites de formação académica, apostando inclusivamente em missões de pesquisas científicas e prestação de serviços aos clientes externos em favor da contínua provisão de recursos indispensáveis para o seu funcionamento qualitativo.

3.13.2. Do Diagrama do Ishikawa ou espinha de peixe

Com base no diagrama de Ishikawa ou espinha de peixe ilustrado pela figura 9, o estudo apresenta de forma sumariada os principais factores que, concomitantemente, impactam negativamente a

qualidade dos laboratórios e, conseqüentemente, os serviços que são prestados no contexto acadêmico.

Figura L – Diagrama do Ishikawa: Síntese dos factores que condicionam a qualidade dos laboratórios do DEMA.



Fonte: Construído pelo autor

Dos factores descritos como condicionantes à qualidade dos laboratórios em estudo, o factor gestão demonstrou ter maior impacto por envolver, directa e indirectamente, os restantes factores.

4. PROPOSTA DE UM MODELO DE GESTÃO E OPTIMIZAÇÃO DOS LABORATÓRIOS

Face ao diagnóstico acima apresentado, o estudo propõe um novo modelo de gestão dos laboratórios em estudo capaz de assegurar os requisitos da qualidade exigidos para laboratórios universitários que primam pela optimização dos seus serviços no cumprimento das missões de ensino, pesquisa e extensão com liberdade e excelência académica. Tal sistema comportará os seguintes aspectos:

- Reformulação do pessoal, propondo-se uma nova estrutura orgânica de gestão dos laboratórios, com funções especificamente definidas;
- Restruturação das condições físicas do laboratório de Máquinas e Ferramentas na perspectiva de reequipá-lo com equipamentos modernos e usuais em laboratórios universitários;
- Proposta de como melhorar a forma de utilização e controlo dos equipamentos laboratorias;
- Novo *layout* para o laboratório de Máquinas e Ferramentas;
- Apresentação dos requisitos de direcção e requisitos técnicos para a manutenção da qualidade dos serviços prestados.

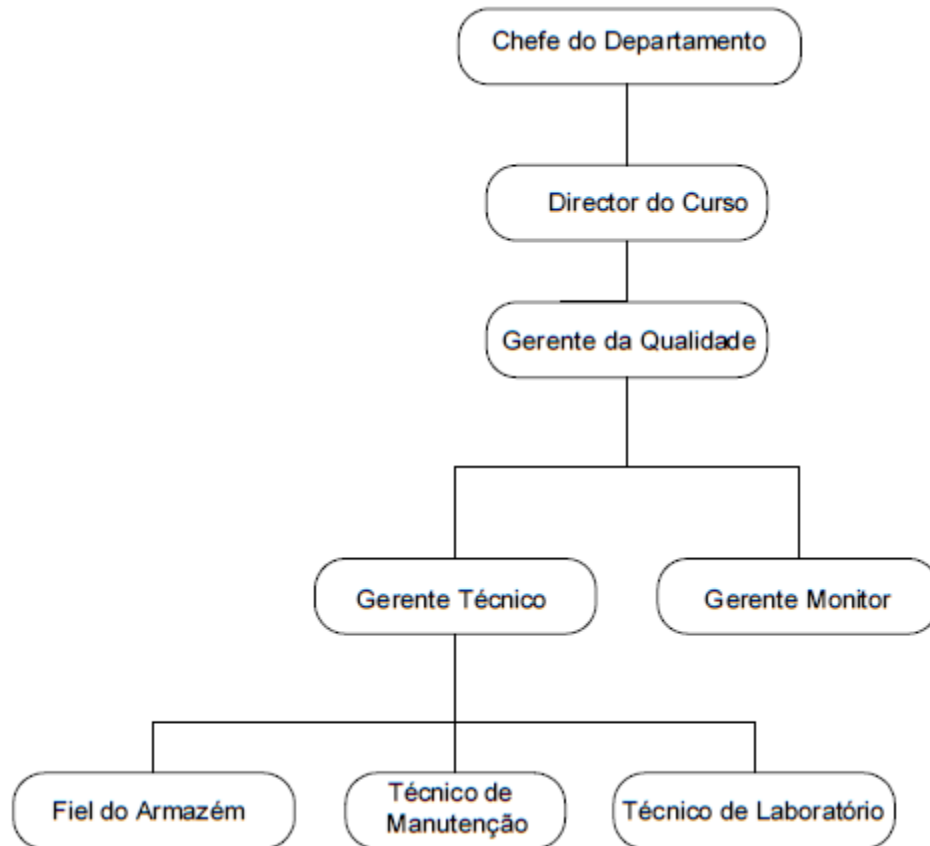
4.1. Sobre o Pessoal

4.1.1 Nova Estrutura Orgânica de Gestão do DEMA

Quanto ao pessoal, propõe-se uma reestruturação do organigrama do órgão de gestão do DEMA, com particular enfoque para a gestão dos seus laboratórios, instituindo-se, para o efeito, as figuras de Gerente da Qualidade, Gerente Técnico, Gerente Monitor, Fiel do armazém, Técnico de Manutenção e Técnico de laboratório.

A nova estrutura orgânica estará vinculada às ideias do Felippes et al., (2011), segundo as quais, as funções de gestão de laboratórios universitários deverão ser exercidas por professores do quadro permanente por confiar estabilidade e continuidade às actividades e políticas do laboratório para além de estudantes, bolsistas de iniciação científica, pesquisadores e estagiários que também podem actuar em funções de apoio a este pessoal-chave. Vide a figura M.

Figura M – Proposta de nova estrutura orgânica de gestão do DEMA



Fonte: Elaborado pelo autor

4.1.1.1. Funções dos Membros do Órgão de Gestão do DEMA

A operacionalização da referida estrutura orgânica de gestão do DEMA, particularmente dos seus laboratórios, é apresentada de acordo com o “Plano de Acção 5W2H”, o qual é definido pelo Vergara, 2006 (apud dos Santos et al., 2013) como uma ferramenta de cunho basicamente gerencial que busca o fácil entendimento através de definição de responsabilidade, métodos, prazos, objectivos e recursos associados, sendo utilizado principalmente no mapeamento e padronização de processos, na elaboração de planos de acção e no estabelecimento de procedimentos associados e indicadores.

É seguidamente apresentado, de forma descritiva, o plano de acção 5W2H no qual são respondidas as seguintes questões: *quem, o quê, como, quando, onde e por quê*.

I. Chefe do Departamento

Com a categoria de Professor/Assistente universitário, o Chefe do Departamento exerce tarefas de âmbito administrativo e de carácter permanente para o funcionamento integral do DEMA em conformidade com as condições previstas nos Qualificadores Profissionais de Carreira, Categorias e Funções de Direcção, Chefia e Confiança em vigor no aparelho do Estado e na legislação específica do ensino superior.

II. Director do Curso

Integrando a categoria de Professor/Assistente universitário, o Director do Curso exerce tarefas de natureza técnico-administrativas de ensino e aprendizagem, assegurando a conjugação das componentes teóricas e práticas da grelha curricular de cada curso. Trata-se de tarefas de carácter permanente previstas nos Qualificadores Profissionais de Carreira, Categorias e Funções de Direcção, Chefia e Confiança em vigor no aparelho do Estado e na legislação específica do ensino superior.

III. Gerente da Qualidade

Deve ter a categoria de Professor/Assistente universitário para assegurar, de forma permanente, a criação, manutenção e observância dos requisitos de qualidade laboratorial exigidos para as áreas de ensino, pesquisa e extensão. No mesmo âmbito, o Gerente da Qualidade irá promover a celebração de memorandos com as diversas entidades interessadas em fazer investimentos para a melhoria da qualidade dos serviços laboratoriais e, na mesma perspectiva, criar programas de incentivo²⁵ à realização de pesquisas científicas pelos estudantes e outros interessados em propor medidas de melhorias destes serviços.

IV. Gerente Técnico

Com categoria de Assistente universitário, as atribuições do Gerente Técnico resumir-se-ão na gestão das condições técnicas favoráveis ao cumprimento eficaz e eficiente da missão dos

²⁵ O corpo técnico deve ser estimulado a escrever artigos e a publicá-los em eventos nacionais e internacionais ou revistas científicas, pois esta é uma forma de adquirir novos conhecimentos e adequá-los às necessidades do laboratório, contribuindo com a instituição como um todo (Fellipes et al., 2011).

laboratórios do DEMA nas áreas de ensino, pesquisa e extensão. Assegurar a observância do rigor técnico na prestação de serviços laboratoriais a partir dos recursos humanos e materiais alocados para o efeito. Responsável pelos requisitos técnicos²⁶ propostos no sub-capítulo 4.3.

V. Fiel do Armazém dos Laboratórios

O Fiel do Armazém dos Laboratórios deverá ter a categoria de técnico profissional com capacidade/experiência em gestão de *stocks* para gerir a disponibilidade dos consumíveis necessários para a realização dos experimentos laboratoriais pelos estudantes bem como para a prestação de serviços de extensão à terceiros, devendo, para tal, coordenar com a UGEA da faculdade.

VI. Gerente Monitor

Estudante semi/finalista, o Gerente Monitor será o elemento agregador da teoria e prática laboratoriais, documentando os procedimentos e dar o seu contributo na gestão da disponibilidade de condições indispensáveis à realização de trabalhos de pesquisa pelos estudantes e outros interessados. Auxiliar na elaboração dos relatórios dos trabalhos de ensino, pesquisa e extensão. Operar nas mesmas condições em que são contratados e trabalham os monitores em disciplinas de carácter teórico a nível da faculdade.

VII. Técnico de Manutenção

Técnico profissional formado em manutenção industrial ou em áreas afins, o Técnico de Manutenção vai dirigir todas acções da manutenção dos equipamentos laboratoriais em coordenação com a UGEA e o Departamento do Património da faculdade. Deverá operar de forma permanente dentro das mesmas condições previstas para a contratação de técnicos profissionais em instituições de ensino superior, incluindo os devidos abonos.

²⁶ **Requisitos Técnicos:** pessoal, métodos de ensaio e calibração, equipamentos, manuseio dos itens de ensaio e calibração, garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração, apresentação de resultados.

VIII. Técnico Laboratorial

Técnico profissional com formação na área específica para orientar e acompanhar a realização das actividades práticas nos laboratórios, desde a componente de ensino até aos serviços de extensão. O Técnico de Laboratório operará de forma permanente dentro das práticas normais de ensino, pesquisa e extensão, devendo-se implementar melhorias nas suas condições de trabalho.

Notas explicativas:

- No atinente ao perfil dos gestores dos laboratórios, Savino (2018) propõe que este pessoal deve ser capaz de agir com imparcialidade, ser competente e trabalhar de acordo com o sistema de gestão do laboratório. O laboratório deve documentar os requisitos de competência para cada função, incluindo os requisitos de formação, qualificação, treinamento, conhecimento técnico, habilidades e experiência.
- A resposta à questão relativa aos custos a serem envolvidos para a materialização do plano de acção acima proposto deverá ser objecto de um estudo autónomo à luz das políticas de gestão dos órgãos de direcção e chefia em instituições públicas e de ensino superior, em particular.
- As acções previstas no presente plano deverão ser realizadas no Departamento do Engenharia Mecânica, ponderando-se a necessidade de estudos da sua viabilidade para uma adequada implementação.

4.2. Condições Físicas para Optimização dos Laboratórios

Os laboratórios universitários devem possuir equipamentos de medição e padrões que assegurem resultados, com suas respectivas incertezas compactáveis com as normas e necessidades de ensino, pesquisa e extensão (GOMES et al., 2000 apud Felippes et al., 2011). Para o efeito, o projecto de reestruturação do laboratório de Máquinas e Ferramentas tomará em consideração o espaço físico disponível calculado é $282,5 m^2$. Ainda considera-se a alocação do equipamento proposto para a secção de usinagem CNC na sala contígua ao laboratório de ensaios não destrutivos.

4.2.1. Razões para a Escolha do Laboratório de Máquinas e Ferramentas

- Trata-se do laboratório mais extenso do DEMA, comportando as secções de serralharia, soldadura, torneamento e fresagem. Por conseguinte, suas funções tornam este laboratório o mais destacado entre os restantes;
- Alberga maior parte²⁷ do equipamento instalado em todos laboratórios;
- Uma das suas principais atribuições é ministrar aulas práticas da disciplina de oficinas gerais não apenas aos estudantes do DEMA, como também de outros departamentos da faculdade, o que pressupõe maior sobrecarga comparativamente aos restantes laboratórios.
- Depara-se com problemas de inadequado *layout* dos equipamentos instalados e possui muito equipamento desusado que permanece no interior, condicionando a mobilidade e segurança dos utentes;
- A reestruturação dos seus equipamentos e do respectivo *layout* aliada ao aprimoramento do processo de gestão mostram-se urgentes dadas as razões supracitadas.

4.2.2. Relação dos Novos Equipamentos Propostos

As tabelas seguintes apresentam a descrição, por secção, dos novos equipamentos²⁸, incluindo *software* necessário para a optimização do laboratório de Máquinas e Ferramentas, a respectiva quantidade e os preços pesquisados via *websites* nos mercados europeus, particularmente em Portugal²⁹ e no mercado Brasileiro.

²⁷ Cerca de 42% dos equipamentos instalados em todos laboratórios, incluindo os que se encontram inoperacionais devido a avarias.

²⁸ Parte destes equipamentos foi obtida no *link* seguinte, tendo sido readaptados para as actuais necessidades do DEMA. <https://www.unifor.br/documents/392160/418886/laboratorioengmecanica.pdf/e489260a-0395-ca8e-f4dc-d7c1a36c9549> (acessado no dia 17/12/2020).

²⁹ Em Portugal, os preços dos equipamentos foram apresentados em euros (€) e, no Brasil, em Reais (R\$) tendo-se subsequenteemente realizado os respectivos câmbios com a moeda nacional (MZN). Câmbio do dia 16/02/2021.

Tabela 5 – Relação de equipamento proposto para a secção de usinagem CNC

Secção de Usinagem CNC				
N/O	Descrição do equipamento/Software	Quantidade	Preço p/unit (Mts)	Preço total (Mts)
01	Torno de Usinagem Comando Numérico Computarizado – CNC FANUC – ROMI D800	2	4.059.980,01	8.119.960,02
02	Fresadora CNC Universal XK6150HS	2	3.709.981,73	7.419.963,46
03	Licenças “Software” Mechanical Desk Top 2.0	2	142102,99	284.205,98
04	Licença “Software” AutoCAD 2017	2	126931,58	12.6931,58
05	Computador complete	2	34.874,60	69.749,20
Total		10	-----	16.147.741,82

Fonte: Adaptado pelo autor

Vantagens do Equipamento CNC

a) Setup da máquina de usinagem mais rápido e produtivo

A agilidade na preparação do equipamento torna o processo mais fácil, aumentando a produção e reduzindo tempo de máquina parada. Além da produtividade superior em relação ao equipamento mecânico. Ademais, estes equipamentos são mais flexíveis e confortáveis para o operador em relação aos equipamentos mecânicos.

b) Possibilidade de trabalhar em diferentes projectos

Os equipamentos CNC são facilmente adaptados para os mais diversos projectos que a universidade/indústria necessite devido aos parâmetros de corte otimizados e produtividade característica.

c) Fácil e rápida alteração do programa CNC

O operador pode corrigir as medidas durante o processo. Essa facilidade possibilita uma resposta rápida e melhora o processo produtivo de torneamento.

d) Produtividade

Devido à superioridade electrónica e mecânica das máquinas CNC, a produtividade é evidente. Este ganho decorre das altas rotações do fuso principal e altas velocidades de avanço além da aplicação de ferramentas de corte de alto rendimento.

e) Pouca necessidade de manutenção mecânica

No caso de tornos CNC, os acionamentos são feitos através de *spindle-motor* e servomotores de alto rendimento, por isso, fica dispensado o uso de caixas de câmbio, trens de engrenagens e embreagens.

Tabela 6 – Relação de equipamento proposto para a secção de usinagem convencional

Secção de Usinagem Convencional				
N/O	Descrição do equipamento	Quantidade	Preço p/unit. (Mts)	Preço total (Mts)
01	Serra Fita (01), marca FRANHO	2	248.183,68	49.6367,36
02	Prensa hidráulica marca SIWA – 15ton	1	16.788,27	16.788,27
03	Guilhotina automática, marca IBERSOL	1	41.941,22	41.941,22
04	Torno de bancada profissional MR-334 MANROD	4	192.434,56	769.738,24
05	Fresadora universal marca ROMI	3	978.954,88	2.936.864,64
06	Furadeira de bancada	3	243.352,82	730.058,46
07	Moto esmeril, marca JOWA – mod. TB	2	3.022,05	6.044,1
08	Lixadeira horizontal, marca ACERBI – mod. LX2	1	2.882,55	2.882,55
09	Máquina de polimento para metais 72730	1	909.986,03	909.986,03
10	Dobradeira de chapa, marca IMAG	2	187.743,25	375.486,5
11	Calandra eléctrica de tubos e perfis	1	77609,17	77.609,17
12	Guincho Hidráulico, capac. 1000Kg, Ref.: RIBEIRO-RG0003	1	33.599,18	33.599,18
13	Esmeriladeira Skil Angular 4” Profissional	2	3.722,80	7.445,6
14	Tesoura mecânica T7A IBERSOL	1	55.691,00	55.691,00
Total		25	-----	6,460,502.32

Fonte: Adaptado pelo autor

Tabela 7 – Relação de equipamento proposto para a secção de soldadura

Secção de Soldadura				
N/O	Descrição do equipamento	Qtd.	Preço p/unit. (Mts)	Preço total (Mts)
01	Transformador Rectificador para Soldas MIG e MAG, marca BAM-BOZZI, MOD. TRR 3100	1	217.151,72	217.151,72
02	Transformador Rectificador para Soldas TIG e Eléctrodo Revestido, marca SOLTRONIC, mod. TC 250 A	1	168.002,22	168.002,22
03	Cabeçote de Alimentação para Soldagem Arame Tubular, marca LINCOLN ELETRIC, mod. LN 25	1	110.461,46	110.461,46
04	Máquina de Solda Inversora com Tocha TIG, marca LINCOLN ELETRIC, mod. INVERTEC V250S	2	223.960,50	447.921,00
05	Conjunto de Solda e Corte com 3 Bicos de Corte, 6 Dispositivos de Solda, Guia de Corte Recto, Guia de Corte Curvo e acessórios	2	44.797,51	89.595,02
06	Pistola com Bico INVERSHIELA para Soldagem Arame Tubular	1	27.998,44	27.998,44
07	Máscara de Solda Automática	10	1.330,00	13.300,00
08	Máquina de Solda Mig Mag, marca Esab Smash Weld 252	1	125.986,06	125.986,06
09	Bancadas para Solda	5	58561,33	292.806,65
10	Máquina de Solda de eléctrodo	2	29.958,86	59.917,72
11	Pistola Mig Mag Reseva	1	2.729,89	2.729,89
12	Conjuntos de solda oxiacetileno	2	16.797,37	33.594,74
Total		29	-----	1.589.464,92

Fonte: Adaptado pelo autor

Principais diferenças entre a soldadura MIG/MAG x TIG

A soldagem MIG/MAG e TIG são realizadas por arco eléctrico, porém, a MIG/MAG executa o processo com gás de protecção que vai entre a peça e o consumível, em formato de arame, que é entregue por um alimentador contínuo que é responsável pela união de materiais metálicos através do aquecimento e da fusão. Por sua vez, a soldagem TIG é feita entre um eléctrodo de tungstênio não consumível e a poça de fusão com protecção gasosa, onde é possível fazer o acréscimo de metais de adição.

I. Total dos Equipamentos e Software

Número total dos equipamentos (NTE):

NTE = Número de equipamentos para o centro de usinagem CNC + Número de equipamentos para a secção de usinagem convencional + Número de equipamento para a secção de soldadura

$$NTE = 6 + 25 + 29 = 60 \text{ equipamentos} + 4 \text{ software} = 64.$$

II. Custos Envolvidos

Custo do software (CS):

CS = Licenças “Software” Mechanical Desk Top 2.0 + Licença “Software” AutoCAD 2017

CS = 284.205,98 + 12.6931,58 = 538.069,14 Mts (quinhentos e trinta e oito mil sessenta e nove meticais e catorze centavos).

Custo de aquisição dos equipamentos (CAE):

CAE = custo dos equipamentos para o centro de usinagem CNC + custo dos equipamentos para a secção de usinagem convencional + custo dos equipamentos para a secção de soldadura

$$CAE = 16.147.741,82 + 6.460.502,32 + 1.589.464,92$$

CAE = 24.197.709,06 Mts (vinte e quatro milhões cento e noventa e sete mil setecentos e nove meticais e seis centavos)

Custo total (CT):

CT = CS + CAE = 538.069,14 + 24.197.709,06 = **24.735.778,20 Mts** (vinte e quatro milhões e cento e noventa e sete mil e setecentos e nove meticais e vinte centavos)

Notas explicativas:

- O valor calculado corresponde apenas aos custos de compra dos equipamentos arrolados nos referidos mercados e não envolve os equivalentes custos de transporte e das taxas aduaneiras;

- Os referidos custos do Software para o centro de usinagem CNC são de instalação, carecendo de renovação anual das respectivas licenças.
- A secção de serralharia é maioritariamente constituído por ferramentas e partilha parte das máquinas com as secções de soldadura e usinagem.

4.2.3. Controlo dos Equipamentos Propostos

O controlo dos equipamentos propostos figura-se como um processo indispensável para a garantia da manutenção da qualidade dos serviços a serem prestados pelo laboratório reestruturado bem como da sua longevidade. Para esse fim, deve-se garantir:

- i. A estrita observância dos requisitos previstos nas especificações técnicas dos novos equipamentos durante o uso e manutenção;
- ii. Criação e cumprimento de um plano que arrole os procedimentos para manuseio, transporte, armazenamento, uso e manutenção planeada dos equipamentos a fim de assegurar seu correcto funcionamento e evitar contaminação ou deterioração;
- iii. Os equipamentos utilizados para medição devem ser capazes de alcançar a exactidão de medição e/ou a incerteza de medição requeridas para fornecer um resultado válido. Daí que, quando utilizados equipamentos que estejam fora de seu controlo permanente, o laboratório deve assegurar que sejam atendidos os requisitos dos documentos destes equipamentos no que tange ao cálculo das imprecisões e/ou incertezas de medição de modo a assegurar-se resultados válidos.

4.2.4. Novo Layout para o Laboratório de Máquinas e Ferramentas

O novo projecto de *layout*³⁰ é baseado na necessidade de reduzir o tempo despendido, particularmente pelos estudantes, durante a realização dos trabalhos práticos, pelas seguintes razões:

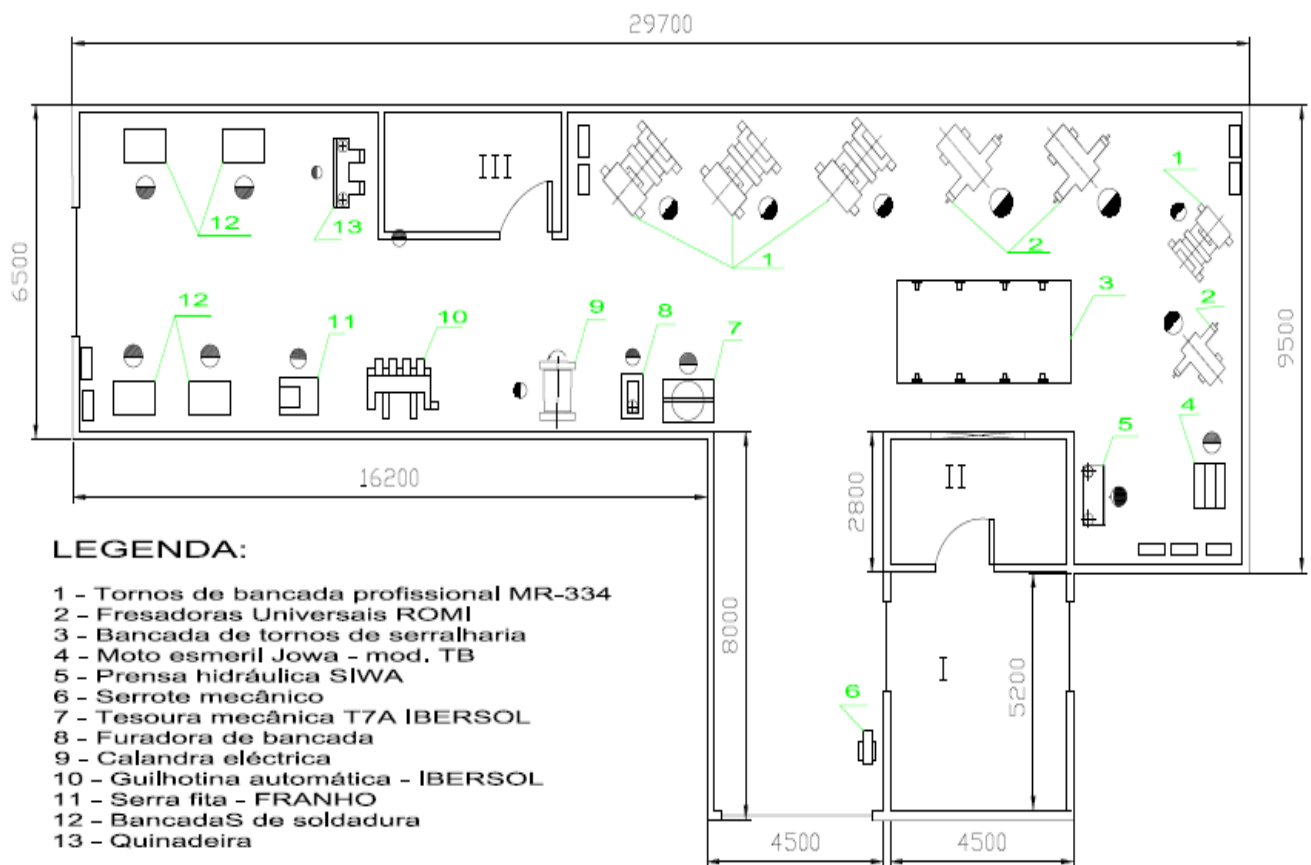
- Disposição distanciada de alguns tornos e fresadoras umas das outras;
- Intercalação de equipamento com funções diferentes;

³⁰ Vide o anexo em formato A1

- Circulação condicionada devido à permanência de equipamentos e cacifos estragados e desusados;
- Falta de nítida separação das secções de soldadura, fundição e serralharia sob ponto de vista de colocação de equipamentos e gestão do espaço disponível.

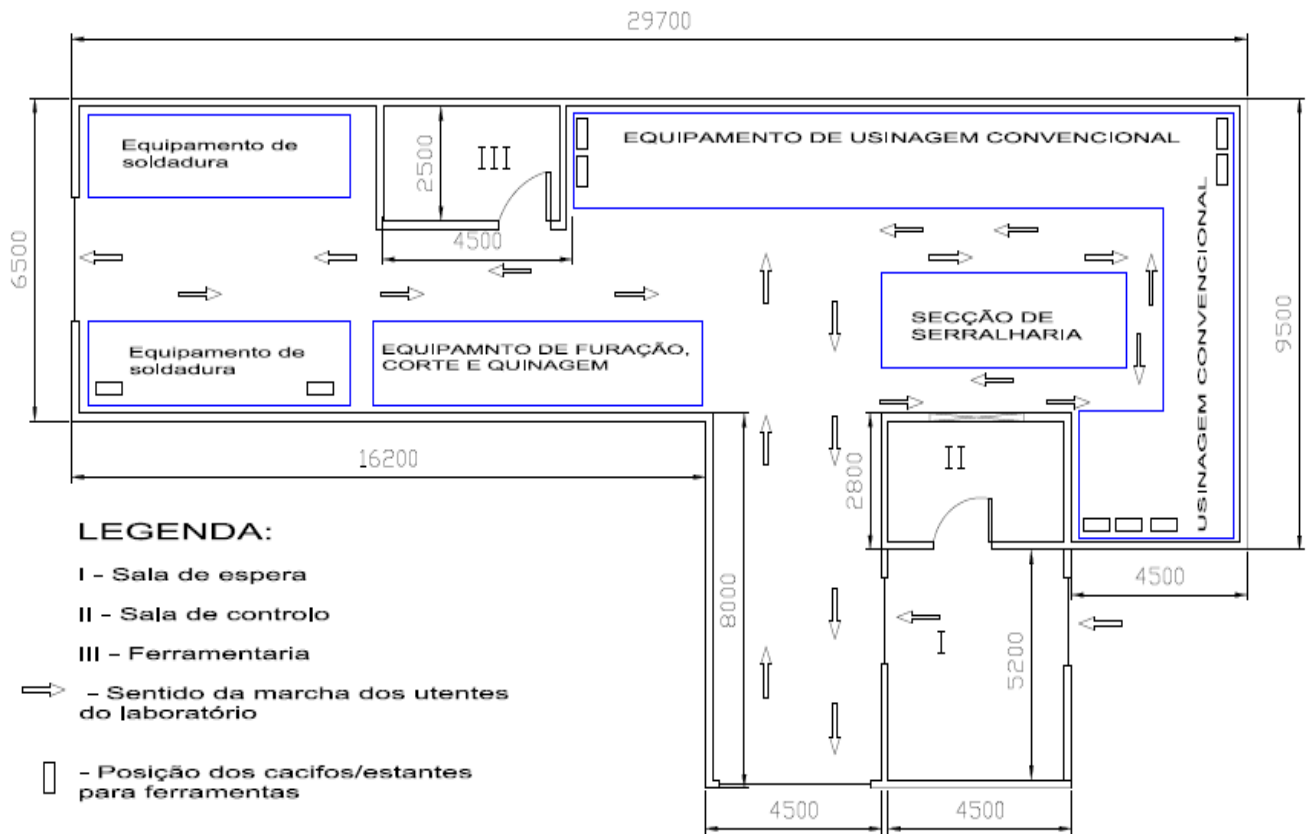
A figura N ilustra o novo Layout dos equipamentos seleccionados para o espaço disponível para o laboratório de máquinas e ferramentas.

Figura N: *Layout* do equipamento do Laboratório de Máquinas e Ferramentas



Fonte: Desenhado pelo autor

Figura O : Planta de Circulação e Secções do Laboratório de Maquinas e Ferramentas



Fonte: Desenhado pelo autor

4.3. Requisitos de Direcção e Requisitos Técnicos para Gestão de Qualidade dos Laboratórios do DEMA

Durante o exercício das suas atribuições, os membros da nova estrutura orgânica de gestão do DEMA deverão considerar a observância dos requisitos de direcção e requisitos técnicos com vista a assegurar-se a qualidade dos serviços laboratoriais, designadamente:

- i. **Requisitos da Direcção:** Organização, sistema de gestão, controlo dos documentos, controle de trabalhos de ensaio e/ou calibração, acção preventiva e correctiva, auditorias internas e análises críticas.
- ii. **Requisitos Técnicos:** pessoal, métodos de ensaio e calibração, equipamentos, manuseio dos itens de ensaio e calibração, garantia da qualidade de resultados de ensaio e calibração, apresentação de resultados.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

5.1. Conclusões

Do estudo de caso de gestão de qualidade conduzido nos laboratórios do departamento de engenharia mecânica da faculdade de engenharia da UEM, foram levantadas as seguintes conclusões:

- Os oito laboratórios instalados ao serviço do DEMA e, parcialmente, aos outros departamentos, têm cumprido com a sua missão de formação de futuros engenheiros nos ramos da mecânica e afins apesar das restrições decorrentes de exiguidade de recursos humanos, equipamentos antigos e alguns completamente avariados, instalações pouco espaçosas para a mobilidade dos utentes, fraca ventilação e roturas frequentes de stocks de consumíveis;
- A falta de planos de gestão das instalações e equipamentos laboratoriais têm impactado negativamente na qualidade dos serviços prestados porque condicionam a sua longevidade e afectam o desempenho tanto dos técnicos quanto dos estudantes;
- A falta de regulamento para nomear e definir expressamente as atribuições de cada órgão integrante ao processo de direcção e coordenação das actividades dos laboratórios reduz o compromisso no cumprimento das tarefas.
- A estrutura orgânica vigente na gestão dos laboratórios não contempla órgãos responsáveis em assegurar a observância dos requisitos da qualidade exigidos em laboratórios universitários;
- O fraco incentivo à realização de trabalhos científicos que visam propor medidas de melhoria dos laboratoriais tem limitado a tomada de decisões institucionais em prol da qualidade dos serviços prestados;
- Do estudo, depreendeu-se que à par da obsolescência dos equipamentos instalados nos laboratórios estudados, aliado à insuficiência de técnicos laboratoriais, não está montado nenhuma estrutura de gestão da qualidade dos serviços que estão sendo prestados a bem da formação académica e, muito menos para trabalhos de investigação científica e de extensão à indústria.

5.2. Recomendações

Na sequência das investigações feitas e das conclusões que foram tiradas, o estudo recomenda:

- Elaboração e aprovação de um regulamento institucional que assegure a incorporação de figuras de gerente de qualidade, gerente técnico, gerente monitor, fiel de armazém e técnico de manutenção com vista a implementação e observância de processos de gestão da qualidade dos laboratórios em estudo como forma de adequá-los aos padrões internacionalmente aceites;
- De igual modo, considerar a aprovação da proposta de aquisição dos novos equipamentos propostos no presente estudo e outros achados convenientes para os laboratórios visados, incluindo a criação e implementação de planos de formação dos técnicos existentes e admissão de outros para colmatar o défice existente;
- Criação e aprovação de planos de manutenção programada quer dos equipamentos quer das instalações laboratoriais como forma de assegurar a sua longevidade e adequação aos requisitos da qualidade;
- Discutir-se a aprovação de cotas específicas para manutenção dos equipamentos e instalações laboratoriais sempre que forem prestados serviços remuneráveis aos terceiros;
- Propor-se a aprovação de um alvará que permita que os laboratórios realizem obras remuneráveis aos terceiros, como forma de assegurar uma independência financeira para assegurar uma gestão qualitativa dos serviços.
- A implementação de um sistema de gestão da qualidade circunscrito nos aspectos propostos no capítulo 4 do presente estudo sem olvidar outras recomendações técnico-científicas para o efeito.

5.3. LIMITAÇÕES DO ESTUDO

A realização do presente estudo sofreu algumas restrições decorrentes dos seguintes factores:

- Limitações impostas pela actual pandemia da covid-19 que tornou o capítulo de diagnóstico da situação muito demorado e complexo devido à indisponibilidade de docentes e estudantes abrangidos pelo estudo, fora do período lectivo;
- Impossibilidade de realização de alguns experimentos devido à exiguidade de consumíveis durante o período da realização da pesquisa. Devido à pandemia da covid-19, houve recrudescimento das restrições no fornecimento dos consumíveis laboratoriais;
- Indisponibilidade de documentos, a nível do DEMA, que versam sobre o percurso histórico dos laboratórios em estudo, incluindo trabalhos de pesquisa científica, procedimentos técnicos para realização de experimentos e da relação dos custos envolvidos para aquisição de *stocks* de consumíveis laboratoriais.

Referência Bibliográficas

1. Ali, A. C. (n.d.). *Lições de Gestão da Produção*. Departamento de Engenharia Mecânica – Faculdade de Engenharia – Universidade Eduardo Mondlane. Maputo: Moçambique;
2. Baccarelli, M. R. T. (2009). *Manual para citações bibliográficas: De acordo com a NBR 10520 da ABNT/set. 2002*. Polis Educacional – Jaguariúna. Brasil.
3. Carpinetti, L. C. R. (2019). *Gestão da Qualidade: Introdução e Capítulo 1*. (pp. 1-31);
4. Coelho, F. P. S., da Silva, A. M. & Maniçoba, R. F. (2016). *Aplicação das ferramentas da qualidade: estudo de caso em pequena empresa de pintura*. REFAS – REVISTA FATEC. Zona Sul;
5. Conêxito Consultoria (n.d.). *As Sete Ferramentas Básicas do Controle da Qualidade*;
6. Cunha, V. L. S. (2010). *Melhoria contínua do sistema de controlo da qualidade*. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. Portugal;
7. De Oliveira, A. M., Ferreira, A. C. F., da Silva, L. R. I., da Silva, J. M. B. & Barros, E. R. (2017). *Aplicação das Ferramentas da Gestão da qualidade: um estudo de caso aplicado em um laboratório de microbiologia*. ENEGEP. Joinville Brasil;
8. De Oliveira, M. J. G. & da Costa, B. (2015). *Aplicação das sete ferramentas básicas de qualidade para melhoria contínua: um estudo de caso em uma funilaria*. Simpoi-Anais;
9. De Vasconcelos, D. S. C., Souto, M. S. M. L., Gomes, M. L. B. & Mesquita, A. M. M. (2009). *A utilização das ferramentas da qualidade como suporte a melhoria do processo de produção – estudo de caso na indústria têxtil*. ENEGEP. Salvador: Brasil;
10. Do Rosário. A. D. (2015). *Aplicação prática das sete ferramentas da qualidade*;
11. Dos Santos, A. A. M., Guimarães, E. A. & Brito, G. P. (2013). *Gestão da Qualidade: conceito, princípio, método e ferramentas*. Revista Científica INTERMEIO: FAECE/FAFOR. Brasil;
12. Olivares, I. R. (2017). *Sistema de Gestão da Qualidade em Laboratórios – Norma ISO/17025*. Universidade São Paulo, Portugal;
13. Fabris, C. B. (2014). *Aplicação das ferramentas da qualidade em um processo produtivo em uma indústria de ração*. Universidade tecnológica federal do paraná. MEDIANEIRA. Brasil;

14. Felippes., B. A., Aguiar, J. G. & Diniz, A. C. G. C. (2011). *Sistema da qualidade em laboratórios universitários: Incentivo ao Ensino, Pesquisa e Extensão*. Brasil: Universidade de Brasília;
15. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (n.d.). *Metodologia da pesquisa: Tipos de pesquisa*. Rio Grande do Norte: Brasil;
16. Lautenchleger, E. P., Fleck, D. & Stamm, P. R. (2015). *Ferramentas da qualidade: uma abordagem conceitual*. Brasil: Faculdade Horizontina (FAHOR);
17. Leonel, P. H. (2008). *Aplicação prática da técnica do PDCA e das ferramentas da qualidade no gerenciamento de processos industriais para melhoria e manutenção de resultados*. Minas Gerais, Brasil: Monografia – Universidade Federal de Juiz de Fora;
18. Mainardes, E. W., Loureço, L. & Tontini, G. (2010). *Percepções dos conceitos de Qualidade e Gestão pela Qualidade Total: estudo de caso na universidade*. Revista Eletrônica de Gestão Organizacional. Brasil;
19. Marcos, I. (2016). *Citar e Referenciar* (6ª ed.). Lisboa, Portugal: Universidade Aberta.
20. Pekelman, H. & Mello Jr., A. G. (2004). *A importância dos laboratórios no ensino de engenharia mecânica*. São Paulo, Brasil: Instituto Presbiteriano Mackenzie;
21. Pilz, D. M., Dockhom, B. S. & Polacinski, E. (2011). *Ferramentas da qualidade: uma aplicação em uma IES para desenvolvimento de artigos científicos*. Brasil: FAHOR;
22. Pinto, A. P. F., Junior, L. O., Timóteo, M. O., Filho, J. R. F. (2002). *Planejamento estratégico do Laboratório Universitário Rodolfo Albino – Lura – da – Universidade federal Fluminense – UFF*. Rio de Janeiro: Brasil;
23. Savino, M. H. (2018). *ISO/IEC 17025: 2018*. Instituto Nacional de Saúde: Moçambique;
24. Trivellato, A. A. (2010). *Aplicação das sete ferramentas básicas da qualidade no ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de autopeças*. Brasil: Universidade de São Paulo.

Sites:

- <https://www.unifor.br/documents/392160/418886/laboratorioengmecanica.pdf/e489260a-0395-ca8e-f4dc-d7c1a36c9549> (acessado em 22/12/2020);
- <https://lista.mercadolivre.com.br/agro-industria-comercio/calandra-eletrica-tubo> (acessado em 02/12/2020);

- <https://www.romi.com/produtos/linha-romi-d/>(acessado em 02/12/2020);
- <https://www.tsinfa.com/es/universal-milling-machine-cnc-control-xk6150hs/>(acessado em 06/01/2021);
- https://www.casasbahia.com.br/c/informatica/computadores/?filtro=c56_c58 (acessado em 06/06/2021);
- <http://www.bambozzi.com.br/website/soldas/produtos.php?produto=64> (acessado em 10/02/2021);
- <https://lista.mercadolivre.com.br/maquina-de-solda-bambozzi-trr-3100-s> (acessado em 10/02/2021)

Anexos

Anexo I: Instrumentos de Recolha de Dados e Informações no DEMA

ENTREVISTA AOS GESTORES DO DEMA

I GRUPO

Estrutura, Organigrama e Atribuições dos Laboratórios do DEMA

- 1 – Quantos laboratórios existem no Departamento de Engenharia Mecânica? ()
 - a) Quais?
- 2 – Qual é a organigrama de gestão dos laboratórios do DEMA?
- 3 – Quando é que foram instalados os laboratórios do DEMA?
- 4 – Quais são as atribuições dos laboratórios do DEMA?
- 5 – Os laboratórios prestam serviços a clientes externos?
 - a) Se sim, em que áreas?
 - b) De que forma isso beneficia a componente de ensino?
- 6 – Há historial de trabalhos de pesquisa científica nesses laboratórios, quer por docentes, estudantes ou outros interessados?
 - a) Se sim, em que períodos/anos?

II GRUPO

Instalações e Equipamentos

- 7 – Qual é o nível de disponibilidade dos equipamentos instalados, por laboratório?
- 8 – O nível de apetrechamento desses laboratórios responde satisfatoriamente às suas atribuições?
 - a) Se não, por quê?
- 9 – Qual foi a última vez que os laboratórios se beneficiaram de alocação de novos equipamentos? (Informação por cada laboratório).
- 10 – Quais e quantos equipamentos avariados existem em cada laboratório?
- 11 – Os equipamentos existentes correspondem a actual exigência tecnológica para formação dos cursos ministrados no departamento?
 - a) Se não, que equipamentos estão faltando? Para que laboratórios?
- 12 – Os laboratórios disponibilizam EPC's e EPI's para os técnicos? E para os estudantes?
- 13 – As instalações onde funcionam cada um dos laboratórios são adequadas para o efeito?

- a) Se não, por quê?
- b) O que devia ser feito para melhorar?

III GRUPO

Condições de Acesso e Uso dos Laboratórios

- 14 – De que depende o acesso aos laboratórios pelos estudantes?
- 15 - Existem documentos que definem regras ou procedimentos para o acesso e uso dos laboratórios, quer por estudantes, quer por outros interessados?
- a) Se sim, onde estão disponíveis?
- 16 – Os laboratórios reúnem condições para a autodidata dos estudantes?

IV GRUPO

Pessoal Técnico

- 17 – Qual é o nível mínimo de formação dos técnicos de laboratórios?
- 18 – Quantos técnicos superiores trabalham nos laboratórios do DEMA?
- 19 – Qual é a proveniência dos técnicos dos laboratórios?
- 20 – Existem, a nível interno, programas de formação/capacitação desses técnicos?

V GRUPO

Gestão

- 21 – Quem fiscaliza o cumprimento dos programas de aulas laboratoriais que perfazem os planos curriculares dos cursos ministrados no departamento?
- a) Como é feita tal fiscalização?
 - b) Com que periodicidade?
- 22 – Há historial de casos de incumprimentos desses programas?
- a) Se sim, que medidas são aplicáveis para esses casos?
- 22 – Existem programas/planos de fiscalização, auditoria internas/externas de qualidade nos laboratórios?
- a) Se sim, com que periodicidade?
 - b) Que medidas corretivas são tomadas nos casos em que se deteta anomalias?
- 23 – Como é feita a avaliação de desempenho dos técnicos dos laboratórios?
- 24 – Como é assegurada a disponibilidade dos consumíveis usados nos laboratórios?

- 25 – Como é feita a manutenção dos equipamentos instalados nos laboratórios? (programada ou corretiva?)
- 26 - Onde vêm os recursos financeiros que suportam as despesas de manutenção dos laboratórios?
- 27 - Os laboratórios geram algum rendimento em prol da autossustentabilidade?
- a) Se sim, como?
- 28 - Que planos existem para reparação dos equipamentos avariados nos laboratórios do DEMA?
- a) Se sim, quais?
- 29 - Existem planos de aquisição de novos equipamentos para apetrechamento dos laboratórios?
- a) Se sim, quais?
- 30 – O departamento tem acordos de cooperação com indústrias ou outras entidades com interesse de prover equipamentos e/consumíveis laboratoriais em troca de prestação de alguns serviços laboratoriais?
- a) Se sim, com que entidades/indústrias?
- 31 - Existe algum plano de expansão dos serviços laboratoriais para além do âmbito académico?
- a) Se sim, para que serviços?
- b) Com que horizonte temporal?
- 32 – Quais os actuais desafios do departamento em relação aos serviços prestados pelos laboratórios no âmbito académico.

ENTREVISTA AOS TÉCNICOS DOS LABORATÓRIOS

- 1 – Qual o seu nível de formação? E em que área é formado?
- 3 – Alguma vez passou por alguma formação/capacitação promovida pela instituição?
- a) Se sim, em que área?
- b) Quando e com que duração?
- 2 – Em que laboratório trabalha e a quanto tempo?
- 4 – Que tipo de serviços são prestados nesse laboratório?
- 3 – A quem se subordinam os técnicos desse laboratório?
- 5 – Considera existir outro tipo de serviço que poderia ser prestado por esse laboratório?
- 6 – O laboratório tem condições para autodidata dos estudantes?
- 7 – O laboratório está equipado de EPC's e EPI's para os técnicos, estudantes e outros utentes?

8 – A iluminação e a ventilação favorecem o bom desempenho das vossas actividades neste laboratório?

a) Se não, por quê?

9 – A mobilidade dos estudantes e técnicos nesse laboratório é adequado?

a) Se não, por quê?

10 – Quantos equipamentos operacionais existem nesse laboratório? Quais?

11 – Todos equipamentos operacionais desse laboratório estão calibrados?

a) Se não, quais os não calibrados?

b) A quanto tempo não estão calibrados?

c) Como é que afectam as actividades dos estudantes?

12 – Existem equipamentos avariados neste laboratório?

a) Se sim, quais?

b) Desde quando tais equipamentos estão avariados?

c) Quais as principais causas dessas avarias?

d) Como é que afectam as actividades dos estudantes?

13 - Os equipamentos disponíveis estão a altura das actividades que os estudantes realizam ou deviam realizar nesse laboratório?

14 – A manutenção dos equipamentos desse laboratório é programada ou corretiva?

a) Por quê?

b) Que implicações têm no funcionamento do laboratório?

15 – Que outros equipamentos considera que estão faltando para responder às atribuições deste laboratório?

16 – Como é assegurada a disponibilidade de stocks dos consumíveis laboratoriais?

17 - Há historial de rotura de stocks de consumíveis por longos períodos?

a) Se sim, nestes casos como é assegurada a continuidade dos serviços?

18 - Durante as aulas laboratoriais, quais as principais actividades realizadas pelos estudantes?

a) Essas actividades correspondem ao que o laboratório oferece? Se não, por quê?

19 – Quais as principais dificuldades que os estudantes apresentam durante a realização dos trabalhos laboratoriais?

20 – Já fez monitoria de algum trabalho de pesquisa científica feito por estudantes nesse laboratório?

21 - Que factores condicionam a coordenação dos técnicos com estudantes durante a visita destes ao laboratório?

ENTREVISTA AOS DOCENTES

- 1 – Desde quando é docente no DEMA?
- 2 – Em que laboratório (s) está ligado o seu ramo?
- 3 – Quem supervisiona/responsável pelas actividades desse laboratório (s)?
- 4 – Como procede a marcação de aulas laboratoriais com os estudantes?
- 5 – Já realizou ou supervisionou algum trabalho de pesquisa científica realizado no mesmo laboratório (s)?
- 5 – Quais as principais dificuldades que enfrenta durante as aulas laboratoriais com os estudantes?
- 6 – Os técnicos laboratoriais estão habilitados para as suas atribuições?
- 7 – Qual o nível de disponibilidade dos equipamentos existentes em tal (is) laboratório (s)?
- 8 – O equipamento disponível responde à actual exigência tecnológica no seu ramo?
 - a) Se não, que equipamento (s) seria necessário incrementar?
 - b) Para que finalidade?
- 9 - Existem equipamentos avariados nesses laboratórios?
 - a) Se sim, a quanto tempo?
 - b) Suas funções foram substituídas por outras equivalentes?
- 10 – O layout desse laboratório (s) está adequado?
 - a) Se não, de que forma condiciona as actividades académicas?
- 11 – Como é assegurada a disponibilidade dos consumíveis nos laboratórios do seu ramo?
- 12 – Já registou indisponibilidade de consumíveis laboratoriais por longos períodos?
 - a) Se sim, com que período?
 - b) Nesses casos, é possível dar-se continuidade às actividades académicas? Se não, há reposição das actividades perdidas pelos estudantes?
- 13 - Nas condições actuais dos laboratórios, continua assegurado o cumprimento dos planos analíticos das disciplinas curriculares no seu ramo? ou
- 14 – Os serviços prestados por esses laboratórios respondem positivamente às necessidades de formação nos cursos ministrados no departamento?
 - a) Se não, por quê?
- 15 - Que devia ser feito para melhoria dos laboratórios do seu ramo?

BRAINSTORMING COM OS ESTUDANTES

Na aplicação desta ferramenta, foram seleccionados arbitrariamente um total de 22 estudantes entre semifinalistas e finalistas dos cursos ministrados no departamento, com os quais se criou um grupo de interação social *Whatsapp* onde foram colocadas questões relativas aos factores que afectam a qualidade dos laboratórios em estudo. Assim, em debate aberto, cada membro do grupo tinha a prerrogativa de apresentar as suas opiniões por escrito, gerando-se uma “tempestade de ideias”, conhecida por técnica do *brainstorming*. Durante o debate, foram estabelecidas e observadas as seguintes regras:

- Cada membro podia apresentar todas as suas ideias sem restrições;
- Durante apresentação das ideias não podia haver discussões nem críticas para não inibir a apresentação de outras ideias;
- As ideias deviam ser apresentadas por escrito;
- Decorrido o tempo previamente acordado, de 15 dias, passou-se à fase de discussão e sintetização e das ideias apresentadas;
- Eliminação das ideias redundantes e posterior redação do relatório.

Anexo II: Imagens ilustrativas do acesso principal e do interior do laboratório de máquinas e ferramentas



Imagens da entrada (1) e do corredor principal (2) de acesso dos utentes ao Laboratório de máquinas e ferramentas. Sem qualquer letreiro sobre a designação e dos requisitos para o acesso ao laboratório.

3



Ilustração da secção de serralharia à esquerda, parte da secção de usinagem à direita e de soldadura, no fundo



Tornos CADETE em uso no laboratório (4)



Eletrodomésticos desusados no interior do laboratório (5)



Imagem de parte dos equipamentos desusados encontrados na área onde funciona a secção de soldadura (6, 7 e 8)

Anexo III: Especificações Técnicas de Alguns Equipamentos Escolhidos

Torno de Usinagem Comando Numérico Computorizado – CNC FANUC – ROMI D800

Marca e modelo	ROMI FANUC – ROMI D800
Comando GE Fanuc	21i-MB
Eixo	10 000 rpm.
Velocidade dos eixos	40 m/min: Cursos X 800 mm, Y 530 mm e Z 580mm.
Peso máximo sobre a mesa	900 kg
Ferramentas	30 ferramentas (ATC).
Nº de eixos	4
Principais aplicações	Automação

Transformador retificador para soldas MIG e MAG BAM-BOZZI

Modelo	TRR 3100 NMR- 50/60Hz
Características de Soldagem	DC
Potência Nominal Aparente Máxima 100% (KVA)	44,5
Tensão de Alimentação Trifásica (V)	2020/ 380/ 4040
Corrente de Alimentação (A)	117/ 67,6/ 58,5
Tensão de Circuito Aberto Min./Máx. (V)	20/ 67
Corrente Máxima de Solda (A)	600
Faixa de Regulagem (A)	40/ 600
Factor de Trabalho (A %)	600@100
Classe de Isolação (°C)	B-130
Peso (Kg)	320
Dimensões AxLxC (mm)	770X710X920
Bitola / Arame (Kg)	0,8 a 3,2

Fresadora CNC Universal XK6150HS

Nome		XK6150HS
Tamanho da mesa		500 × 1650mm
Slot T		5-18-80
Distância do nariz do fuso à mesa	min	80mm
	max	580mm
Viagem de mesa	Eixo Y	650mm
	Eixo Z	500mm
	Eixo X	1300mm
Fuso cônico		7: 24, 50
Faixa de velocidade do fuso	alcance	10 ~ 1600 rpm
	classificação	2, continuamente
X、Y、Z Faixa de alimentação		2 m/min
Movimento rápido X、Y、Z		6/6/4 m/min
Potência do motor principal		7,5 (11) kw
X、Y、Z Torque do motor		15 Nm
Precisão de posicionamento		± 0,02 / 300 mm
Precisão de posicionamento repetitivo		± 0,01 / 300 mm
Peso da máquina		4,2 T
Peso máximo de carga		800 kg

Torno Mecânico de Bancada Profissional MANROD-MR-334

Modelo	Manrod-mr-334
Distância máxima entre centros:	700mm 1,5-22
Diâmetro de arame sólido (mm) Diâmetro máximo sobre o barramento	280mm
Largura do barramento	180mm 1,0-3,2
Diâmetro de passagem do eixo-árvore	26mm
Encaixe do eixo-árvore	CM4
Encaixe do mangote	CM2
6 Velocidades	150 / 300 / 500 / 600 / 1000 / 2000RPM
Roscas métricas	Passo 0,2 - 3,50mm
Roscas em polegadas	Passo 8 - 56 Fios/pol
Potência	1,0 KW / 1,1 HP
Alimentação	220V / 60Hz - monofásico
Dimensões gerais	1.400 x 850 x 700 mm
Dimensões do gabinete de trabalho MR-334.01	780 X 600 X 430mm), placa 130mm com 3 castanhas para fixação externa, luneta fixa, luneta móvel

