

**CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
(CEFET-MG)**

Bárbara Ferreira Lemos da Silva

**PROPOSTA PARA REESTRUTURAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO DO
LABORATÓRIO DE QUÍMICA ORGÂNICA DO CEFET-MG**

Belo Horizonte (MG)

2019

Bárbara Ferreira Lemos da Silva

**PROPOSTA PARA REESTRUTURAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO DO
LABORATÓRIO DE QUÍMICA ORGÂNICA DO CEFET-MG**

Trabalho de conclusão de curso apresentado
como requisito parcial para a obtenção do título
de Bacharel em Química Tecnológica.

Orientadora: Prof^a. Ms. Janice Cardoso Pereira
Rocha

Coorientadora: Prof^a. Dr. Raquel Diniz Oliveira

CEFET-MG

Belo Horizonte (MG)

2019

Bárbara Ferreira Lemos da Silva

**PROPOSTA PARA REESTRUTURAÇÃO DO ESPAÇO FÍSICO DO
LABORATÓRIO DE QUÍMICA ORGÂNICA DO CEFET-MG**

**Trabalho de conclusão de curso do Bacharelado em
Química Tecnológica
CEFET-MG**

Belo Horizonte, 25 de novembro de 2019

**Prof^ª. Ms. Janice Cardoso Pereira Rocha
(orientadora – CEFET-MG)**

**Prof^ª. Dra. Raquel Diniz Oliveira
(Coorientadora – CEFET-MG)**

**Prof. Dr. Ildfonso Binatti
(Avaliador – CEFET-MG)**

**Prof^ª. Dra. Júnia de Oliveira Alves Binatti
(Avaliadora – CEFET-MG)**

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da paciência e da sabedoria e por toda saúde para enfrentar os obstáculos, principalmente nos momentos de maior fragilidade.

A minha orientadora, prof. Janice, agradeço de forma carinhosa por toda dedicação e apoio para a conclusão deste trabalho. Guardarei todos os ensinamentos e, especialmente, a frase que sempre carregarei comigo “*o que não me desafia, não me faz crescer*”.

A minha coorientadora, Prof. Raquel, agradeço por aceitar este desafio e pela magnífica contribuição na elaboração deste projeto arquitetônico, uma área, até então, desconhecida e distante para mim.

Ao colega Alexandre, estudante de Engenharia de Produção Civil, por toda ajuda na preparação dos desenhos apresentados.

À prof. Lúcia Emília do Departamento de Química pela disponibilidade e pelo incrível relato histórico do Laboratório de Química Orgânica.

Aos professores e técnicos usuários do Laboratório, que se dedicaram a responder ao questionário de forma séria e comprometida, contribuindo de forma singular para a elaboração desta proposta.

Aos professores Ildefonso Binatti e Júnia Binatti pela disponibilidade para avaliar este trabalho e por todas as correções e sugestões para a melhoria do mesmo.

A minha mãe, Ana Paula, por todo empenho, amor e compreensão durante o desenvolvimento desse trabalho e durante a minha vida.

Ao meu namorado, Hélio Júnior, por entender os momentos de dificuldade e ansiedade, sempre ajudando de alguma forma a minimizá-los.

A quatro amigas, Caroline, Helena, Luiza e Thamara, por me ouvirem falar só disso, por me acalmarem e por compartilhar momentos de diversão durante o caos.

Aos colegas de trabalho da HYPOFARMA, pelo aprendizado diário e pelas dicas durante a execução do trabalho.

RESUMO

A proposta de reestruturação do *layout* de um ambiente físico é de responsabilidade de profissionais da área de engenharia, arquitetura e de *designers* de interiores. Entretanto, em alguns casos, existe um distanciamento entre o conhecimento das necessidades técnicas apresentadas pela área de atuação do cliente e a aquela do responsável pelo trabalho de reestruturação, ainda mais quando se trata de propostas muito específicas, como a montagem de laboratórios, hospitais, clínicas, entre outros. A participação de profissionais destas áreas técnicas específicas que compreendam minimamente sobre planta baixa e montagem de *layouts* pode facilitar a elaboração de uma proposta funcional e otimizada, a partir da troca de experiência com os profissionais da área de projetos. Sendo assim, o objetivo desse trabalho foi elaborar uma proposta de intervenção de *layout* no Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG que sirva de base para a execução de um projeto final que atenda às necessidades dos usuários. Este ambiente acadêmico foi selecionado para este estudo de caso, por se tratar do laboratório mais antigo do Departamento de Química, montado em 1965, além de apresentar relatos acerca de diversos problemas impactantes à saúde e à segurança dos seus usuários. Inicialmente, realizou-se uma avaliação geral do ambiente, em relação a segurança, aparência, ergonomia, funcionalidade, com base nas informações disponibilizadas: (i) pelo Setor de Projetos da Instituição; (ii) no inventário disponibilizado pelo corpo técnico; (iii) no registro fotográfico; e (iv) no levantamento arquitetônico. Na sequência, aplicou-se um questionário utilizando a ferramenta *Google Forms*® aos dez servidores e usuários do laboratório, dentre eles estão os docentes que ministram aulas; o corpo técnico e o responsável técnico. Esta ferramenta foi utilizada para avaliar a relação do usuário com este espaço físico e elencar as prioridades em relação a uma intervenção no *layout*. Após a montagem de uma planta baixa com os detalhamentos atualizados do ambiente; da análise de todas as informações coletadas na etapa de diagnóstico e do estudo sobre materiais, mobiliários e acessórios disponíveis no mercado foi possível elaborar uma proposta de intervenção. Esta proposta foi apresentada a partir de uma planta baixa e de um projeto em 3D do *layout* e, com recomendações de alguns equipamentos, acessórios, mobiliários e dispositivos de segurança. Os entrevistados priorizaram a melhoria do projeto elétrico/hidráulico, do sistema de exaustão e da distribuição do espaço físico, uma vez que o mesmo apresenta diversos problemas quanto à contaminação do ambiente com substâncias voláteis, à aglomeração de objetos, ao armazenamento incorreto de reagentes químicos e de resíduos, à segurança, ao desperdício de água, à ventilação, ao conforto e à área de circulação. Por fim, a proposta de *layout* desenvolvida neste trabalho foi baseada nas necessidades elencadas, visando, sobretudo, a segurança, o conforto, a organização, a modernização das instalações, a acessibilidade e observando rigorosamente a legislação vigente. Além disso, o trabalho agregou conhecimento e contribuiu para que químicos, inicialmente inexperientes, possam desenvolver pré-projetos capazes de minimizar as dúvidas e questionamentos durante o projeto final, tanto da parte dos profissionais da área quanto da parte do cliente.

Palavras-chave: *Layout*, Laboratório Químico, Reestruturação

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Laboratório de química na Faculdade de Ciência da Universidade de Lisboa em 1922	4
Figura 2 - Laboratório de ensino após a Reforma de Capanema.....	5
Quadro 1 – Solventes químicos associados aos materiais de piso	8
Figura 3 - Área de circulação e área de manobra para cadeirantes	15
Figura 4 - Superfície de trabalho e área de alcance.....	15
Figura 5 - Portas e maçanetas adaptadas para cadeirantes	16
Figura 6 - Mapa de Risco	18
Figura 7 – Sinalização de alerta.....	19
Figura 8 - Placas de sinalização para saídas de emergência.....	20
Figura 9 - Chuveiro de emergência acoplado com o "lava-olhos"	21
Figura 10 - Classes de incêndio.....	22
Quadro 2 - Seleção do agente extintor segundo a classificação do fogo.....	23
Figura 11 - Tabela de compatibilidade entre os tipos de produtos químicos	25
Figura 12 - Diagrama de <i>Hommel</i>	27
Figura 13 – Rótulo desenvolvido no projeto de gerenciamento de resíduo do CEFET-MG ...	29
Figura 14 – Rótulo para resíduos adaptado para uso nos laboratórios do CEFET-MG	29
Figura 15 - Etapas desenvolvidas na metodologia	30
Gráfico 1 – Funções desempenhadas pelos usuários do Laboratório.....	35
Gráfico 2 - Grau de satisfação dos usuários do laboratório.....	36
Quadro 3 – Média ponderada com os dados brutos da votação relacionada às prioridades de reforma do laboratório	37
Gráfico 3 – Equipamentos atuais essenciais para o laboratório	38
Gráfico 4 – Materiais, equipamentos e mobiliários não essenciais para o laboratório	40
Gráfico 5 – Divisão do grupo de alunos durante as aulas	41
Figura 16 – Montagem com fotos atuais do Laboratório de Química Orgânica.....	42
Figura 17 – Planta baixa de alguns laboratórios do Departamento de Química.....	43
Quadro 4 – Legenda da planta baixa do atual <i>layout</i> do Laboratório de Química Orgânica ...	43
Figura 18 – Planta baixa do atual <i>layout</i> do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG	44
Figura 19 – Montagem com fotos de objetos obstruindo o laboratório	45

Figura 20 – Montagem com fotos do ambiente didático do laboratório	46
Figura 21 – Montagem de fotos com instalações elétricas e hidráulicas.....	47
Figura 22 – Montagem com fotos de locais do laboratório que não seguem regras de segurança	48
Quadro 5 - Legenda da planta baixa da proposta de <i>layout</i>	49
Figura 23 – Planta baixa do novo <i>layout</i> do laboratório	50
Figura 24 – Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo A	51
Figura 25 – Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo B	52
Figura 26 - Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo C	52
Figura 27 - Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo D	53
Figura 28 - Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo E	53
Figura 29 – Esboço do projeto de reaproveitamento de água do destilador.....	54
Figura 30 – Padrão de tomada determinado pela NBR 14136 e identificação de voltagem utilizada em laboratórios	55
Figura 31 – Coifa <i>Standard</i>	57
Figura 32 – Coifa braço articulado	57
Figura 33 – Cabines de exaustão do tipo <i>air clean</i> e com duto.....	58
Figura 34 – Capela de Exaustão Premium.....	59
Figura 35 – Armário corta fogo para reagentes inflamáveis	61
Figura 36 – Armário corta fogo para reagentes corrosivos	61
Figura 37 – Armário com grelhas nas portas para armazenamento de reagentes.....	62
Figura 38 – Armários para armazenamento de resíduos	63
Figura 39 – Piso de Epóxi em laboratórios	65
Figura 40 – Armários de piso e suspenso com chaves	65
Figura 41 – Bancada do tipo “ilha” com castelo no centro	66
Figura 42 – Identificação para locais com extintor de incêndio.....	68
Figura 43 – Modelo de <i>sprinkler</i>	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

MEC	Ministério da Educação
CEFET-MG	Centro Federal Tecnológico de Minas Gerais
SENAI	Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial
NR	Normas Regulamentadoras
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
PVC	Policloreto de Vinila
NBR	Normas Brasileiras
PNE	Portadores de Necessidades Especiais
GLP	Gases Liquefeitos de Petróleo
LED	Diodo Emissor de Luz (<i>light emitting diode</i>)
ABERGO	Associação Brasileira de Ergonomia
LGE	Líquido Gerador de Espuma
USP	Universidade de São Paulo
UV-VIS	Ultravioleta-visível
m ²	Metros quadrados
m	Metros
cm	Centímetros
A	Ampère
V	Volts
Mpx	Megapixel
EPC	Equipamento de Proteção Coletiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
MDF	Medium-Density Fiberboard (Placa de fibra de média densidade)
POP	Procedimento Operacional Padrão

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 <i>LAYOUT LABORATORIAL</i>	<i>3</i>
2.2 <i>HISTÓRICO DO LABORATÓRIO DE ENSINO DE QUÍMICA</i>	<i>4</i>
2.3 <i>RELATO HISTÓRICO SOBRE O LABORATÓRIO DE QUÍMICA ORGÂNICA DO CEFET-MG</i>	<i>6</i>
2.4 <i>PROJETO DE CONSTRUÇÃO</i>	<i>8</i>
2.5 <i>PROJETO DE INSTALAÇÕES</i>	<i>11</i>
2.5.1 <i>Instalação elétrica.....</i>	<i>11</i>
2.5.2 <i>Instalação hidráulica e de gases.....</i>	<i>12</i>
2.5.3 <i>Iluminação</i>	<i>12</i>
2.5.4 <i>Instalação de capela de exaustão.....</i>	<i>13</i>
2.6 <i>ERGONOMIA E ACESSIBILIDADE.....</i>	<i>14</i>
2.7 <i>SEGURANÇA EM LABORATÓRIO DE ENSINO</i>	<i>17</i>
2.7.1 <i>Sinalização.....</i>	<i>17</i>
2.7.2 <i>Equipamentos/materiais de emergência</i>	<i>20</i>
2.7.3 <i>Armazenagem de produtos químicos.....</i>	<i>23</i>
2.7.4 <i>Disposição final de resíduos químicos.....</i>	<i>26</i>
2.7.5 <i>Projeto de gerenciamento de resíduos adotado pelo Departamento de Química do CEFET-MG - Baseado em relatos da professora Lúcia Emília</i>	<i>28</i>
3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 <i>FLUXOGRAMA</i>	<i>30</i>
3.2 <i>DEFINIÇÕES INICIAIS</i>	<i>31</i>
3.3 <i>COLETA DE DADOS</i>	<i>31</i>
3.3.1 <i>Inventário.....</i>	<i>31</i>
3.3.2 <i>Levantamento das necessidades dos usuários.....</i>	<i>32</i>
3.3.3 <i>Registro fotográfico</i>	<i>32</i>
3.3.4 <i>Levantamento arquitetônico.....</i>	<i>33</i>
3.4 <i>APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS</i>	<i>33</i>
3.5 <i>ELABORAÇÃO DO PROJETO</i>	<i>33</i>
3.5.1 <i>Proposta desenvolvida</i>	<i>34</i>
3.5.2 <i>Sugestão de novos equipamentos, materiais e acessórios.....</i>	<i>34</i>

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	35
4.1 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS COLETADOS VIA QUESTIONÁRIO ELETRÔNICO	35
4.1.1 Identificação dos usuários	35
4.1.2 Satisfação dos usuários quanto às condições do atual espaço físico.....	36
4.1.3 Hierarquia das prioridades.....	37
4.1.4 Equipamentos essenciais para o laboratório	38
4.1.5 Materiais, mobiliários e equipamentos considerados não essenciais.....	39
4.1.6 Disposição dos alunos no laboratório durante as aulas.....	41
4.2 DETALHAMENTO DA ATUAL LAYOUT DO LABORATÓRIO DE QUÍMICA ORGÂNICA DO CEFET-MG	41
4.3 PROPOSTA DE REESTRUTURAÇÃO DO LABORATÓRIO DE QUÍMICA ORGÂNICA DO CEFET- MG	49
4.3.1 Projeto hidráulico/elétrico.....	54
4.3.2 Capela de exaustão	56
4.3.3 Área de circulação, ventilação, iluminação e área quente/fria	59
4.3.4 Armazenamento de reagentes e resíduos	60
4.3.5 Espaço didático e acessibilidade	63
4.3.6 Design e revestimentos.....	64
4.3.7 Segurança laboratorial.....	66
5 CONCLUSÃO.....	72
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE A – INVENTÁRIO DO LABORATÓRIO DE QUÍMICA ORGÂNICA DO CEFET-MG.....	78
APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO APLICADO AOS USUÁRIOS.....	85
APÊNDICE C – GRÁFICOS GERADOS NA QUESTÃO DE PRIORIDADES NA REFORMA DO LABORATÓRIO DE QUÍMICA ORGÂNICA DO CEFET-MG	88
ANEXO A – INCOMPATIBILIDADE DOS PRINCIPAIS GRUPOS DE SUBSTÂNCIAS	91
ANEXO B - LISTA DE INCOMPATIBILIDADE DE PRODUTOS E AS REAÇÕES PROVOCADAS.....	93

1 INTRODUÇÃO

A adequação de construções e/ou a sua atualização se faz necessária, em diversos casos, ao longo da vida útil das edificações. Em instituições de ensino, verifica-se que a reestruturação dos laboratórios de ensino/pesquisa pode ser uma questão complexa e, ao mesmo tempo, necessária. Ainda que no passado as instituições tenham adequado seus ambientes de ensino às diversas normas e exigências de órgãos competentes, como, por exemplo, o Ministério da Educação (MEC), atualmente há novas recomendações e/ou atualizações para garantir maior segurança e melhores condições de ensino-aprendizagem e acomodação. Entretanto, o novo ambiente pode agregar melhorias, bem como gerar obstáculos no período de reestruturação, em função de limitações relacionadas ao espaço físico, recursos financeiros, estruturação inicial do prédio, acabamento, instalações elétricas e hidráulicas, entre outros.

Nesse contexto, cumpre destacar que existem diversas instituições de ensino instaladas em prédios que não foram originalmente construídos para receber laboratórios de modo geral, principalmente, laboratórios químicos. Sendo assim, o projeto de reestruturação vai além de uma reforma de laboratório, uma vez que se trata da concepção de um ambiente novo em um espaço que não havia sido anteriormente considerado para este fim. Logo, se faz presente a demanda por um estudo detalhado do ambiente para elaboração de um novo projeto arquitetônico funcional que garanta a segurança física dos usuários; que tenha acondicionamento temporário de resíduo seguro e correto; que tenha ferramentas para combater acidentes; que seja confortável ao usuário no quesito térmico, acústico e lumínico; que tenha bom aproveitamento do espaço; que seja provido de locação adequada dos equipamentos de trabalho, vidrarias, bancadas, equipamento de segurança individual e coletiva; que tenha revestimento de piso e parede condizentes ao uso; que tenha a exaustão de gases voláteis eficiente e que tenha a ventilação natural/artificial do espaço otimizada.

O profissional da área de química familiarizado com as diferentes rotinas de uso dos laboratórios apresenta *expertise* para realizar diagnóstico para concepção e/ou reestruturação de espaços destinados a esta finalidade. Assim, a troca de experiência entre esse profissional com o profissional da área da arquitetura gera uma complementação positiva para criação de uma proposta satisfatória de um projeto arquitetônico para um espaço com tantas especificidades.

O Laboratório de Química Orgânica do Departamento de Química do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG), localizado no quarto andar do prédio escolar da Unidade Belo Horizonte I foi escolhido como estudo de caso para reestruturação de espaço físico. Este importante laboratório que é utilizado diariamente para as atividades de ensino e pesquisas do departamento foi edificado há 54 anos e apresenta problemas relativos ao sistema de ventilação ambiente, de exaustão de gases voláteis, de segurança, de uso do espaço e de organização. Logo, torna-se essencial sua reestruturação por meio de um novo projeto arquitetônico, contemplando o máximo de recomendações e normas de segurança em laboratórios e as necessidades dos usuários, a fim de torná-lo seguro e confortável, mesmo com toda a limitação de espaço e estruturação antiga do prédio.

De forma geral, o presente trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta para intervenção no *layout* do Laboratório de Química Orgânica do CEFET/MG, visando a sua atualização, otimização de seu funcionamento e melhorias na sua estrutura física. Por outro lado, de forma mais específica, esse trabalho visou:

- Coletar dados do projeto arquitetônico atual, verificando a condição do espaço;
- Revisar e complementar o atual inventário do laboratório;
- Diagnosticar e registrar as não conformidades do local;
- Atualizar o levantamento arquitetônico do laboratório e representá-lo graficamente por meio de uma planta baixa detalhada;
- Identificar as prioridades a serem consideradas na elaboração da proposta de projeto de reestruturação;
- Desenvolver um novo *layout* para o laboratório priorizando a segurança, a sustentabilidade, a saúde e o conforto, baseando-se nas necessidades relatadas pelos usuários.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 *Layout* laboratorial

De acordo com Gonçalves Filho (2001), “o *layout* é a disposição física dos equipamentos, máquinas, serviços auxiliares, área de tráfego e armazenagem e deve minimizar a movimentação de pessoas, diminuindo os custos e tornando a manufatura mais eficiente e produtiva.” Portanto, o *layout* combina a organização de diversas atividades propostas com o espaço disponível para cada uma, gerando maior produtividade e rendimento, seja ele industrial, residencial, laboratorial ou comercial (COMPAROTTI, 2015).

O *layout* de um laboratório é caracterizado pela organização física de equipamentos, mobiliários, materiais, insumos e área de circulação, com a finalidade de garantir o bom aproveitamento do mesmo, a segurança contra acidentes, o conforto ergonômico e a praticidade. Logo, a definição do *layout* de um laboratório é determinante na elaboração de um projeto arquitetônico para o local (REIS, et al. 2017).

O projeto e o planejamento da obra devem considerar as atividades desempenhadas pelos usuários do ambiente, ou seja, a rotina de tarefas e as atividades desenvolvidas no laboratório podem influenciar no planejamento desse espaço físico. Ademais, a configuração do laboratório, deve permitir que os seus usuários tenham o melhor desempenho possível nas suas funções, sem comprometer o seu aprendizado e/ou os resultados gerados, minimizando o tempo para execução da tarefa, garantindo a segurança e saúde física, devido à exposição aos produtos químicos (TAVARES; FERNANDES, 2009).

Tradicionalmente, a reestruturação dos espaços, como por exemplo, um laboratório de ensino, envolve profissionais como *designers* de interiores, arquitetos, engenheiros todos com experiência na área da construção civil e outros profissionais de áreas afins. Muitas vezes, os clientes ficam insatisfeitos com parte do projeto consolidado, uma vez que não atende às suas expectativas para o desempenho específico das atividades dentro daquele ambiente (CIVILE, 2010).

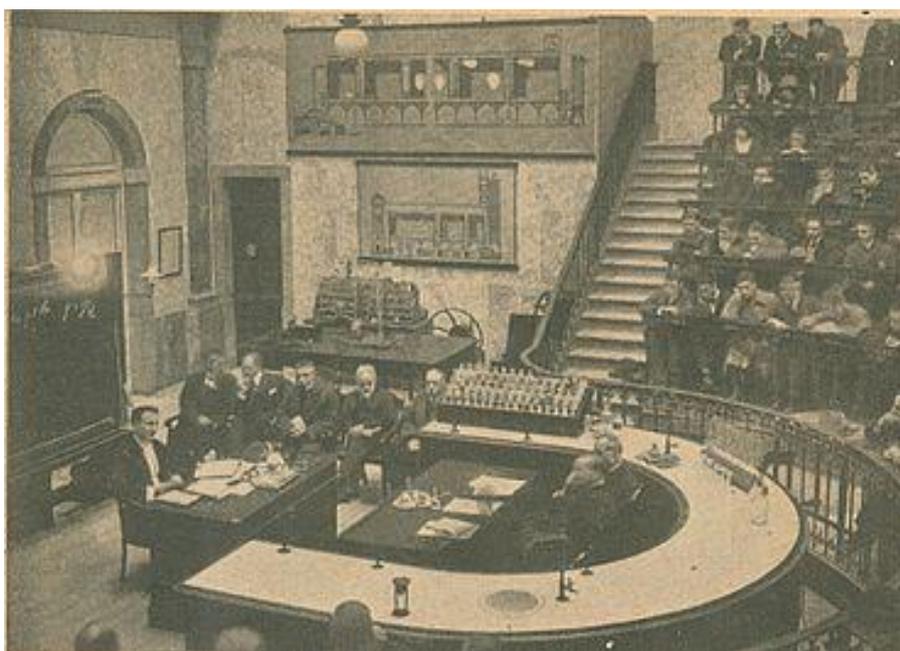
A adaptação de projetos já executados, muitas vezes, não atende a necessidade/expectativa do cliente. A base de *layouts* usados anteriormente, que tiveram sucesso de implantação, nem sempre atende, uma vez que os laboratórios não tem a mesma rotina de análise, equipamentos e fluxo de pessoas. Neste contexto, o profissional responsável técnico pelo laboratório se mostra relevante no acompanhamento de intervenções do espaço, bem como na reestruturação adequada do seu *layout*. (ROSENLUND, 1987).

No que tange ao *layout* de um laboratório, limitações podem surgir quando o espaço designado não tiver sido inicialmente construído para essa finalidade. Normalmente, em um espaço não planejado para este uso específico, o sistema de iluminação, ventilação, instalações elétricas e hidráulicas não foram planejados para garantir um trabalho eficiente, seguro e funcional. Logo, o *layout* do espaço demandará reestruturação, assim como projetos complementares. Contudo, em muitos casos, alguns critérios necessários, podem não ser implementados, devido à limitação física (ROSENLUND, 1987).

2.2 Histórico do laboratório de ensino de química

Na década de 30, o ensino superior já era voltado para a preparação do aluno para o mercado de trabalho, bem como oferecer ferramentas de capacitação para transformar a natureza de acordo com as necessidades do homem. Nessa época, o aluno deveria estudar os fenômenos químicos pela observação, com a finalidade de verificar o fundamento de leis; reações típicas; composição e propriedades da matéria, entre outros fenômenos característicos da química. Entretanto, ao contrário da realidade atual, a metodologia era com base em um grande número de demonstrações feitas pelo professor (Figura 1), logo, o aluno não realizava exercícios experimentais. (SICCA, 1996).

Figura 1 – Laboratório de química na Faculdade de Ciência da Universidade de Lisboa em 1922



Fonte: (Hemeroteca Digital, 2014)

Na Figura 1 pode ser observado como eram os laboratórios de química quando a demonstração era a única prática didática que as escolas e universidades usavam para transferir o conhecimento dos professores aos alunos.

No Brasil, a Reforma Capanema foi desenvolvida por Gustavo Capanema Filho, Ministro da Educação e da Saúde, durante o Estado Novo do governo de Getúlio Vargas (1937-1946) e teve como objetivo reformar alguns segmentos do ensino. Segundo SICCA (1996), “quando a Reforma Capanema (1942) foi promulgada, a experimentação tornou-se o elemento central do ensino de Ciências, cujo objetivo era promover a formação do espírito científico de modo que o aluno passasse a ser ativo.”

Uma das iniciativas propostas por Gustavo Capanema foi a criação do SENAI (Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial) e de leis voltadas para o ensino médio, com o objetivo de mudar a visão de que o ensino secundário era somente uma preparação para o ensino superior. Nesse contexto, a formação da personalidade desse jovem e sua adaptação na sociedade foram enfatizadas (MASSUIA, 2010).

A partir da promulgação da Reforma Capanema (1942), enquanto o professor criava roteiros para orientar o aluno no processo de coleta de dados, organização de materiais, execução das atividades e interpretação dos resultados, o aluno passava a executar os procedimentos (Figura 2). As escolas se viram obrigadas a modificar a dinâmica das aulas de laboratórios, com isso, assim que houve tal mudança, os laboratórios precisaram se readequar para garantir melhor disposição do espaço, maiores bancadas, maior quantidade de vidrarias, reagentes e equipamentos, ou seja, um ambiente propício ao desenvolvimento de trabalhos experimentais realizados por uma turma de alunos (SICCA, 1995).

Figura 2 - Laboratório de ensino após a Reforma de Capanema



Fonte: (QUIFACIL, 2019)

Com o passar dos anos, o laboratório de ensino se tornou uma ferramenta no desenvolvimento dos processos educativos e se intensificou a cada ano, motivado pela crescente exigência na formação de profissionais da educação (CECCATO; JORGE; TORRES, 2014).

Os espaços destinados às aulas experimentais, os chamados laboratórios, são facilitadores do aprendizado, tanto para os professores, quanto para os alunos. Logo, um ambiente organizado com materiais disponíveis para os alunos e equipamentos em boas condições de uso é uma necessidade que, em caso de descumprimento, pode afetar o desenvolvimento dessa prática didática (CECCATO; JORGE; TORRES JÚNIOR, 2014).

Especialmente nos laboratórios de ensino de química, onde as atividades que envolvem reagentes perigosos, produtos explosivos, gases que provocam danos à saúde, entre outros, demandam um local seguro que seja próprio para esta prática pedagógica. Sendo assim, reservar um espaço com destinação exclusiva para funcionamento de um laboratório de química garante que seja possível armazenar adequadamente materiais específicos, reagentes com armazenamento controlado, experimentos que requerem acompanhamento por dias e, conseqüentemente, assegurar a integridade dos experimentos, dos usuários e dos insumos do laboratório (PIZATO; PARZIANELLO, 2012).

2.3 Relato histórico sobre o Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG

A atual docente do Departamento de Química do CEFET-MG, Lúcia Emília Letro Ribeiro, leciona no local há, aproximadamente, 28 anos, além disso, foi aluna do curso Técnico de Química entre os anos de 1973 e 1975 no formato integrado. Lúcia Emília relata sua vivência no CEFET-MG e quais são suas impressões e recordações em relação à instituição e ao Laboratório de Química Orgânica nos anos em que foi aluna.

Inicialmente, durante o segundo ano do ensino médio (1974), a docente era estagiária da biblioteca, “Eu adorava livros, então era um prazer ficar horas no meio de todos eles...” (Lúcia Emília). Em um dia aleatório o professor Crepaldi, coordenador do curso de Técnico de Química, a viu na biblioteca e ao indagá-la sobre o motivo que a levou estar ali, já a chamou para trabalhar com ele. Sendo assim, seu terceiro ano do ensino médio (1975) foi marcado pelo estágio no almoxarifado, pois os reagentes e vidrarias eram armazenados naquele local e a cada aula, os monitores dos laboratórios pegavam os materiais necessários com a Lúcia Emília e ao final das aulas, eles devolviam para que ela pudesse organizar novamente no lugar.

Conforme as recordações da atual professora, o curso Técnico de Química coexistia com o de Mecânica, de Eletrônica, de Edificações e de Eletrotécnica. Com isso, o campus I era o único existente naquele momento; era amplo e não havia ginásio, restaurante, prédio administrativo e a atual biblioteca. Porém, no final da década de 70, o CEFET-MG ganhou um ginásio e o conhecido campus II, que anteriormente era a Escola de Veterinária da UFMG.

Com relação ao Laboratório de Química Orgânica, Lúcia Emília se lembra de um relato do professor Raimundo Rios, considerado o criador do curso Técnico de Química, de que o curso tinha se iniciado nesse laboratório. Além disso, ela se lembra de que este laboratório era interligado por uma porta com o Laboratório de Analítica (atual Laboratório de Análise por Via Úmida) próximo da sala de balanças para facilitar seu uso; havia canalizações de gases com diferentes cores, porém ela não se recorda de gases passando ali de fato; as soluções de testes ficavam permanentemente no centro das bancadas para facilitar o uso; havia treinamentos desde o primeiro ano do ensino médio, que deixava claro, em caso de acidentes, que metade da turma sairia pela porta principal e a outra metade pela porta de acesso à sala de balança. Segundo a Lúcia Emília:

[...] O laboratório era maior do que ele é hoje, era tão bonito, era lindo e muito organizado [...]. As paredes e as bancadas eram revestidas em azulejos brancos e as bancadas eram muito especiais, pois elas tinham uma calha em metal cinza e várias torneiras. Essa calha recolhia a água por ralos ao longo da bancada. Fazíamos destilações de vários tipos e com montagens interessantes. Isso tudo nos causava um deslumbramento e alegria muito grande! (...) O Laboratório de Química Orgânica funcionava como uma central de destilação de água, pois era o único laboratório com um destilador, logo havia um frasco de vidro âmbar com capacidade em torno de 100 L e a gente coletava a água destilada ali armazenada por sifonação[...] (RIBEIRO, 2019)

Um funcionário novo chegou à instituição no final da década de 80 e relatou para a Lúcia Emília que estava acontecendo uma grande reforma nos laboratórios do CEFET-MG. Nesse momento removeram os azulejos e recobriram as paredes com o material laminado presente atualmente, sendo o mais moderno da época. Outra intervenção nos laboratórios do atual Departamento de Química só aconteceu em 2014, porém somente o Laboratório de Química Inorgânica e o Laboratório de Análise por Via Úmida foram contemplados.

Em questões de acidentes, a professora relata que “[...] nunca houve acidentes grandes [...] me lembro de pequenas explosões, incêndios, cortes e queimaduras [...]”. Os usuários dos laboratórios do departamento nunca precisaram utilizar o chuveiro de emergência.

2.4 Projeto de construção

A estruturação de um laboratório requer o cumprimento de diversas Normas Regulamentadoras (NR's) e das Normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) para garantir segurança e bem estar aos indivíduos que usufruem do espaço. Portanto, descrever algumas das especificidades que devem ser seguidas no projeto arquitetônico de um novo laboratório é importante para auxiliar químicos, engenheiros e arquitetos na escolha dos materiais mais apropriados para o projeto em questão (CIVILE, 2010).

Com relação aos acabamentos, o piso não pode ter saliências, desníveis, elevações ou qualquer característica que possa prejudicar o andamento das atividades ou colocar a segurança dos usuários em risco. É importante que o piso seja antiaderente, impermeável, de baixa condutividade elétrica e resistente quimicamente (MENEZES, et al. 2010).

No Quadro 1 estão apresentadas algumas combinações entre solventes normalmente utilizados em laboratórios e os tipos de pisos disponíveis do mercado.

Quadro 1 – Solventes químicos associados aos materiais de piso

	Madeira	Revestimento de Borracha	PVC	Cerâmica/tijolo	Cimentícios
Acetona, éter	B	B	R	MB	MB
Solventes clorados	R	B	R	MB	B
Água	B	MB	MB	MB	MB
Álcool	B	MB	MB	MB	MB
Ácidos fortes	R	R	MB	MB	R
Bases fortes	R	MB	MB	MB	R
Óleos	R	MB	MB	MB	B
Descontaminação	R	R	B	MB	R

Legenda: MB = muito bom; B = bom; R = ruim

Fonte: (CIVILE, 2010)

De acordo com as informações descritas por Civile (2010) e descritas no Quadro 1, o material cerâmico se apresenta como o revestimento mais adequado, entre os descritos, para

resistir aos diversos solventes químicos utilizados frequentemente em laboratórios de química, além de facilitar a descontaminação do piso (CIVILE, 2010).

A NBR 14050 recomenda que o piso seja do tipo argamassa polimérica constituída por resina epóxi e quartzo de alta dureza, garantindo elevada resistência química e mecânica, ou até mesmo a cerâmica, que tem elevada compatibilidade com produtos químicos, porém, não há tanta resistência mecânica (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998).

Com relação às paredes, essas devem ser impermeáveis, resistentes ao fogo, pintadas com cores claras, foscas, sem revestimentos (exceto em áreas molhadas) e de fácil manutenção (MARIANO, et al. 2012). O teto deve atender a demanda do laboratório, ou seja, depende das luminárias usadas, das tubulações e dos isolamentos necessários. Porém, a NBR 13035 recomenda que a altura entre piso e forro (pé-direito) seja de no mínimo 3,0 metros. Sugere-se também que tenha um espaço entre 25 a 30 centímetros do forro e da laje para que tubulações possam ser alocadas nesse espaço e para facilitar o acesso de uma pessoa da manutenção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993).

A porta do laboratório deve ter mola retrátil, com abertura para o exterior, não ter maçaneta ou puxadores, altura de 2,10 metros e largura mínima de 1,20 metros, porém, no item 2.5 será abordada a questão de portas acessíveis aos portadores de necessidade especiais (PNE). Além disso, as portas devem ter visor, material impermeável e revestimento resistente ao fogo (MARIANO, et al. 2012).

As janelas devem facilitar a iluminação e a ventilação do laboratório, porém elas devem estar desviadas das áreas de trabalho e dos equipamentos (balança, estufa, capela, fluxo laminar, entre outros) para garantir que não haja interferência da circulação de ar. Além disso, as janelas devem ser do tipo basculante, localizadas 1,20 metros acima do nível do piso e ter um filtro para raios solares para não interagir com reagentes, interferir em análises e prejudicar a visualização dos analistas. Não é recomendável utilizar cortinas ou persianas que possam propagar algum incêndio (MENEZES, et al. 2010).

Assim como tetos e paredes, os mobiliários do laboratório devem ser revestidos por tintas de cores claras para facilitar a visualização de placas de segurança ou avisos importantes que estejam anexados nesses mobiliários. Além disso, as estantes e prateleiras devem ter no máximo 2 metros de altura, ser firmes, podendo ser de alvenaria ou de metal (exceto para materiais corrosivos). Já os armários de reagentes, devem ser opacos e com portas frontais para proteger substâncias fotossensíveis (CIVILE, 2010).

Com relação às dimensões dos armários, aqueles destinados às vidrarias devem ter aproximadamente 1,70 m x 1,50 m, já aqueles destinados aos reagentes, devem ter aproximadamente 3,80 m x 2,00 m, além de contar com parede resiste à explosão, sistema de exaustão para reagentes voláteis e bandeja de retenção de líquidos para evitar disseminação dos líquidos em situações de vazamento (MENEZES, et al. 2010).

As bancadas de trabalho do laboratório podem ser em formato do tipo “ilha”, usada normalmente para trabalho de bancada; do tipo “parede”, usada normalmente para alocar equipamentos, por estar próxima de tomadas e protegidos de queda pela barreira das paredes; do tipo “península” usada para diversas funções e só possui um lado acoplado a parede; e por fim, há o formato em “U”, usada normalmente para facilitar manutenção na parte posterior de equipamentos, essa é uma variação do formato “ilha”. Como essas bancadas são usadas na rotina de trabalho diária, devem ser rígidas, para suportar o peso; ter superfície revestida de material resistente aos reagentes químicos e ser impermeável. Os materiais mais usados são granito, aço inox e compensado naval (MARIANO, et al. 2012).

A capela de exaustão é um equipamento de proteção coletiva essencial que deve estar localizada em paredes laterais e com exaustores potentes para evitar liberação de gases, vapores tóxicos e mistura de gases no interior do laboratório. Logo, quando instaladas no local recomendado, essas capelas ficam distantes de correntes de ar (CIVILE, 2010).

Existem diversos tipos de capelas com funcionamento próprio, porém, entre as mais comuns podem-se citar cinco tipos. A capela de bancada é de uso geral e fica alocada normalmente sobre uma bancada ou armário de produtos químicos, já a capela para destilação é usada para grandes equipamentos e os procedimentos podem envolver grande volume de substâncias tóxicas, sendo assim, os dois tipos de capela são iguais, diferenciando somente na dimensão. A capela de piso acomoda grandes equipamentos e pode armazenar tambores de compostos voláteis com risco associado. A capela exclusiva para ácido perclórico tem características gerais semelhantes à capela de bancada, porém seu revestimento interior deve ser de aço inoxidável, PVC (policloreto de vinila) ou polipropileno, já o sistema de exaustão deve ter sistema de lavagem para remover os percloratos e prevenir o acúmulo de seus sais. Por fim, a capela de uso exclusivo para radioisótopos tem a estrutura igual às demais capelas, porém a superfície de trabalho deve ser de aço inoxidável 304 para facilitar a limpeza e descontaminação (CARUBELLI; SILVA, 2019).

As pias de laboratórios, essas devem ser de aço inox, profunda para evitar quebra de vidrarias longas e ter dimensão em torno de 60 cm x 60 cm (MENEZES, et al. 2010).

2.5 Projeto de instalações

As instalações de um laboratório precisam ser planejadas de acordo com normas e recomendações técnicas para garantir maior segurança e conforto aos usuários. O projeto de instalação dos laboratórios inclui a instalação elétrica, a instalação hidráulica e de gases, iluminação e a instalação de capelas de exaustão.

Por se tratar de um ambiente cercado de substâncias que podem causar acidentes de caráter explosivo, corrosivo e incendiário, os materiais usados são especiais e resistentes a esses possíveis problemas.

2.5.1 Instalação elétrica

O projeto de instalação elétrica requer cuidado minucioso durante a execução e deve atender medidas de controle e sistemas preventivos da NR-10 para garantir a segurança e saúde dos trabalhadores que, mesmo indiretamente, possam estar envolvidos com a eletricidade. A elaboração desse projeto deve levar em consideração que o espaço tenha que ser seguro e de fácil manutenção, conseqüentemente, no caso de laboratórios, as instalações elétricas costumam ser no exterior das paredes para facilitar essas manutenções (BRASIL, 2004).

Segundo a NBR 5410, a instalação elétrica deve ter sistema de aterramento para evitar descarga elétrica ao manusear um equipamento e todos os circuitos elétricos devem ser protegidos por eletrodutos emborrachados contra corrosão e umidade (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1998). Além disso, o responsável técnico do laboratório é essencial na elaboração do projeto de instalação, pois somente ele é capaz de mencionar todos os equipamentos e suas características de potência, tensão e localização no interior do laboratório (MARIANO, et al. 2012).

De acordo com a NBR 13035, os pontos de tomadas podem ser distribuídos no local com base nas informações dos equipamentos e das necessidades de bancada e devem ser identificados com a voltagem para evitar custos. A fiação deve ser isolada com material que seja antichamas por segurança (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1993).

Com relação ao quadro de força ou energia, esse deve ficar em área visível e de fácil acesso, de preferência fora do laboratório; ter disjuntores específicos e nomeados para cada segmento, como bancadas, capelas, luz, ventiladores, ar condicionados, entre outros. Para

equipamentos mais sensíveis, é essencial a existência de estabilizadores ou *no break*, ademais, para evitar problemas nos equipamentos de combate a incêndio e equipamentos laboratoriais que não possa ter interrupção de energia, devem-se dimensionar geradores capazes de suprir a necessidade momentânea de energia (CIVILE, 2010).

2.5.2 Instalação hidráulica e de gases

A distribuição de água e o escoamento de efluentes no laboratório devem ser projetados considerando a finalidade do laboratório, pois, um laboratório que necessita de água com elevada pureza demanda uma vazão maior, já que para disponibilizar esse tipo de água é necessário usar muita água do abastecimento público. Além disso, em laboratórios industriais que descartam produtos químicos na pia, devido à conexão direta com uma pequena estação de tratamento de efluentes da responsabilidade da empresa, são necessárias tubulações resistentes e inertes a essas misturas de substâncias para evitar rompimento dessas tubulações. Portanto, um projeto hidráulico eficaz requer conhecimentos sobre as características de trabalho do laboratório (MENEZES, et al. 2010).

Um cilindro de gás sob pressão está cercado de riscos, como queda e vazamento, desse modo, o transporte e o armazenamento do mesmo devem ser feitos de acordo com normas vigentes. É recomendado que todo o transporte seja em carrinho próprio para transporte de cilindros de gases, que seu uso seja preso à parede com correntes e cadeados, que seu armazenamento seja em depósito externo próximo ao laboratório, que a saída de gás do cilindro seja sempre vedada após o uso, que haja sensores de alerta de vazamento e válvula de bloqueio no segundo estagio (LEMOS; PAIVA, 2016).

Para o gás GLP (Gases Liquefeitos de Petróleo), conhecido como gás de cozinha, a NBR 15526 recomenda que a instalação não seja feita no interior da parede, podendo ocorrer vazamento, acúmulo de gás e explosão ao acender as luzes do local. Além disso, assim como o cilindro de gás sob pressão, é recomendado que o gás GLP seja armazenado na área externa ao laboratório (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2009).

2.5.3 Iluminação

A intensidade de luz em laboratórios químicos é sugerida pela NBR 5413. Essa norma recomenda três iluminâncias, sendo essas 300, 500 e 750 lux, porém, 500 lux é a mais utilizada nos laboratórios químicos e 750 lux é usada quando o trabalho visual é crítico, os

erros são de difícil correção, a capacidade visual do observador está abaixo da média e quando a alta produtividade ou precisão são de grande relevância (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1992).

O dimensionamento do sistema de iluminação de um local não pode se basear somente pela intensidade da luz, pois é importante que as cores, contrastes, sombras e reflexos sejam considerados para permitir uma visão rápida de falhas ou defeitos em equipamentos utilizados (CIVILE, 2010).

As luminárias devem ser instaladas embutidas no forro e ter lâmpadas fluorescentes, que atualmente foram substituídas por LED (*Light Emitting Diode*) devido ao baixo custo e melhor iluminação. Em contrapartida, nas áreas de produtos explosivos e inflamáveis, deve-se ter cautela ao escolher os interruptores e as luminárias, pois devem evitar a formação de faísca ao serem ligados. Com relação à iluminação de emergência, ela deve estar sempre em boas condições de uso e ter manutenção frequente (MENEZES, et al. 2010).

2.5.4 Instalação de capela de exaustão

As capelas de exaustão são importantes para garantir que as operações perigosas, envolvendo compostos voláteis, não sejam realizadas nas bancadas expostas. Portanto, as atividades que envolvem risco de incêndio, explosão e liberação de gás e vapores tóxicos e corrosivos, devem ser desenvolvidas em capelas próprias para cada uso (MARIANO, et al. 2012).

Minimamente, uma capela de exaustão para laboratórios deve ser construída/revestida com material resistente aos produtos químicos, apresentar um sistema de exaustão com, no mínimo, dois pontos de captação de gases e vapores, potência para promover exaustão e janela do tipo “guilhotina” com vidro temperado ou acrílico (CIVILE, 2010). As instalações da capela devem dispor de sistema de iluminação, gás, vácuo, ar comprimido, instalações elétricas e hidráulicas pertinentes. Como forma de segurança, toda instalação elétrica no interior da capela deve ser a prova de explosão, não se deve armazenar reagentes e vidrarias no interior da capela e a velocidade do ar no interior da capela, com a janela aberta, deve ser de 0,5 m/s para garantir a eficiência na exaustão (MARIANO, et al. 2012).

Com relação à altura das chaminés das capelas, ela deve ser de 2 a 3 m acima do telhado para garantir que os gases emitidos sejam diluídos no ambiente externo. Porém, em caso de possível contaminação de estabelecimentos próximos, é recomendável instalar lavador de gases (MARIANO, et al. 2012).

2.6 Ergonomia e Acessibilidade

A Associação Brasileira de Ergonomia (ABERGO) define que a ergonomia “[...] objetiva modificar os sistemas de trabalho para adequar a atividade nele existentes às características, habilidades e limitações das pessoas com vistas ao seu desempenho eficiente, confortável e seguro” (ABERGO, 2000, p. 2).

Aplicar os princípios da ergonomia em laboratórios de ensino/pesquisa é essencial devido aos diversos riscos aos quais alunos, técnicos de laboratórios, monitores, professores e pesquisadores estão submetidos. Entre esses riscos está a postura desfavorável durante a realização de atividades, o estresse de contato, o uso de força, o trabalho repetitivo, a carga estática e a vibração. Portanto, com um estudo minucioso é possível eliminar problemas ergonômicos que potencializem o risco a saúde e segurança de diversas atividades desenvolvidas no ambiente (ERICKSON; HOSKINS, 1998).

A intervenção ergonômica objetiva modificar a situação de trabalho dos colaboradores de um ambiente de trabalho, a fim de torná-lo mais adequado e confortável. Portanto, a ergonomia pode estar inserida em diversas situações que envolvem o trabalho, seja no segmento do ambiente físico, quanto nos segmentos organizacional e social do mundo do trabalho (SILVA, 2008).

Na montagem do espaço físico, para garantir o conforto e a segurança dos usuários de um laboratório químico é necessária atenção quanto à ventilação do local, à luminosidade, à qualidade do ar, à exaustão de compostos voláteis, à altura das bancadas e pias, às banquetas e cadeiras, à aderência do piso, à poluição visual e auditiva, entre outros aspectos do local que possa prejudicar o desenvolvimento das atividades de forma segura e eficiente (BIAZUS, 2000).

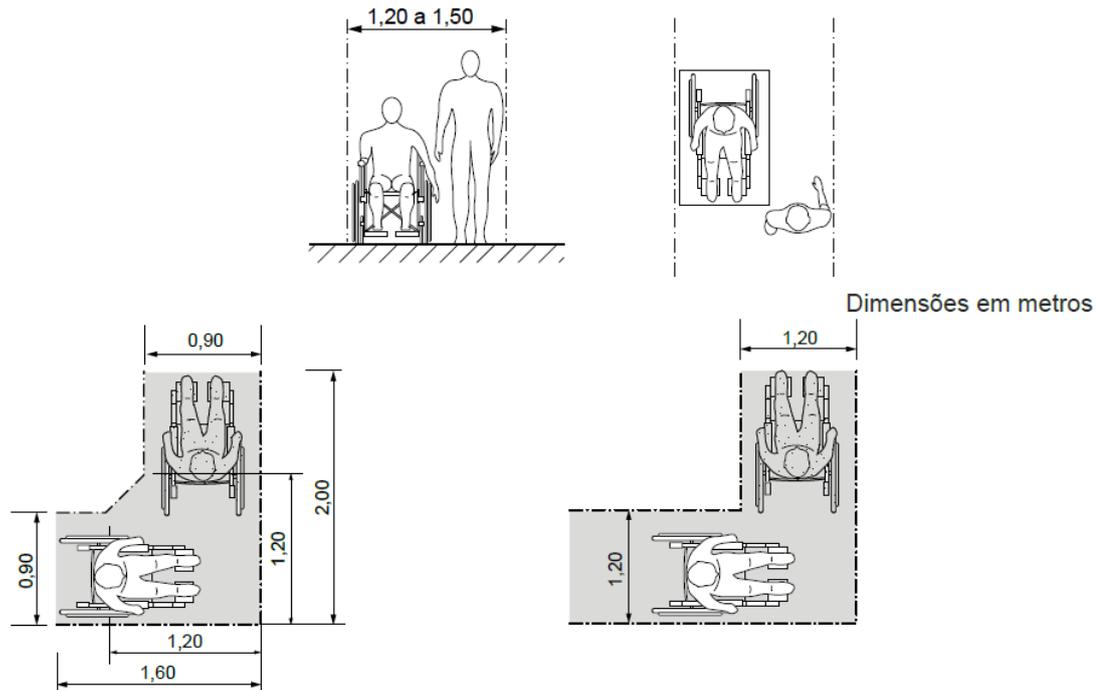
A preocupação com a ergonomia durante a etapa de elaboração de um projeto arquitetônico de um ambiente com um fluxo de pessoas com diferentes características, como no caso de laboratórios de ensino e pesquisa, deve também estar associada à preocupação de garantir a acessibilidade de pessoas com mobilidade reduzida (CIVILE, 2010).

A palavra acessibilidade, segundo a NBR 9050, significa:

Possibilidade e condição de alcance, percepção e entendimento para utilização, com segurança e autonomia, de espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes, informação e comunicação, inclusive seus sistemas e tecnologias, bem como outros serviços e instalações abertos ao público, de uso público ou privado de uso coletivo, tanto na zona urbana como na rural, por pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015, p. 2).

Para estruturar o *layout* de um local capaz de receber pessoas com limitações físicas, a NBR 9050 (2015) sugere algumas medidas para garantir um local acessível a essas pessoas. Na Figura 3 é possível verificar a melhor metragem da área de circulação contando com a passagem de um cadeirante e um pedestre e a área de manobra ideal para os cadeirantes.

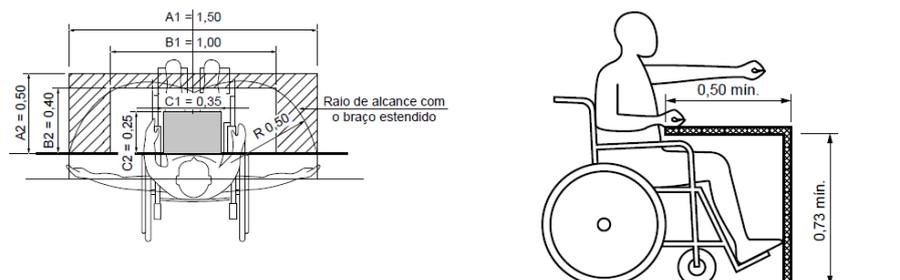
Figura 3 - Área de circulação e área de manobra para cadeirantes



Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)

De acordo com a Figura 3, a melhor distância entre mobiliários e obstáculos de um laboratório é 1,50 metros, assegurando que o trânsito das pessoas não seja comprometido. Já na Figura 4 verificam-se quais as dimensões são recomendáveis para mesas e bancadas de trabalho dos cadeirantes.

Figura 4 - Superfície de trabalho e área de alcance

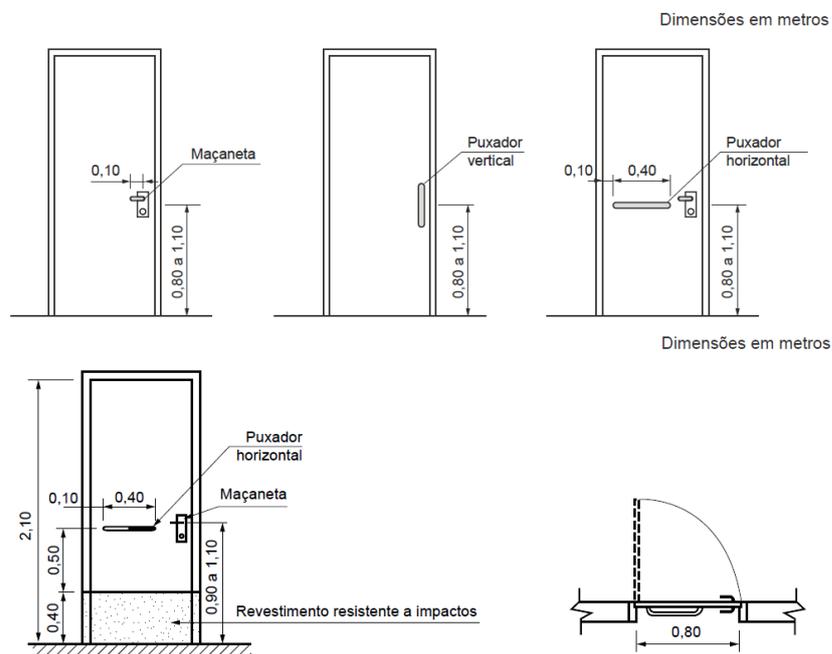


Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)

Na Figura 4, as dimensões identificadas com a letra A são de alcance máximo e são indicadas para eventuais atividades; as dimensões identificadas com a letra B são para atividades que não requer precisão e as dimensões identificadas com a letra C são indicadas para atividades rotineiras. Portanto, o ideal é que as mesas/bancadas sejam 0,50 x 1,50 m x 0,73 m.

Na Figura 5 exemplificam-se quais as dimensões recomendáveis para portas e maçanetas que permitam o fácil acesso dos cadeirantes ao local.

Figura 5 - Portas e maçanetas adaptadas para cadeirantes



Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)

De acordo com a Figura 5, a largura mínima da porta deve ser 0,80 metros, enquanto a altura da maçaneta deve ser entre 0,80 e 1,10 metros. Essas dimensões asseguram que os cadeirantes consigam abrir a porta e adentrar ao local com facilidade.

A acessibilidade física no *layout* do local muitas vezes é mais simples de ser resolvida do que a acessibilidade pedagógica, que envolve a rotina de aulas e de experimentos propostos em um laboratório de ensino. Portanto, o mercado nacional ainda não é totalmente adaptado às normas de acessibilidade, já que mesmo que alguns mobiliários e equipamentos (capelas, mesas e armários) possam ser adaptados ao cadeirante, um grande número ainda não é acessível (CIVILE, 2010).

2.7 Segurança em laboratório de ensino

A utilização de laboratórios de ensino exige cuidados especiais por diversos motivos, sendo principalmente devido à inadequação de ambiente, que normalmente são salas de aula transformadas em laboratórios desconsiderando o redimensionamento do quadro elétrico, instalação de equipamentos de proteção coletiva e ventilação adequada do ambiente; ao grande número de alunos na sala; à inexperiência e à agitação dos adolescentes (DEL PINO e KRÜGER, 1997).

As causas de acidentes em laboratórios podem estar relacionadas com a falta de domínio técnico, falta de clareza ou aplicação inadequada de normas de segurança, falta de supervisão, condutas inadequadas ou desrespeito intencional de procedimentos de segurança. As autoridades de instituições de ensino que coordena os laboratórios têm a responsabilidade de oferecer um ambiente com infraestrutura básica, exigir o seguimento das normas de segurança no interior destes espaços, estocar de forma segura os produtos químicos e elaborar um plano de disposição final dos resíduos gerados durante as aulas e pesquisas. Enquanto isso, o professor tem a missão de exigir o cumprimento das normas de segurança do laboratório, priorizar experimentos seguros e simples durante as aulas, atentar-se para a conduta de seus alunos e registrar qualquer incidente ocorrido no laboratório (MACHADO; MÓL, 2008).

2.7.1 Sinalização

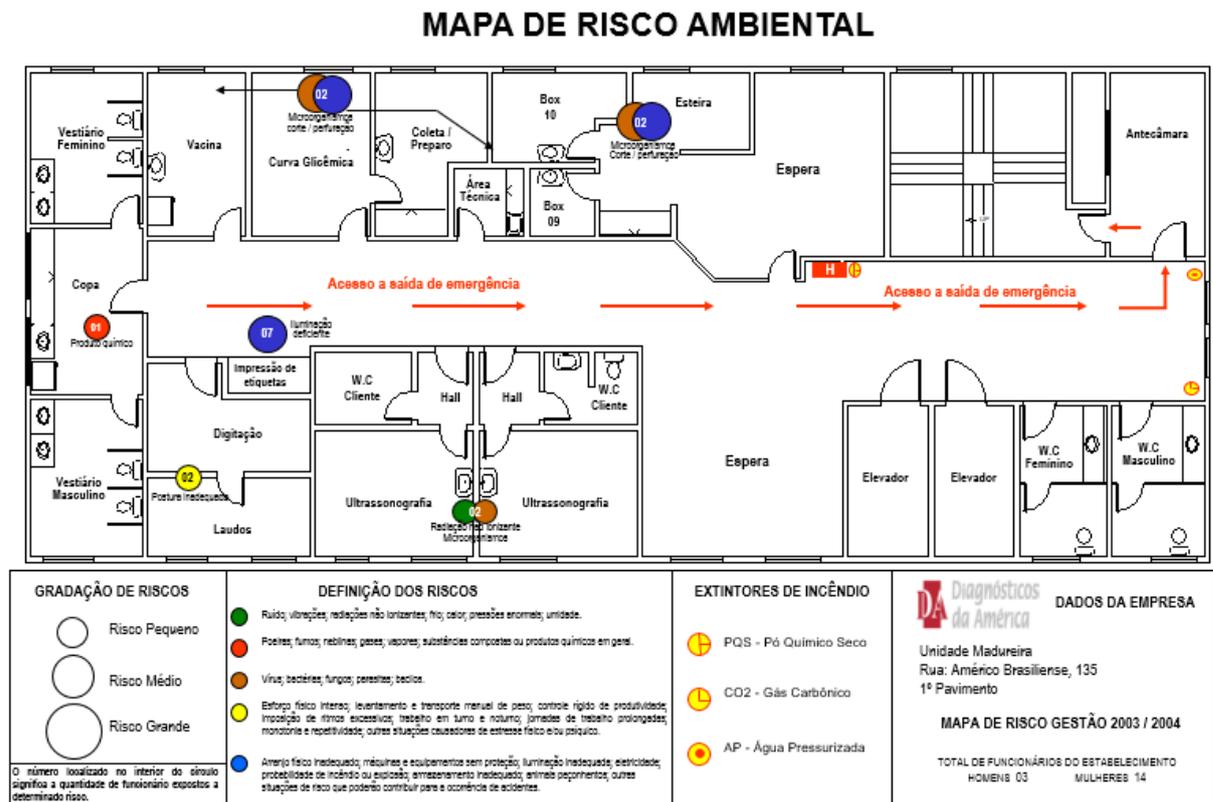
A sinalização de segurança está relacionada com um objeto, uma atividade ou uma determinada situação, suscetíveis de ocasionar riscos para o usuário. Com isso, uma sinalização bem planejada e executada é uma forma eficiente de prevenir acidentes no ambiente de trabalho (CAVALCANTI, 2016).

De acordo com a NR 26, a sinalização por cores é importante para advertir sobre os riscos existentes no ambiente laboratorial. O uso e a padronização de cores podem auxiliar na identificação de equipamentos de segurança, na delimitação de áreas, na identificação das tubulações de gases e líquidos e nos riscos que há em cada área do laboratório, conhecido por mapas de risco (BRASIL, 2011).

O mapa de risco é a representação gráfica (planta baixa) dos riscos de acidentes nos diversos locais de trabalho. As informações estão representadas por círculos de cores e com tamanhos diferentes que identificam os locais e os fatores que podem gerar situações de

perigo pela presença de agentes físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos; por rotas de fugas e por saídas de emergência, conforme exemplo apresentado na Figura 6 (CAVALCANTI, 2016).

Figura 6 - Mapa de Risco



Fonte: (BORGES, 2018)

O mapa de risco tem o objetivo de informar e conscientizar os usuários, ou seja, os técnicos, estudantes professores e monitores, quanto aos riscos existentes no laboratório, além de reunir informações para estabelecer o diagnóstico da situação de segurança e saúde dos trabalhadores e possibilitar atividades de preservação. Portanto, para conhecimento geral dos usuários, é importante que a equipe de segurança do trabalho do local seja responsável pela elaboração, atualização e fixação em local de visibilidade do mapa de risco (CAVALCANTI, 2016).

O objetivo de uma sinalização é chamar a atenção e comunicar a existência de uma fonte de risco e de perigo. Os sinais de alerta são padrões e devem ser na forma triangular com o pictograma preto sobre o fundo amarelo, que deve cobrir no mínimo 50% da superfície plana e margem preta (MARIANO, et al. 2012). Na Figura 7 há alguns exemplos de sinais de

alerta da forma que ele deve ser usado seguindo sua padronização, o que garante o seu reconhecimento por todas as pessoas em qualquer local do mundo.

A sinalização deve ser permanente para proibições, avisos, obrigações, meios de salvamento, equipamento de combate a incêndios, assinalar recipientes e tubulações, risco de choque ou queda, vias de circulação, telefones de emergência e saída de emergência. Com relação às sinalizações temporárias, essas devem ser para isolar locais de acidentes e delimitar área de procedimentos de risco (MARIANO, et al. 2012).

Figura 7 – Sinalização de alerta

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
A1		Alerta geral	Símbolo: triangular Fundo: amarela Pictograma: ponto de exclamação, em cor preta Faixa triangular: preta	Toda vez que não houver símbolo específico de alerta, deve sempre estar acompanhado de mensagem escrita específica.
A2		Cuidado, risco de incêndio	Símbolo: triangular Fundo: amarela Pictograma: chama, em cor preta Faixa triangular: preta	Próximo a locais onde houver presença de materiais altamente inflamáveis.
A3		Cuidado, risco de explosão	Símbolo: triangular Fundo: amarela Pictograma: explosão, em cor preta Faixa triangular: preta	Próximo a locais onde houver presença de materiais ou gases que oferecem risco de explosão.
A4		Cuidado, risco de corrosão	Símbolo: triangular Fundo: amarela Pictograma: Mão corroída, em cor preta Faixa triangular: preta	Próximo a locais onde houver presença de materiais corrosivos.
A5		Cuidado, risco de choque elétrico	Símbolo: triangular Fundo: amarela Pictograma: raio, em cor preta Faixa triangular: preta	Próximo a instalações elétricas que oferecem risco de choque.
A6		Cuidado, risco de radiação	Símbolo: triangular Fundo: amarela Pictograma: símbolo radioativo, em cor preta Faixa triangular: preta	Próximo a locais onde houver presença de materiais radioativos.
A7		Cuidado, risco de exposição a produtos tóxicos	Símbolo: triangular Fundo: amarela Pictograma: produto tóxico, em cor preta Faixa triangular: preta	Próximo a locais onde houver presença de produtos tóxicos.

Fonte: (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS, 2005)

As saídas de emergência devem ser sinalizadas e seu caminho de rota deve ser traçado por placas de sinalização para evitar que haja confusão durante o trajeto no momento de evacuações. Na Figura 8 estão representadas todas as possíveis placas de rota de fuga e das saídas.

Figura 8 - Placas de sinalização para saídas de emergência



Fonte: (CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO RIO DE JANEIRO, 2019)

De acordo com a Figura 8, a placa de sinalização escrita “saída de emergência” deve ficar na parte superior da porta e as placas de sinalização com setas, devem ser anexadas na parte superior das paredes em todos os possíveis percursos para que as pessoas cheguem nessas saídas de emergência. É recomendado que os laboratórios químicos tenham pelo menos duas portas para facilitar a evacuação de pessoas em caso de emergência (CIVILE, 2010).

2.7.2 Equipamentos/materiais de emergência

Os equipamentos/materiais de segurança são destinados às operações emergenciais em que a segurança e saúde das pessoas sejam comprometidas por algum acidente, sendo assim, para minimizar e/ou corrigir o problema, há a necessidade de seu uso. No laboratório químico deve ter os seguintes itens: caixa de primeiros socorros, extintor de incêndio, luvas, máscaras, óculos, “lava-olhos”, chuveiro de emergência e manta corta-fogo (MENEZES, et al. 2010). Desse modo, esses equipamentos/materiais devem permanecer em local de fácil acesso, o treinamento deve ser destinado a todas as pessoas envolvidas com as atividades que demandam riscos e a manutenção e testes de funcionamento devem ser feitos com frequência (MARIANO, et al. 2012).

O chuveiro de emergência e o “lava-olhos” são equipamentos essenciais para laboratórios em que haja manipulação de produtos químicos, sendo que em muitos casos são encontrados no mercado acoplados um ao outro, como exemplificado na Figura 9.

O chuveiro e “lava-olhos” devem ter acionamento por alavancas (Figura 9) ou pelo sistema de plataforma. Além disso, deve ser instalado em local de fácil acesso e com espaço livre de 1 m². Já no que diz respeito a manta corta-fogo, ela é utilizada em laboratórios que trabalham com elevado volume de líquidos inflamáveis, ou seja, laboratórios com risco considerável de incêndio. Essa manta é fabricada com tecido não combustível e extingue o fogo por abafamento (MARIANO, et al. 2012).

Figura 9 - Chuveiro de emergência acoplado com o "lava-olhos"



Fonte: Adaptado de (EPI Brasil, 2019)

Com relação à caixa de primeiros socorros, o ideal é que houvesse um treinamento no laboratório para garantir que todos tivessem noções de primeiros socorros, entretanto, como isso não é comum, o coordenador do laboratório e os funcionários são responsáveis por aplicar as técnicas, caso necessário. Portanto, é importante que na caixa contenha glicerina, soro fisiológico, gaze, etanol, esparadrapo, algodão, atadura, pomada para queimaduras, tesoura, pinça metálica e álcool iodado (MENEZES, et al. 2010).

Segundo a NBR 12693, o extintor de incêndio é um aparelho de acionamento manual, constituído de recipiente e acessórios contendo o agente extintor destinado a combater princípios de incêndio. A natureza do fogo, com relação ao material combustível, é classificada em quatro classes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

- Fogo classe A: envolve materiais combustíveis sólidos como madeiras, tecios, plásticos, borrachas.

- Fogo classe B: envolve os líquidos e/ou gases inflamáveis, os combustíveis, os plásticos e as graxas que liquefazem por ação do calor.
- Fogo classe C: envolve equipamentos e instalações elétricas energizadas.
- Fogo classe D: fogo em metais combustíveis, tais como magnésio, titânio, zircônio, sódio, potássio e lítio.

Atualmente, há uma classe nova, a classe K, que é levada em consideração devido ao alto grau de acidentes domésticos com óleos e gorduras. Na Figura 9 são apresentadas as classes de incêndio que são plotadas no extintor específico.

Figura 10 - Classes de incêndio



Fonte: (CAVALCANTI, 2016)

A utilização do extintor depende do agente iniciador do incêndio, portanto, para cada classe de fogo, há uma forma de extinção do fogo diferente. Sendo assim, há diversos tipos de extintores, porém os mais comuns são: o extintor de pó químico seco, em que o agente extintor pode ser bicarbonato de sódio ou bicarbonato de potássio anidro; o extintor de gás carbônico, que é composto pelo gás carbônico, como sugere o nome; o extintor de água, que o agente extintor é a água; o extintor de espuma, em que o agente extintor é uma mistura de água e LGE (líquido gerador de espuma) ou uma mistura de soluções de bicarbonato de sódio e sulfato de alumínio; e o extintor de hidrocarbonetos halogenados, que o agente extintor é uma mistura de hidrocarbonetos com carbonos substituídos por halogênios, como flúor, cloro, bromo e iodo. Com isso, está indicada no Quadro 2 a combinação certa de cada tipo de extintor com a classe de fogo (MENEZES, et al. 2010; CAVALCANTI, 2016).

Quadro 2 - Seleção do agente extintor segundo a classificação do fogo

Classe de fogo	Agente extintor						
	Água	Espuma química ⁽³⁾	Espuma mecânica	Gás carbônico (CO ₂)	Pó B/C	Pó A/B/C	Hidrocarbonetos halogenados
A	(A)	(A)	(A)	(NR)	(NR)	(A)	(A)
B	(P)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)	(A)
C	(P)	(P)	(P)	(A)	(A)	(A)	(A)
D	Deve ser verificada a compatibilidade entre o metal combustível e o agente extintor						

Nota: (A) Adequado à classe de fogo.

(NR) Não recomendado à classe de fogo.

(P) Proibido à classe de fogo.

⁽³⁾ Extintores com carga de espuma química tiveram sua norma de fabricação cancelada a partir de 1º de janeiro de 1990.

Fonte: (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013)

No quadro 2 não foi indicado o fogo de classe K, devido a recém implantação do extintor próprio para óleos de cozinha. Portanto, o agente extintor dessa classe é uma diluição de acetato de potássio em água que provoca uma reação de saponificação no momento do contato com o óleo (CIVILE, 2010).

Em um laboratório químico é ideal que tenha todos os tipos de extintores de incêndio, exceto aquele para o fogo de classe K, ou seja, o recomendável é o pó ABC, caso esse não seja possível, o indicador é o extintor de gás carbônico ou pó químico (MARIANO, et al. 2012).

A localização dos extintores de incêndio fixados em parede tem altura máxima estabelecida, ou seja, a alça de manuseio não pode ultrapassar 1,60 m do piso e a parte inferior deve ter no mínimo 0,20 m do piso. O extintor de incêndio deve ficar no local de menor probabilidade do fogo bloquear seu acesso, que seja visível para os usuários, que fique protegido, que não esteja obstruído por nenhum objeto e de fácil remoção para uso (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

2.7.3 Armazenagem de produtos químicos

Alguns riscos potenciais tem relação com o armazenamento e manipulação de reagentes usados em laboratórios químicos, pois a diversidade desses reagentes estocados com falta de planejamento e controle pode desencadear diversas reações paralelas com liberação de gases tóxicos, corrosão, combustão e, conseqüentemente, provocar acidentes (COSTALONGA; FINAZZI; GONÇALVES, 2010). Além disso, o resultado dessas reações

pode entrar em contato com o organismo por inalação, absorção cutânea e ingestão (SAVOY, 2003).

Em um laboratório, os riscos sempre existirão, sendo assim, é necessário criar estratégias para contornar a situação e eliminar os possíveis acidentes. De acordo com o Manual de Segurança do Instituto de Química (USP, 2004):

[...] 90% dos acidentes ocorridos em laboratórios são devidos ao comportamento pessoal e somente 10% provocados pelas instalações. Isto demonstra claramente que o maior risco dentro de um laboratório é o próprio laboratorista e como é importante seu desempenho correto e consciencioso [...] (USP, 2004, p. 15).

Por isso, conhecer as propriedades dos materiais estocados e manuseados, planejar os procedimentos de segurança para estocagem e informar os riscos e as medidas de segurança a todas as pessoas que manipulam os reagentes, podem auxiliar nesse desenvolvimento (COSTALONGA; FINAZZI; GONÇALVES, 2010).

Para o armazenamento dos produtos químicos deve-se levar em consideração o tipo do produto, ou seja, se ele é volátil, corrosivo, tóxico, inflamável, explosivo, peroxidável, oxidante, sensível à água, entre outros. Portanto, para armazenar os reagentes, é sensato considerar a compatibilidade ao invés de organizá-los por ordem alfabética ou por estado físico (MACHADO; MÓL, 2008).

A tabela de classes de incompatibilidade das substâncias deve ser consultada a fim de se evitar o armazenamento errôneo dessas substâncias, além disso, a tabela das possíveis reações entre os grupos de substâncias auxilia na tomada de decisões durante o planejamento de estocagem (ANEXO A e ANEXO B) (SAVOY, 2003). Porém de forma sucinta e esquemática, na Figura 11 observam-se as combinações apropriadas para o armazenamento de forma segura dos reagentes químicos.

Figura 11 - Tabela de compatibilidade entre os tipos de produtos químicos

			Ácidos Inorgânicos	Ácidos Oxidantes	Ácidos Orgânicos	Alcalis Inorgânicos (Bases)	Alcalis orgânicos (Bases)	Oxidantes Inorgânicos	Oxidantes Orgânicos	Tóxicos, inorgânicos	Tóxicos, orgânicos	Reativos com a água	Solventes orgânicos
		Compatibilidade por cor											
Ácidos Inorgânicos					X	X	X			X	X	X	X
Ácidos Oxidantes					X	X	X			X	X	X	X
Ácidos, Orgânicos			X	X		X	X	X	X	X	X	X	
Alcalis Inorgânicos (Bases)			X	X	X						X	X	X
Alcalis orgânicos (Bases)			X	X	X						X	X	X
Oxidante Inorgânico					X	X	X				X	X	X
Oxidante Orgânico						X	X					X	X
Tóxicos inorgânicos			X	X	X			X	X			X	X
Tóxicos orgânicos			X	X	X	X	X	X	X			X	
Reativos com a água			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X
Solvente orgânico			X	X		X	X	X	X	X		X	

X - Incompatível

Fonte: (LIBERALESSO, 2016)

É possível observar na Figura 11 as diversas classes de produtos químicos que são incompatíveis, portanto, os locais de armazenamento dessas substâncias devem ser amplos, com boa ventilação, protegidos de raios solares, com prateleiras largas e seguras e não devem ser armazenados juntamente com as vidrarias do laboratório (SAVOY, 2003). Os produtos corrosivos, ácidos e bases, devem ficar em prateleiras próximo ao chão; os inflamáveis e explosivos devem ser armazenados a grande distância de agentes oxidantes; os líquidos e os sólidos devem ser separados para evitar um meio adequado de reação caso haja quebra de algum frasco; e os líquidos voláteis em refrigeradores (COSTALONGA; FINAZZI; GONÇALVES, 2010).

Com relação aos refrigeradores usados para estocagem de produtos químicos voláteis, é errado o uso de refrigeradores domésticos para essa finalidade, devido ao fato de que esses equipamentos não estão adaptados com sistemas elétricos à prova de explosão e exaustão. Portanto, o ideal é usar refrigeradores apropriados para o armazenamento de produtos químicos (CIVILE, 2010).

Por fim, recomenda-se que a área destinada especialmente à armazenagem de produtos potencialmente perigosos, como aqueles controlados pela polícia federal, deve ser um local identificado, protegido, fechado a chave e com acesso controlado (CARVALHO, 1999).

2.7.4 Disposição primária de resíduos químicos

A destruição ambiental é um dos maiores problemas da sociedade moderna, sendo que as atividades humanas são as maiores causadoras da geração de resíduos que transforma negativamente o meio ambiente. Portanto, devido à pressão dos órgãos fiscalizadores e à conscientização, os estudos e ações preventivas e corretivas estão sendo progressistas a fim de evitar a aceleração da deterioração dos recursos naturais, como água, solo e ar (DELATORRE *et. al*, 2018).

A complexidade do gerenciamento de resíduos de laboratórios químicos é resultado do aumento da diversidade de substâncias identificadas como perigosas estar cada vez mais expressivo. Consequentemente, são necessárias soluções mais eficientes e maiores investimentos da parte de quem gera esses resíduos (DELATORRE *et. al*, 2018). Vale ressaltar que a geração desses tipos de resíduos não é exclusiva de indústrias, pelo contrário, os laboratórios de ensino e pesquisa também os produzem. Inclusive, a diversidade é elevada, considerando as diferentes atividades desenvolvidas nestes laboratórios, porém o volume representa somente 1% do total de resíduos perigosos (classe I) produzido, ou seja, é reduzido (MISTURA; VANIEL; LINCK, 2010).

Os pequenos geradores de resíduos são aqueles que produzem entre 100 e 1000 kg de resíduos perigosos por ano e/ou 0,8 a 8,8 kg por mês. Diante disso, eles são considerados pelos órgãos fiscalizadores como locais com atividades pouco impactantes, gozando de alguns privilégios, logo não são regularmente fiscalizados. Entretanto, considerando que haja um elevado número de pequenos geradores de resíduos no país e que a diversidade de resíduo (metais pesados, solventes halogenados, radioisótopos e material infectante) é alta, não se pode ignorar a necessidade de um programa de gerenciamento de resíduos (CIVILE, 2010).

Normalmente, o destino final dos resíduos químicos gerados em laboratórios institucionais, muitas vezes, é feito de forma incorreta nas pias, ralos, terrenos baldios ou misturados ao lixo comum. Além disso, quando os usuários dos laboratórios se conscientizam um pouco com a realidade da degradação ambiental, há um armazenamento, ainda errôneo, dos resíduos em frascos sem identificação ou misturado a substâncias que não deveriam está em contato (PAIM; PALMA; EIFLER-LIMA, 2002).

O armazenamento dos resíduos no interior do laboratório, como citado anteriormente, deve ser identificado, segregado e acondicionado de forma correta para facilitar o tratamento posterior. As áreas vocacionadas ao armazenamento temporário para posterior destinação final devem ser arejadas, fora do alcance de raios solares, mais próximos do chão. Com relação aos frascos, eles devem ser adequados para o tipo de resíduo, não podem ter mais de 80% da capacidade total preenchida, o rótulo deve conter o máximo de informações das substâncias, diagrama de *Hommel* (Figura 12) e informações complementares necessárias (DELATORRE *et. al.*, 2018).

Figura 12 - Diagrama de *Hommel*



Fonte: (CETESB, 2019)

O diagrama de *Hommel* da Figura 12 descreve de forma clara e sucinta diversas informações que ajudam no manuseio, transporte e tipo de tratamento final. Com isso, o rótulo fica mais completo e o gerenciamento de resíduos mais efetivo.

Uma das formas efetivas de segregar os resíduos químicos é dividindo-os em cinco grupos: clorados, acetatos e aldeídos, ésteres e éteres, hidrocarbonetos, alcoóis e cetonas. Outra forma de segregar os resíduos é por cores diferentes: 1) verde: resíduos orgânicos não halogenados; 2) amarelo: resíduos orgânicos halogenados; 3) azul: resíduos orgânicos ácidos; 4) vermelho: resíduos orgânicos básicos; 5) branco: mercúrio e resíduos de sais inorgânicos de mercúrio. Porém, é importante lembrar-se de consultar a tabela de incompatibilidade (ANEXO A) para verificar as exceções (PAIM; PALMA; EIFLER-LIMA, 2002).

2.7.5 Projeto de gerenciamento de resíduos adotado pelo Departamento de Química do CEFET-MG - baseado em relatos da professora Lúcia Emília

Em 1998, a professora Lúcia Emília e a professora Jeannete de Magalhães Moreira Lopes iniciaram um projeto de pesquisa e intervenção, denominado como “Melhoria da Qualidade Ambiental do Laboratório de Ensino do CEFET-MG”. Esse projeto envolve quatro partes principais, sendo elas: sinalização, gerenciamento de resíduos, criação de um *software* para aquisição racional de reagentes químicos e elaboração de POP’s. A questão da sinalização foi importante para erradicar as dúvidas sobre o local de armazenamento de materiais, acessórios e equipamentos; melhorar a segurança do laboratório; melhorar a organização, entre outros. A elaboração de POP’s permitiu padronizar a forma de realização das atividades cotidianas; evitar danos e divergências e instruir os usuários sobre a forma de utilizar os equipamentos. Já o *software* foi desenvolvido por um aluno e tem o nome de GEARRC (Gestão Estratégica para Aquisição Racional de Reagentes Químicos). Esse programa foi apresentado em 2017 no Congresso Mundial da IUPAC, em São Paulo, e garante a aquisição racional dos reagentes com base na expectativa de consumo, ou seja, não comprar mais que o necessário.

Com relação ao gerenciamento de resíduo, essa parte do projeto provocou a conscientização no CEFET-MG, tanto por parte dos professores como dos alunos. A professora Lúcia Emília relatou “[...] conseguimos mais que gerar produtos, mobilizamos pessoas.”, portanto, a segregação, a redução, a reutilização e o armazenamento de resíduos possibilitou que os químicos e estudantes pudessem trabalhar e adquirir conhecimento de forma sustentável. Dentro dessa etapa do projeto, a maior conquista foi a redução de volume e da escala dos roteiros de aulas práticas. Para reduzir o volume, o corpo docente adotou experimentos com vidrarias menores, porém, para o aluno praticar a preparação de volumes elevados, usam-se vidrarias grandes com água.

O ideal para o gerenciamento de resíduo era que não houvesse armazenamento primário, ou seja, que a maior parte dos resíduos fosse utilizada durante as aulas de diversas disciplinas e, que aquele resíduo não reutilizado fosse armazenado temporariamente fora dos laboratórios, até que a empresa especializada buscasse. Porém, como ainda não é a realidade da instituição, a professora Lúcia Emília criou o rótulo na Figura 13 abaixo para identificar corretamente os resíduos que ficam em armazenamento primário no laboratório.

Figura 13 – Rótulo desenvolvido no projeto de gerenciamento de resíduo do CEFET-MG

CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS PROJETO MELHORIA DA QUALIDADE AMBIENTAL EM LABORATÓRIOS DE ENSINO DO CEFET-MG PROGRAMA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS QUÍMICOS LABORATORIAIS		M	Q	A	L	E
RESÍDUO QUÍMICO PERIGOSO (CLASSE I, ABNT NBR 10.004:2004)						
GERAÇÃO DO RESÍDUO		DEPARTAMENTO		SALA		
UNIDADE <u>Campus I</u>		<u>Química</u>		<u>411</u>		
LABORATÓRIO <u>Química Inorgânica</u>						
CURSO <u>Tec. Química</u>						
DISCIPLINA <u>Lab. Química Inorgânica</u>						
TÍTULO DA PRÁTICA <u>Preparação do iodeto plumboso</u>						
RESPONSÁVEL(VÉIS) PELA GERAÇÃO DO RESÍDUO <u>Lúcia Emília</u>						
RESÍDUO		PERICULOSIDADE				
DATA(S) DA COLETA INTERNA PRIMÁRIA <u>26/04/19</u>		<input type="checkbox"/> INFLAMABILIDADE <input type="checkbox"/> CORROSIVIDADE <input type="checkbox"/> REATIVIDADE <input checked="" type="checkbox"/> TOXICIDADE <input type="checkbox"/> PATOGENICIDADE				
DESCRIÇÃO DO RESÍDUO: <u>Líquido, levemente amarelado</u>		SUB-CLASSE				
ESPÉCIES QUÍMICAS QUE CONFEREM PERICULOSIDADE AO RESÍDUO (ABNT NBR 10.004/04): <u>Pb²⁺</u>		<input type="checkbox"/> 1.1 - resíduo com mercúrio <input type="checkbox"/> 1.2 - resíduo aquoso com átomos de metais pesados e matéria orgânica <input checked="" type="checkbox"/> 1.3 - resíduo aquoso com átomos de metais pesados <input type="checkbox"/> 1.4 - resíduo orgânico líquido com substâncias halogenadas <input type="checkbox"/> 1.5 - resíduo orgânico líquido com propensão à formação de peróxido <input type="checkbox"/> 1.6 - resíduo orgânico líquido <input type="checkbox"/> 1.7 - resíduo inorgânico sólido <input type="checkbox"/> 1.8 - resíduo orgânico sólido <input type="checkbox"/> 1.9 - embalagem de vidro e/ou vidraria quebrada contaminada <input type="checkbox"/> 1.10 - embalagem de plástico contaminada <input type="checkbox"/> 1.11 - resíduo aquoso com ânions inorgânicos tóxicos <input type="checkbox"/> 1.12 - soluções aquosas ácidas (pH < 6) <input type="checkbox"/> 1.13 - soluções aquosas básicas (pH > 10)				
OUTRAS ESPÉCIES QUÍMICAS: <u>K⁺, I⁻, H₂O, H₃O⁺, OH⁻, NO₃⁻</u>						
VOLUME DO RESÍDUO: (L) _____ MASSA DO EMBALADO: (kg) _____						
DESTINAÇÃO						
REUTILIZAÇÃO <input type="checkbox"/>						
RECICLAGEM <input checked="" type="checkbox"/>						
TRATAMENTO PARA DISPOSIÇÃO FINAL						
A SER FEITO NO CEFET-MG <input checked="" type="checkbox"/>						
A SER FEITO POR EMPRESA ESPECIALIZADA <input type="checkbox"/>						
SERVIDOR(A) RESPONSÁVEL PELA COLETA INTERNA PRIMÁRIA						
NOME: <u>Lúcia</u> MATRÍCULA: <u>0392323</u> RUBRICA: <u>LC</u>						

Fonte: Arquivo pessoal da professora Lúcia Emília

Esse rótulo da Figura 13 contém todas as informações sobre a geração do resíduo, informações do próprio resíduo, a destinação, o responsável pela coleta interna, a periculosidade e sub-classe. Entretanto, alguns professores acharam esse rótulo trabalhoso e passível de dúvida. Com isso, criaram um rótulo adaptado, disposto na Figura 14.

Figura 14 – Rótulo para resíduos adaptado para uso nos laboratórios do CEFET-MG

 Departamento de Química Rótulo para Resíduos		 RESÍDUO QUÍMICO
Procedimento/ aula: _____		
Contém: _____		
Professor Responsável: _____	Gerado em: _____	

Fonte: Fonte: Arquivo pessoal da professora Lúcia Emília

Esse rótulo está sendo usado pela maior parte dos docentes, porém, por mais que ele seja prático para preenchimento, ele não contém as informações importantes do outro rótulo. Mesmo assim o uso dos dois rótulos é permitido nos laboratórios do Departamento de Química.

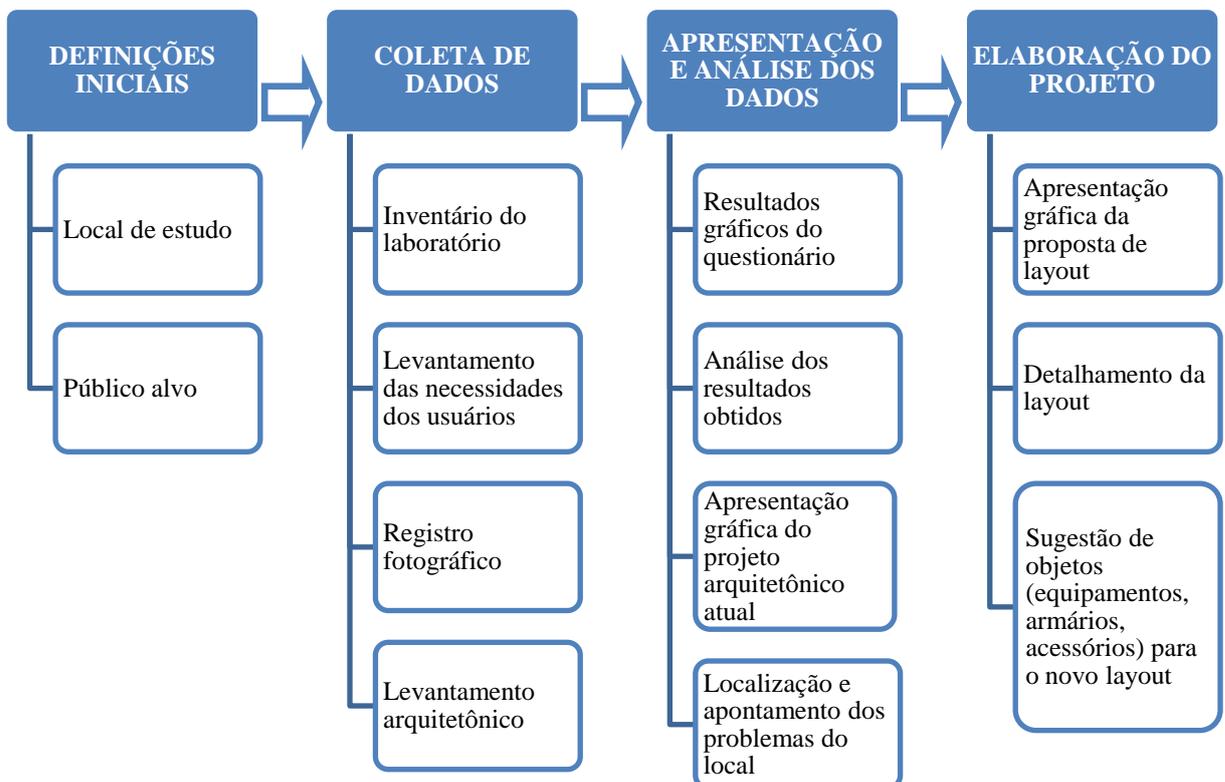
3 MATERIAIS E MÉTODOS

O método adotado foi a pesquisa exploratória definida a partir de um levantamento das necessidades elencadas pelos usuários e da condição atual do laboratório. Foram consideradas a estrutura física disponível, as limitações do espaço, os materiais/equipamentos de trabalho, a segurança e a acessibilidade para desenvolver um projeto de reestruturação de *layout*, conforme a realidade e particularidade do local em estudo.

3.1 Fluxograma

As etapas desenvolvidas na metodologia estão apresentadas detalhadamente na Figura 15 e são divididas em: I. Definições Iniciais, em que se caracteriza a escolha do local e do público alvo; II. Coleta de Dados, para auxiliar no desenvolvimento da proposta de *layout*; III. Apresentação e Análise dos Dados, para elencar problemas e possíveis soluções e, por fim, IV. Elaboração do Projeto, em que a proposta desenvolvida baseia-se em todo trabalho realizado anteriormente.

Figura 15 - Etapas desenvolvidas para a elaboração do projeto



3.2 Definições iniciais

O propósito deste trabalho foi auxiliar na reestruturação de um espaço que estivesse realmente precisando de reformas e adaptações. Dentro deste contexto, o local escolhido para a intervenção foi o Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG campus I, construído há 54 anos e que ainda não passou por uma reestruturação física. Além disso, o espaço apresenta diversas falhas de segurança e o uso de substâncias inflamáveis e voláteis potencializa os riscos do ambiente.

A pesquisa exploratória e o levantamento de dados concretos sobre a situação do laboratório requereu a participação de um grupo de pessoas com vivência cotidiana no local estudado. Nesse sentido, o público alvo selecionado contou com a participação dos docentes que lecionam no laboratório, do responsável técnico, que também leciona no local, e dos técnicos em química que são ou que já foram responsáveis por manter a organização desse laboratório. Com isso, a coleta de dados envolveu dez usuários que notoriamente dominam a rotina, reconhecem as limitações e as necessidades do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG.

3.3 Coleta de dados

A reestruturação de qualquer espaço físico deve ser planejada para garantir o funcionamento otimizado e, no caso de ambientes de ensino como os laboratórios com múltiplas atividades, faz-se necessário uma coleta detalhada de informações para subsidiar a montagem da proposta.

A participação dos usuários é uma etapa essencial e tem como finalidade registrar a relação do uso para melhor conhecer as limitações, a fim de evitar possíveis questionamentos ao final do projeto quanto às escolhas arquitetônicas para reestruturação do ambiente. Sobretudo, essa etapa é essencial e visa garantir a satisfação do cliente com o projeto final proposto que será implementado.

3.3.1 Inventário

A partir de um inventário disponibilizado pelo corpo técnico do CEFET-MG e de uma checagem das informações *in loco*, em outubro de 2018, foram catalogados todos os mobiliários, equipamentos e acessórios que se encontram no interior do Laboratório de

Química Orgânica (APÊNDICE A). Neste inventário, consta o número do registro, o número do patrimônio, a identificação, o funcionamento, a unidade e as características de cada item. Estas informações foram utilizadas na elaboração do questionário aplicado aos usuários do laboratório, com o intuito de elencar equipamentos/materiais/mobiliários que são dispensáveis pela quantidade excessiva ou pela falta de funcionalidade, e para auxiliar no dimensionamento qualitativo da quantidade de armários e bancadas necessários para o armazenamento indispensável no projeto final elaborado.

3.3.2 *Levantamento das necessidades dos usuários*

As necessidades dos usuários em relação ao espaço físico; à segurança; aos equipamentos/mobiliários indispensáveis e dispensáveis; à disposição dos alunos e às condições de trabalho no Laboratório de Química Orgânica foram coletadas a partir da aplicação de um questionário, usando como ferramenta o *Google Forms*®.

O questionário foi elaborado pela autora do trabalho, com base nas observações do laboratório, pela análise do inventário e pela experiência vivida no local durante seis anos assistindo aulas e realizando pesquisas. Este instrumento foi aplicado em novembro de 2018, a seis docentes que lecionam no laboratório, a três técnicos em química que trabalham ou já trabalharam no laboratório e ao responsável técnico do mesmo.

O contexto do questionário teve a finalidade de identificar os usuários participantes e suas atividades desenvolvidas no laboratório; avaliar o grau de satisfação dos mesmos perante a atual situação do local; conhecer as prioridades que cada usuário julga pertinente na reestruturação; listar os equipamentos que devem permanecer armazenados; avaliar a melhor disposição dos discentes durante as aulas; registrar outros equipamentos ou acessórios que julgam essenciais, além de possíveis sugestões/reclamações/observações que não foram abordadas no questionário (APÊNDICE B).

3.3.3 *Registro fotográfico*

O registro fotográfico do laboratório foi realizado em diversos ângulos, usando como ferramenta a câmera com resolução de 13 Mpx do *iPhone SE*, com a finalidade de registrar, demonstrar e documentar como o laboratório se apresenta antes da intervenção de *layout*.

3.3.4 Levantamento arquitetônico

A partir de uma planta baixa disponibilizada pelo Setor de Projetos do CEFET-MG, foi necessário realizar um melhor detalhamento das informações *in loco*, como as medidas, área de circulação, distância entre os objetos e as mobílias, usando como ferramentas uma trena manual de fita de 5,00 m e uma trena digital eletrônica *Seiko Instruments HC-1000*. Essas informações foram utilizadas para o desenho da planta baixa da atual situação do laboratório.

3.4 Apresentação e análise dos dados

De posse do inventário atualizado, dos registros fotográficos, da análise das respostas dos usuários e das informações do atual *layout* do laboratório, realizou-se o levantamento das necessidades e o planejamento da reestruturação do espaço com ênfase na viabilidade do projeto. Foram considerados os recursos necessários, a limitação física, a escolha e disposição de novos e antigos equipamentos/mobiliários, a segurança laboratorial e principalmente as sugestões dos usuários.

Além disso, utilizando como ferramenta o *software Autodesk Homestyler website* versão 3.0.0 e *Floorplan* versão 1.9.59, (programa totalmente *online* disponível no *site* https://www.homestyler.com/int/home?lang=pt_PT) para realizar a representação gráfica da planta baixa da atual situação do laboratório, garantir uma visão mais ampla e para auxiliar a localização/apontamento dos problemas identificados do local em análise.

3.5 Elaboração do projeto

A execução do projeto englobou todo o conhecimento e as informações adquiridas nas etapas anteriores desenvolvidas no trabalho. Portanto, o estudo prévio detalhado na referência bibliográfica, a escolha da metodologia, a coleta e a análise dos dados, a pesquisa de mercado de novos equipamentos, materiais e acessórios foram essenciais para a construção da proposta do projeto arquitetônico de reestruturação do laboratório.

3.5.1 *Proposta desenvolvida*

Utilizando o *software Autodesk Homestyler website* versão 3.0.0 e *Floorplan* versão 1.9.59, realizou-se a representação gráfica da proposta de planta baixa e de desenho 3D do Laboratório de Química Orgânica, incluindo aspectos de segurança laboratorial, área mínima de circulação, conforto, ergonomia, acessibilidade, iluminação e ventilação, conforme necessidades/prioridades dos usuários e normas de segurança de laboratórios de ensino. Por fim, detalharam-se os princípios que levaram as escolhas para gerar o *layout* final.

3.5.2 *Sugestão de novos equipamentos, materiais e acessórios*

Para auxiliar na definição dos novos materiais, dos equipamentos e dos acessórios realizou-se uma visita técnica a uma empresa local referência em engenharia laboratorial e hospitalar, no dia 24 de outubro de 2019, com consulta ao catálogo disponibilizado pela mesma, bem como pesquisas de outros fornecedores na *internet*. Desta forma, definiram-se algumas opções de equipamentos, materiais e acessórios para compor o *layout* do projeto final. Em geral, as informações desses objetos incluem o material de confecção, a estrutura, a funcionalidade e o diferencial de cada um deles.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Apresentação e análise dos dados coletados via questionário eletrônico

Para garantir a satisfação dos usuários diante da reestruturação de *layout*, nesse caso, do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG, uma etapa importante foi a coleta de dados e a participação dos mesmos para melhor compreensão das atividades desenvolvidas e para avaliar as expectativas diante a um projeto de reestruturação. De forma geral, o questionário eletrônico foi aplicado com o intuito de (i) avaliar o grau de satisfação dos usuários diante da atual situação do laboratório; (ii) definir a melhor disposição dos alunos durante as aulas práticas; (iii) apontar os objetos e equipamentos que são dispensáveis e indispensáveis para a rotina do laboratório e, (iv) definir e ordenar as prioridades para a montagem da proposta de intervenção.

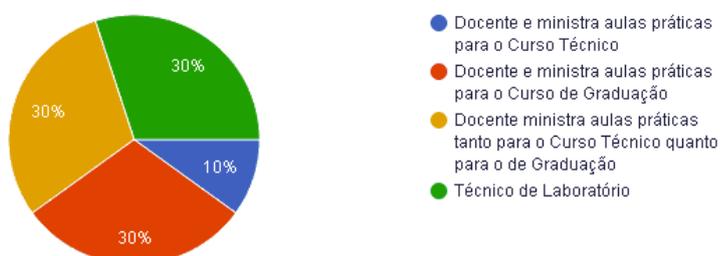
4.1.1 Identificação dos usuários

O relatório gerado pelo *Google Forms*® disponibilizou diferentes gráficos com as respostas das dez pessoas selecionadas para aplicação do questionário. No Gráfico 1, estão apresentadas as funções desempenhadas pelos entrevistados.

Gráfico 1 – Funções desempenhadas pelos usuários do Laboratório

Você é:

10 respostas



Fonte: *Google Forms*®

De acordo com os dados apresentados no Gráfico 1 os docentes que ministram aulas para o curso de graduação, para o curso técnico ou para ambos, representam 70% daqueles

que responderam o questionários. De fato o professor é uma peça essencial para compreender as vantagens e as limitações de um laboratório de ensino em que leciona.

Com relação aos técnicos, eles são responsáveis por manter a organização e o funcionamento deste espaço, logo, foram selecionados para participar do questionário por serem, frequentemente, os primeiros a depararem com as limitações do local. O atual responsável técnico é um docente do curso técnico e do curso de graduação e cabe a ele as decisões acerca das regras para a manutenção da ordem do espaço físico. Dessa forma, além de dominar a dinâmica de todas as atividades de aulas, ele é mantido informado dos problemas rotineiros, sendo a sua participação essencial durante a etapa diagnóstica.

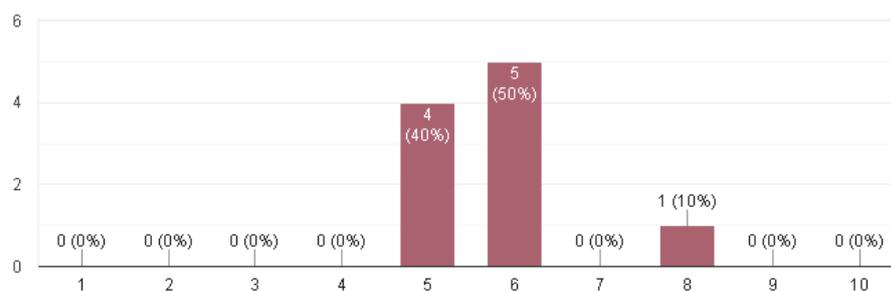
4.1.2 Satisfação dos usuários quanto às condições do atual espaço físico

Para ter ciência do grau de satisfação dos usuários, diante da atual situação do laboratório, os entrevistados deram uma nota de 0 (satisfação mínima) a 10 (satisfação máxima) para este quesito. No Gráfico 2 é possível verificar o grau de satisfação dos usuários.

Gráfico 2 - Grau de satisfação dos usuários do laboratório

Qual o seu grau geral de satisfação em relação ao espaço físico/infraestrutura oferecido atualmente pelo Lab 414?

10 respostas



Fonte: *Google Forms*®

Com base no cálculo da média ponderada das informações apresentadas no Gráfico 2, foi possível classificar o laboratório como mediano (média 5,8), ou seja, mesmo que o espaço físico tenha suas limitações, ele não recebeu uma pontuação abaixo de 5. Esse resultado pode ser justificado pela existência de laboratórios com condições mais inadequadas de trabalho dentro do Departamento de Química do CEFET-MG, pela adaptação dos usuários a diversas

restrições e improvisos ou mesmo devido ao entendimento de que os recursos e a verba pública são limitados.

4.1.3 Hierarquia das prioridades

Entende-se que um projeto supostamente perfeito para atender todas as necessidades e prioridades discutidas pelos usuários não é possível de ser montado. O local apresenta estrutura física limitada, além de recursos escassos para solucionar todos os problemas elencados. A proposta apresentada para a reforma do laboratório foi condicionada às prioridades estabelecidas pelos usuários, e foram ordenadas de forma crescente. No APÊNDICE C estão os gráficos brutos com estas prioridades descritas no questionário, sendo que cada um contém a informação de quantos usuários participaram em cada nível de prioridade (1 - máxima ao 10 – mínima).

Entretanto, a fim de melhor interpretar os dados disponibilizados nos gráficos e gerar informações conclusivas para a montagem do projeto, calculou-se a média ponderada de cada item, conforme o nível de prioridade estabelecido. No Quadro 3 estão disponibilizadas as informações de acordo com o resultado da média ponderada.

Quadro 3 – Média ponderada com os dados brutos da votação relacionada às prioridades de reforma do laboratório

Prioridades	Média ponderada
Projeto elétrico/hidráulico	1,9
Sistema de exaustão (Capela)	4,3
Layout (área de circulação)	5,2
Ventilação ambiente	5,4
Layout (definição de área seca/fria e área úmida/quente)	5,7
Área para armazenamento (temporário) de resíduo	5,8
Espaço didático (bancada e quadro negro)	5,9
Acessibilidade (atendimento PNE)	6,1
Iluminação	6,9
Aspectos estéticos (aparência)	7,8

Fonte: Elaborado pela autora

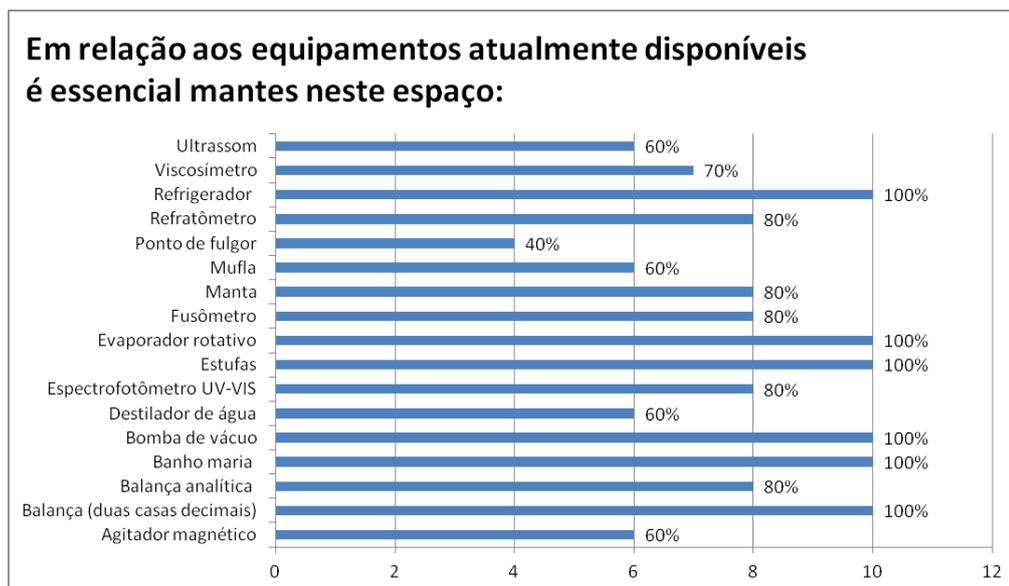
De posse dos dados do Quadro 3, foi possível iniciar a montagem de uma proposta para reestruturação do *layout* do Laboratório de Química Orgânica de maneira participativa. De acordo com a regra do questionário, as prioridades foram ordenadas de forma decrescente,

sendo que quanto mais próximo do número 1, maior é a prioridade e quanto mais próximo do número 10, menor a prioridade estabelecida.

4.1.4 Equipamentos essenciais para o laboratório

Neste espaço observou-se a presença de vários equipamentos que não estavam sendo usados com frequência e/ou que estavam com defeito. Entretanto, ao invés de serem descartados ou armazenados no almoxarifado, eles estavam distribuídos dentro do laboratório. No Gráfico 3 estão apresentadas as respostas sobre a relevância de permanência dos equipamentos.

Gráfico 3 – Equipamentos atuais essenciais para o laboratório



Fonte: Gerado pelo *Google Forms*® e adaptado pela autora

É possível observar que os usuários consideraram a maioria dos equipamentos como essenciais para serem mantidos no ambiente acadêmico em questão. No entanto, sabe-se que nem todos são usados com frequência, como é o caso do viscosímetro, ponto de fulgor, mufla e da balança analítica.

Por sua vez, o refrigerador, o evaporador rotativo, a estufa, a bomba a vácuo, o banho-maria e a balança com duas casas decimais foram identificados como importantes por todas as pessoas que responderam o questionário, ou seja, são essenciais na rotina e devem ficar expostos e de fácil acesso.

Considerando a importância e o desgaste desses equipamentos sugere-se a aquisição de modelos mais atuais. Particularmente, ressalta o uso de refrigerador doméstico que não é adequado para o uso em laboratórios, pois segundo Civile (2010), estes refrigeradores domésticos não estão adaptados com sistemas elétricos à prova de explosão e exaustão, portanto, a troca do mesmo também é fortemente indicada.

Alguns outros equipamentos que foram assinalados pela maioria dos participantes, como refratômetro, fusômetro, ultrassom, agitador magnético e manta, são utilizados, porém, com menor frequência de uso. Nestes casos, sugere-se o armazenamento no interior dos armários. Com ressalva do destilador de água, que precisa ficar interligado a instalação hidráulica e, do espectrofotômetro UV-VIS, que necessita de ser exposto em uma bancada por depender do computador para funcionar e por se tratar de um equipamento mais sensível.

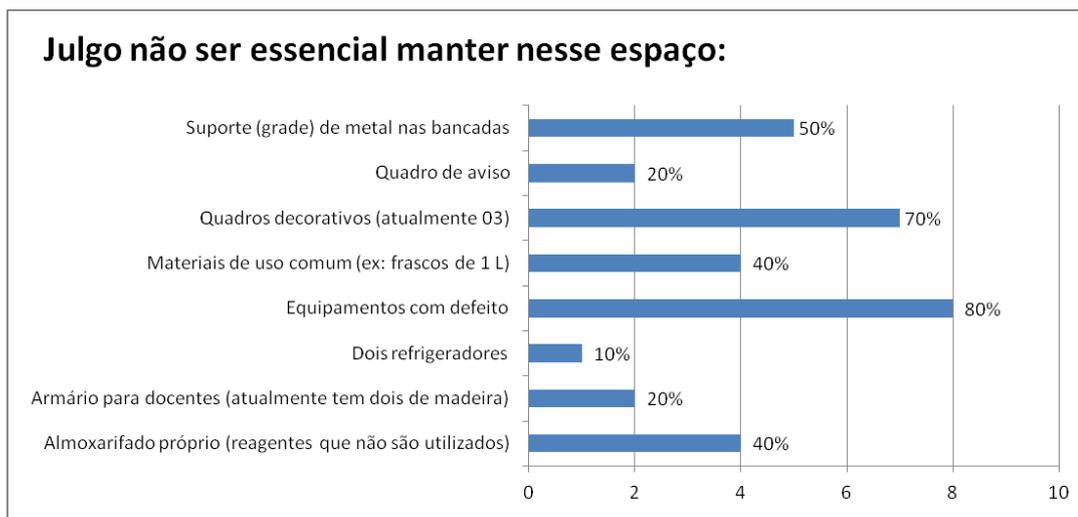
Por sua vez, sabe-se que uma balança analítica requer cuidados com ruídos e trepidações para garantir a precisão e exatidão requerida. Sendo assim, como o Laboratório de Química Orgânica não tem espaço físico disponível para a montagem de uma sala de pesagem separada, a sugestão é a retirada da mesma e utilização da sala de balança disponível no Laboratório de Análise por Via Úmida do próprio departamento, quando for preciso. A mufla é usada com pouca frequência, deste modo, para otimização do espaço disponível no laboratório, seria mais adequado a sua transferência para outro laboratório também parece satisfatória.

O viscosímetro e o equipamento para medida do ponto de fulgor estão com defeito e são equipamentos muito antigos, portanto, sugere-se descartá-los. Como o viscosímetro teve sete votos, a sugestão é que seja adquirido um modelo mais simples e compacto para ser armazenado dentro dos armários, já que seu uso não é tão frequente.

4.1.5 Materiais, mobiliários e equipamentos considerados não essenciais

Com relação aos materiais, mobiliários e equipamentos, os usuários elencaram aqueles que não são essenciais no espaço desse laboratório. No Gráfico 4 está apresentado o resultado da votação de cada um dos objetos listados no questionário. Consideraram-se como desnecessário no espaço, aqueles objetos com mais de 50% dos votos.

Gráfico 4 – Materiais, equipamentos e mobiliários não essenciais para o laboratório



Fonte: Gerado pelo *Google Forms*® e adaptado pela autora

De acordo com informações disponibilizadas no Gráfico 4, os equipamentos com defeitos e os quadros decorativos não são essenciais e, por isso, podem ser removidos do local. Consultando a planilha do inventário (APÊNDICE A), até a data de sua última atualização, seis equipamentos, dentre eles, refrigerador, manta aquecedora e bomba a vácuo estão entre os equipamentos que podem liberar espaço dentro do laboratório.

A grade de fixação instalada na primeira bancada dificulta a visualização do quadro negro pelos usuários, porém, como os votos foram inconclusivos, sugere-se que ela fosse anexada somente na última bancada para evitar a obstrução da visualização do quadro durante as aulas expositivas. Com relação à existência de um refrigerador e um freezer, os usuários classificaram os mesmos como essenciais. Deste modo, sugere a substituição do refrigerador existente por outro que tenha maior capacidade de armazenamento e que seja próprio para o uso laboratorial.

Dentre os demais acessórios citados no questionário, todos foram considerados essenciais, porém, sugere-se que: (i) o quadro de aviso, se realmente utilizado, esteja fixado ao lado da lousa que e seja menor; (ii) que tenha somente um pequeno armário próximo da mesa do professor para acomodar os livros para consulta; (iii) que o armário com os materiais de uso comum seja bem identificado e que abrigue somente o que realmente for útil para todos os usuários e (iv) que o almojarifado com os reagentes pouco utilizados seja estocado somente em uma parte dos armários, sempre trancado e sob controle dos responsáveis do laboratório.

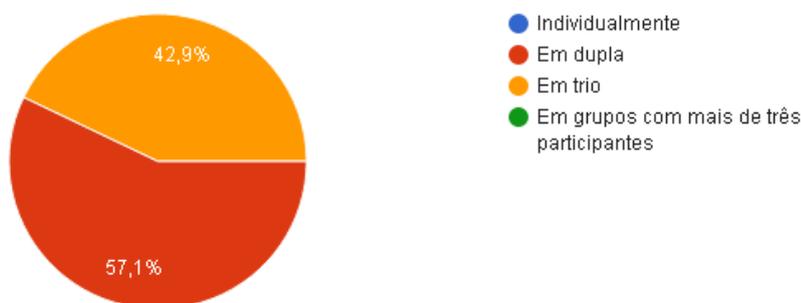
4.1.6 Disposição dos alunos no laboratório durante as aulas

Para compreender a melhor forma de organização dos trabalhos dos alunos durante as aulas, foi questionado aos usuários, como eles preferem dividir um grupo de 12 alunos. No Gráfico 5 está apresentado o resultado final.

Gráfico 5 – Divisão do grupo de alunos durante as aulas

Em relação as aulas que você (docente) ministra e considerando um grupo de 12 alunos, a melhor forma para o desenvolvimento dos trabalhos dos discentes é:

7 respostas



Fonte: Gerado pelo *Google Forms*® e adaptado pela autora

Conforme o Gráfico 5, os docentes preferem que as atividades desenvolvidas durante as aulas sejam em duplas, sendo necessário manter três bancadas centrais totalmente liberadas para este fim. Além disso, todos os materiais, acessórios e alguns equipamentos necessários para os experimentos devem ser disponibilizados para todos os grupos.

4.2 Detalhamento do atual *layout* do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG

O atual *layout* do laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG não sofreu alterações desde a grande obra de 30 anos atrás. Esse laboratório apresenta diversos problemas, sendo os mais importantes: a exaustão limitada a uma capela; a baixa taxa de iluminação; a ventilação inadequada; as instalações elétricas e hidráulicas antigas e sobrecarregadas; o excessivo gasto de água, devido ao descarte de água limpa usada em resfriamento de refluxos e destilações; a não observância dos aspectos ergonômicos para os usuários; o excesso de objetos e equipamentos não utilizados e com defeitos; as áreas de circulação e de bancada comprometidas; a segurança limitada quanto à inadequação no

armazenamento de reagentes/resíduos. Na Figura 16 estão apresentadas as fotos da atual situação do laboratório.

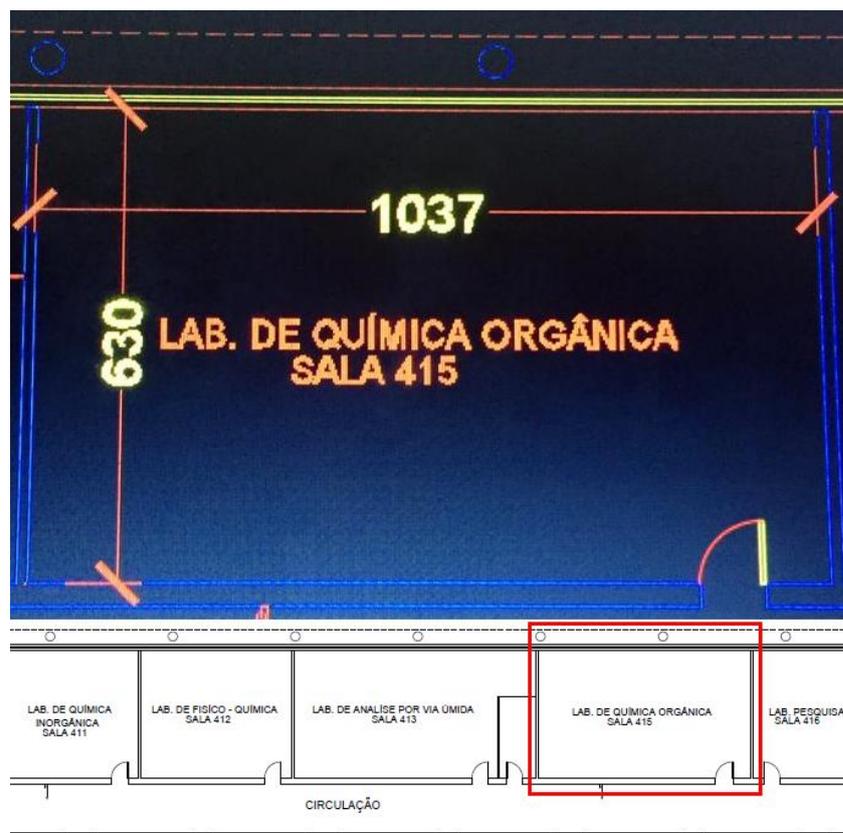
Figura 16 – Montagem com fotos atuais do Laboratório de Química Orgânica



Fonte: Acervo da autora

O Setor de Projetos do CEFET-MG da instituição não tem o registro em planta baixa com as informações detalhadas do espaço destinado ao Laboratório de Química Orgânica. As únicas informações disponibilizadas foram as medidas da largura e do comprimento interno. Na Figura 17 se encontra a planta baixa que foi disponibilizada pelo Setor de Projetos.

Figura 17 – Planta baixa de alguns laboratórios do Departamento de Química



Fonte: (Setor de Projetos do CEFET-MG, 2019)

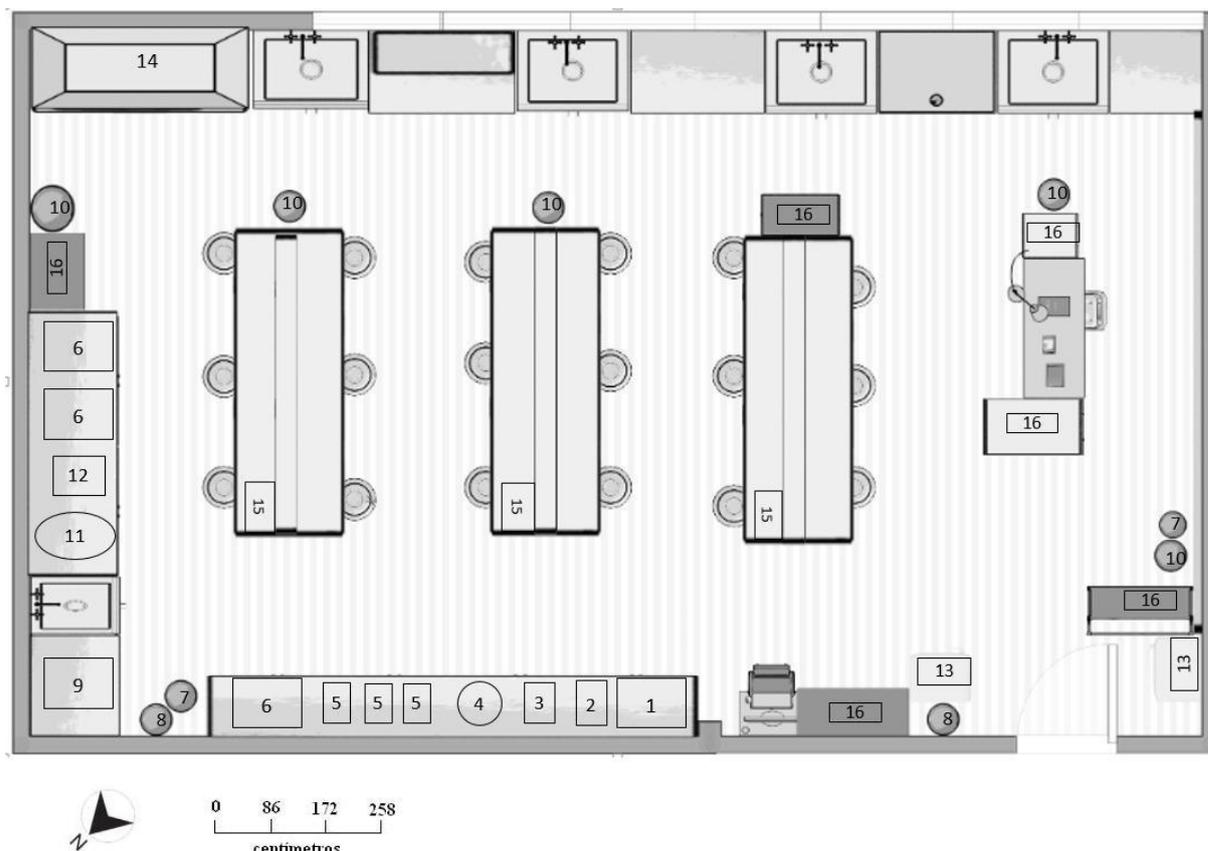
Considerando as informações restritas disponibilizadas pelo Setor de Projetos do CEFET-MG (Figura 17), o levantamento arquitetônico do Laboratório de Química Orgânica foi essencial para a montagem de uma planta baixa que apresentassem o detalhamento necessário. Na Figura 18 está apresentado um detalhamento da planta baixa do laboratório e, para melhor localizar os equipamentos, os mobiliários e os materiais expostos no laboratório montou-se o Quadro 4, que serve como legenda para os itens numerados na figura.

Quadro 4 – Legenda da planta baixa do atual *layout* do Laboratório de Química Orgânica

Identificação na planta baixa	Equipamento/material	Identificação na planta baixa	Equipamento/material
1	Espectrofotômetro UV-VIS	9	Rotaevaporador
2	Balança	10	Lixeira
3	Balança analítica	11	Dessecador
4	Viscosímetro	12	Banho-maria
5	Fusômetro	13	Geladeira/freezer
6	Estufa	14	Capela
7	Gás de cozinha	15	Bomba a vácuo
8	Extintor de incêndio	16	Armário/estante

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 18 – Planta baixa do atual *layout* do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG



Fonte: Elaborado no *software Autodesk Homestyler website*

De modo geral, o laboratório apresenta diversos equipamentos dispostos de forma aleatória nas bancadas das extremidades, ou seja, não há uma divisão de ambiente úmido/quente e ambiente seco/frio que poderia ajudar na organização e na conservação desses equipamentos. Como exemplo, o dessecador (frio/seco) fica próximo do banho-maria (quente/úmido). Ademais, alguns equipamentos com defeito e materiais inutilizados ocupam espaço do laboratório que podem ser destinado a outros objetos essenciais, o que, conseqüentemente, facilitaria a desobstrução do local. Na Figura 19 estão alguns registros fotográficos que apresentam os problemas causados por objetos obsoletos e sem utilidade aparente.

Figura 19 – Montagem com fotos de objetos obstruindo o laboratório



Fonte: Acervo da autora

De acordo com a Figura 19 encontram-se várias irregularidades quanto à disposição de objetos como caixas com vidros quebrados na área destinada ao extintor de incêndio; gás de cozinha que não está sendo utilizado e que está alocado na área de circulação; equipamentos com defeito ocupando espaço de bancada, freezer doméstico com defeito e diversas caixas sobre ele, impedindo a abertura da única porta; diversas mantas aquecedoras, bomba de vácuo com defeito e banco quebrado na estante destinada a materiais de uso pessoal dos alunos.

Com relação à ergonomia associada ao espaço didático do laboratório, os alunos e professores se deparam com diversas limitações. A falta de espaço para acesso das pernas nas bancadas destinadas aos experimentos dos alunos; o quadro de giz com objetos impedindo sua utilização; e a grade de montagem de vidrarias afixada nas bancadas que são obstáculos que podem comprometer o conforto e a comunicação entre os docentes e alunos. As fotos apresentadas na Figura 20 destacam esses obstáculos.

Figura 20 – Montagem com fotos do ambiente didático do laboratório



Fonte: Acervo da autora

De acordo com as fotos apresentadas na Figura 20, os armários sob as bancadas impedem que os alunos sentem-se de forma apropriada nas banquetas, podendo gerar desconforto. Além disso, não há lugar para guardar os assentos após o uso, o que compromete a área de circulação das pessoas durante os experimentos. Já o quadro negro que utiliza giz, gera uma poeira que pode irritar a pele e o sistema respiratório dos usuários, além disso, os professores não podem explorar completamente toda a área do quadro, devido à presença de uma estante que fica em frente ao mesmo. Por fim, a grade de fixação prejudica a visualização dos alunos durante a aula expositiva que normalmente precede a atividade experimental.

De maneira geral, não é difícil avaliar que as instalações elétricas e hidráulicas estão sucateadas e precisam de substituição. Na Figura 21, estão alguns indícios de que é preciso melhorar essas instalações.

Figura 21 – Montagem de fotos com instalações elétricas e hidráulicas



Fonte: Acervo do autor

Como a instalação elétrica é antiga, a fiação não é isolada por material antichamas, como recomenda NBR 13035 (1993); diversos pontos de tomada não suportam a potência de equipamentos novos; diferentes estilos de plugues e de tomadas geram insegurança devido aos equipamentos ligados em um mesmo adaptador; e a disposição de tomadas 110V e 220V não está em locais estratégicos para o uso apropriado. Ademais, o quadro de energia se encontra em local de difícil acesso, pois o refrigerador com defeito está acondicionado em frente (Figura 21).

Já a ventilação do laboratório não é suficiente para manter o local arejado, uma vez que a ventilação forçada é auxiliada por ventiladores antigos e muitas janelas que não abrem ou estão obstruídas pela capela de exaustão.

Com relação à instalação hidráulica, muitas tubulações foram improvisadas, ficando no lado externo das paredes (Figura 21). No passado, não havia conscientização quanto ao descarte de resíduos químicos pela rede coletora de esgoto via pia, portanto, a resistência dessas tubulações pode estar comprometida devido à corrosão e desgaste. Outro ponto importante é a perda de água de resfriamento durante os experimentos, como destilações e

extrações com refluxos, pela falta de uma interligação do destilador com a uma rede de coleta hidráulica, ocasionando uma perda de água potável que poderia ser reutilizada.

A segurança atual do laboratório é comprometida em diversos aspectos. Na planta baixa apresentada na Figura 16 é possível visualizar alguns problemas de segurança, como a porta do laboratório com abertura para dentro, a obstrução dos extintores de incêndio, a falta de saída de emergência e a existência de somente uma capela de exaustão. Além disso, na Figura 22 estão algumas fotos reais do que apresentam situações que podem comprometer a segurança do local.

Figura 22 – Montagem com fotos de locais do laboratório que não seguem regras de segurança



Fonte: Acervo da autora

Como visto na Figura 22, observa-se a presença de substâncias químicas armazenadas em locais impróprios, ou seja, reagentes no compartimento de manipulação da capela de exaustão e vários tipos de solventes em refrigerador doméstico sem proteção contra queda e de acúmulo de vapores; armazenamento de reagentes de forma pouco efetiva quanto à separação por incompatibilidade (ANEXO A); exaustão limitada de solventes químicos por

uma capela pequena; obstrução de extintor de incêndio por caixas, gás de cozinha e refrigerador; comprometimento da sinalização de aviso da existência de um extintor no local pelo próprio que se encontra na frente e; por fim, vidrarias quebradas em local improvisado exposto aos usuários.

Além disto, é possível verificar nas Figuras 18 e 22, que o atual laboratório não dispõe de sinalização de aviso (Figura 7); de mapa de risco; de chuveiro de emergência e “lava-olhos” (estão no corredor dos laboratórios); de manta corta-fogo; caixa de primeiros socorros contendo glicerina, soro fisiológico, gaze, etanol, esparadrapo, algodão, atadura, pomada para queimaduras, tesoura, pinça metálica e álcool iodado (MENEZES, et al. 2010) e de local apropriado com exaustão para armazenamento dos resíduos.

4.3 Proposta de reestruturação do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG

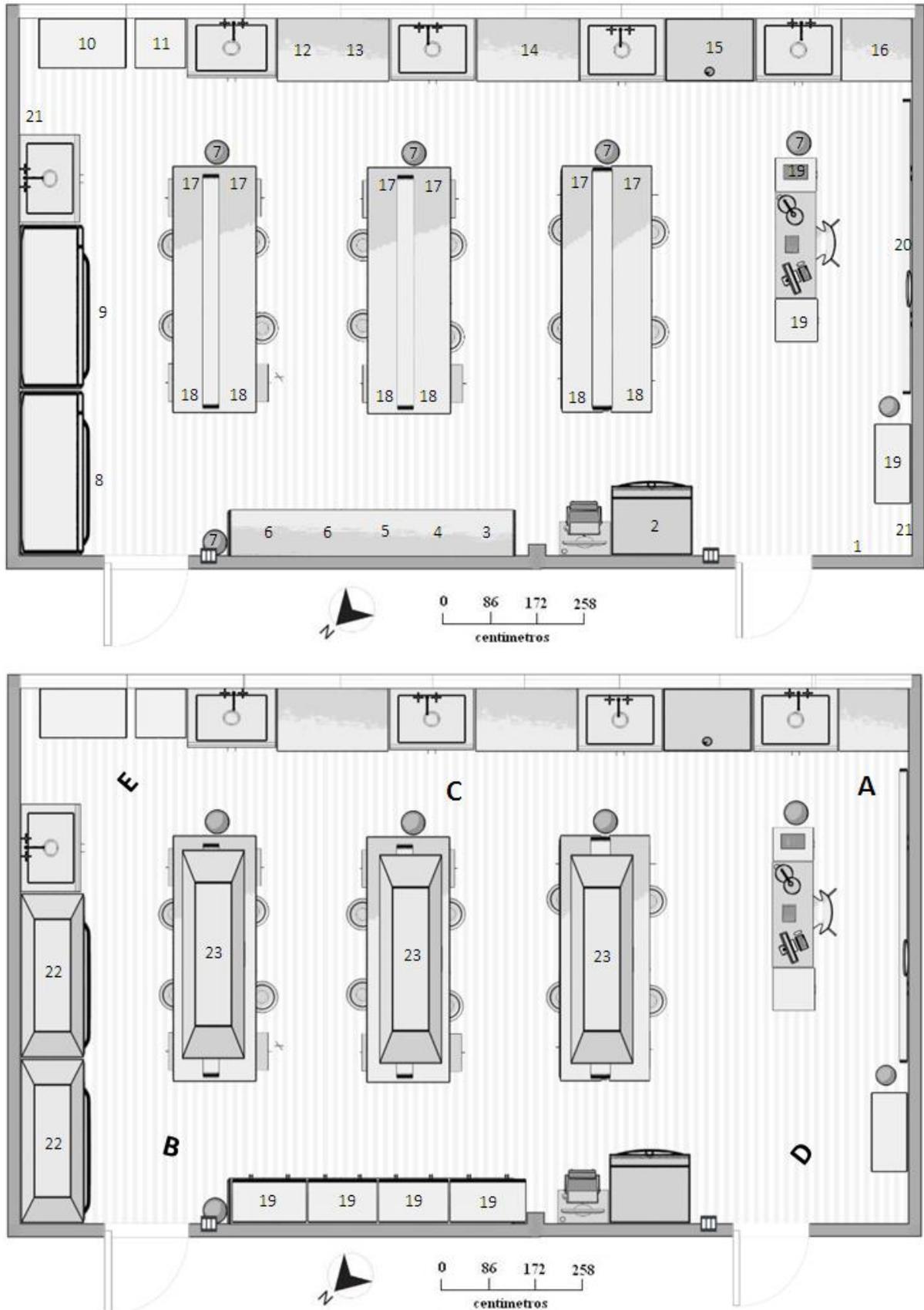
O Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG apresenta atualmente limitações físicas, não permitindo a expansão da sua área e por estar situado no quarto andar do prédio escolar do campus I – Belo Horizonte. Portanto, foi necessário avaliar propostas de melhorias do local sem expandir o espaço já determinado de 65,30 m². Na Figura 23 está apresentada a planta baixa com a nova proposta de *layout* para o local em dois cortes horizontais. Já no Quadro 5 estão descritas todas as legendas para identificação dos objetos, das instalações, dos equipamentos e dos acessórios elencados na planta baixa.

Quadro 5 - Legenda da planta baixa da proposta de *layout*

Identificação na planta baixa	Equipamento/material	Identificação na planta baixa	Equipamento/material
1	Quadro de energia	13	Ultrassom
2	Geladeira	14	Secagem de vidrarias
3	Espectrofotômetro UV-VIS	15	Rotaevaporador
4	Balança semi analítica	16	Destilador/reservatório de água destilada
5	Dessecador	17	Pontos de torneira
6	Estufa	18	Bomba a vácuo
7	Lixeira	19	Armário/estante
8	Armário para resíduos	20	Quadro de vidro
9	Armário para ácidos	21	Extintor de incêndio
10	Armário corta fogo	22	Capela de exaustão
11	Armário de reagentes	23	Coifas
12	Banho maria	-	-

Fonte: Elaborado pela autora

Figura 23 – Planta baixa do novo layout do laboratório



Fonte: Elaborado no software Autodesk Homestyler website

A Figura 23 é composta por uma planta baixa com o corte horizontal à altura de 3,0 m a partir da base, que registra todos os detalhes do laboratório, enquanto a outra planta baixa foi elaborada com o corte horizontal à altura de 1,50 m a partir da base, para facilitar a visualização da sugestão de reorganização dos objetos nas bancadas do laboratório. As letras informadas (A-E) na planta baixa são para identificação dos ângulos usados para as imagens em 3D.

Por mais que a planta baixa apresente uma visão geral do ambiente, um projeto em formato 3D facilita a ampliação da percepção do cliente, ou seja, torna possível verificar o *design*, o dimensionamento e o mobiliário proposto pelo projeto. Nas figuras abaixo estão os recortes em diversos ângulos (A-E) do projeto em 3D.

Figura 24 – Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo A



Fonte: Elaborado no *software Autodesk Homestyler website*

Figura 25 – Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo B



Fonte: Elaborado no *software Autodesk Homestyler website*

Figura 26 - Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo C



Fonte: Elaborado no *software Autodesk Homestyler website*

Figura 27 - Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo D



Fonte: Elaborado no *software Autodesk Homestyler website*

Figura 28 - Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório - Ângulo E



Fonte: Elaborado no *software Autodesk Homestyler website*

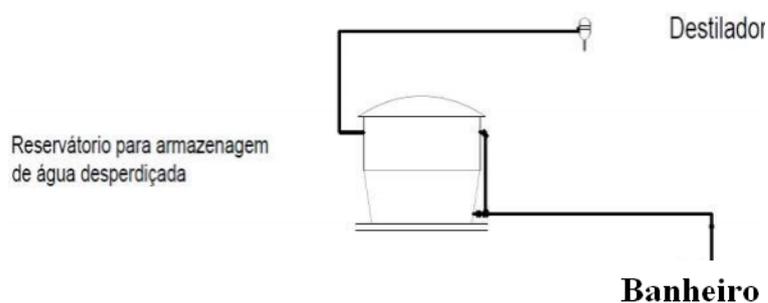
As Figuras apresentadas anteriormente são ilustrativas e expõem a ideia geral de como o *layout* dessa reestruturação ficou.

4.3.1 Projeto hidráulico/elétrico

Ao analisar as prioridades elencadas pelos usuários (Quadro 3), quanto as deficiências do local o projeto hidráulico/elétrico se destacou como prioritário dentro de uma proposta de reestruturação daquele ambiente. Porém, por se tratar de um projeto específico de profissionais da área, foram feitas algumas sugestões considerando as exigências para tornar o laboratório seguro e mais sustentável, além de visar à montagem de um pré-projeto hidráulico/elétrico mais funcional.

O laboratório deve está preparado para reutilizar a água potável que é descartada pelo sistema de destilação e pelos sistemas de resfriamento montados durante as aulas práticas. Com isso, para reciclar esta água sugere-se a instalação de um reservatório no andar de baixo interligado ao encanamento do destilador, conforme Figura 29. Conseqüentemente, a água poderia ser utilizada nos banheiros daquele andar e não necessitaria de bombeamento e, neste caso, usaria somente a força da gravidade. Com relação à água utilizada no sistema de resfriamento sugere-se que as montagens continuem sendo feitas em série para minimizar o consumo. Para facilitar o recolhimento da água de resfriamento sugere-se colocar uma pequena saída em cada bancada, exclusiva para esse tipo de água, que seja interligada ao encanamento do reservatório da Figura 29. Outra questão hidráulica é a troca de todo o encanamento do laboratório por materiais mais resistentes, de preferência no interior das paredes para evitar desgastes e danos.

Figura 29 – Esboço do projeto de reaproveitamento de água do destilador



Fonte: Figura adaptada de (BONFIM; MAIA, 2015)

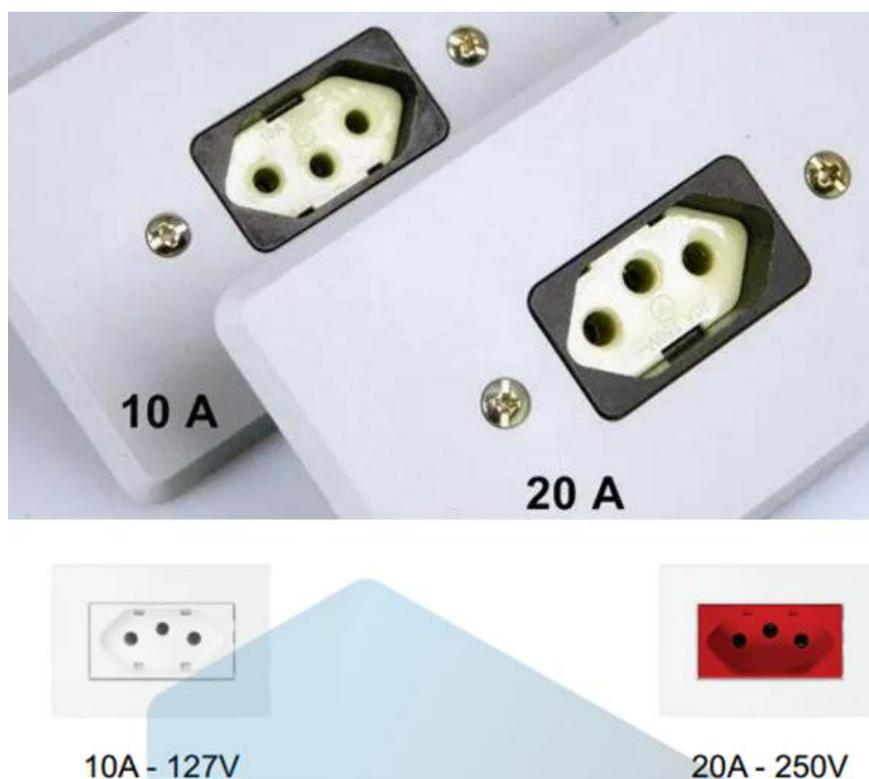
Com relação ao projeto elétrico, considerando que muitos equipamentos, como estufas e rotaevaporadores, utilizados no laboratório demandam alta capacidade elétrica, torna-se necessário redimensionar a rede elétrica para melhor atender as atuais e futuras demanda. É

comum encontrar tomadas com sobrecarga energética, devido à falta de tomadas compatíveis com os plugues dos equipamentos ou pela quantidade limitada das mesmas.

Nesta proposta foi sugerido que seja refeita a instalação elétrica contemplando as exigências e orientações das normas da NBR 5410 (1998); que as bancadas laterais tenham tomadas 110V e 220V com entrada para amperagem de 10A e 20A, para suprir as necessidades de todos os equipamentos; que essas tomadas sejam no novo padrão estipulado pela NBR 14136 (2013) e que as bancadas situadas no centro do laboratório tenham mais pontos de tomadas das duas amperagens para evitar sobrecarga. Já o quadro de energia, precisa ficar em local de fácil acesso e bem sinalizado, portanto, o espaço que foi reservado na planta baixa (item 1 da Figura 23) é para atender a esses critérios.

Na Figura 30 é possível verificar o novo padrão de tomadas que devem ser instaladas no Laboratório de Química Orgânica. No entanto, equipamentos importados e que utilizam redes em alta voltagem podem usar plugues diferentes, logo, nestes casos, o setor de manutenção da instituição deve ser acionado para substituir a tomada do local em que ele ficará acomodado para evitar o uso de adaptadores.

Figura 30 – Padrão de tomada determinado pela NBR 14136 e identificação de voltagem utilizada em laboratórios



Fonte: (BUZATTO'S, 2019)

De acordo com a Figura 30, as tomadas devem ser de três pinos, ou seja, é obrigatório que a tenha o encaixe para o pino terra, pois esse serve para proteger o usuário caso o equipamento esteja em curto circuito. O plugue do equipamento não é obrigado a ter o pino terra. Ademais, esse novo modelo de tomadas possui uma proteção contra contato direto, ou seja, os contatos elétricos internos são aprofundados em relação à superfície, protegendo os dedos contra um possível contato com o pino.

A instalação de tomadas com diferenciação de cores para as voltagens de 127V e 250V minimiza os problemas de dúvida no momento de utilização, já que com o tempo, ao colocar adesivos ou avisos identificadores de voltagem, esses podem se desgastar ou descolar. Com isso, o projeto de instalação deve apresentar esse tipo de tomada.

4.3.2 Capela de exaustão

A ventilação forçada em um Laboratório de Química que trabalha com solventes orgânicos é primordial para a saúde e conforto dos usuários, uma vez que este ambiente é caracterizado pelo uso de compostos voláteis e, muitas vezes, com alto grau de toxicidade como, por exemplo, formaldeído, benzeno, dimetilformamida e acetona. Esta afirmativa está de acordo com a ordem de prioridades estabelecida pelos usuários, que consideram este item o segundo de maior relevância.

Inicialmente, foi sugerida a instalação de duas capelas de exaustão, sendo uma para manipulação de resíduos e a outra para manipulação de substâncias voláteis durante a realização das aulas práticas. No entanto, uma única capela de exaustão para a manipulação de todos os alunos não é suficiente e a ampliação do número de capelas é incompatível com o espaço físico disponível. Sendo assim, para facilitar o andamento das aulas e evitar a aglomeração de pessoas em torno da capela, as coifas sobre as bancadas de trabalho foram sugeridas.

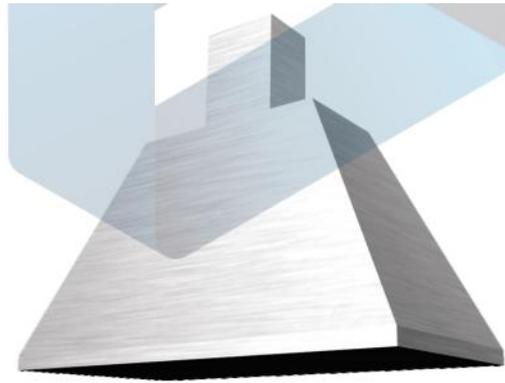
De acordo com Civile (2010), as capelas não podem ser instaladas próximas as correntes de ar. O local escolhido para a instalação das mesmas foi no lado oposto à porta de uso diário e das janelas, sendo assim, a exaustão e o funcionamento das capelas não ficam comprometidos. Com relação à tubulação das coifas e capelas, essas continuarão externas e com saída pelas janelas.

Uma visita a um fornecedor de sistema de exaustão permitiu conhecer diversos modelos de capelas e coifas projetadas de acordo com a necessidade do cliente. Na sequência

estão listados alguns modelos disponíveis no mercado, a fim de garantir modernidade e funcionalidade ao projeto.

Na Figura 31 encontra-se a coifa *Standard*, semelhante à ilustrada no desenho 3D do projeto. Essa coifa feita em aço inoxidável e fixa, apresenta painel de controle com botões de parada de emergência, de acionamento de exaustão e proteção contra choques e descargas elétricas (BUZATTO'S, 2019).

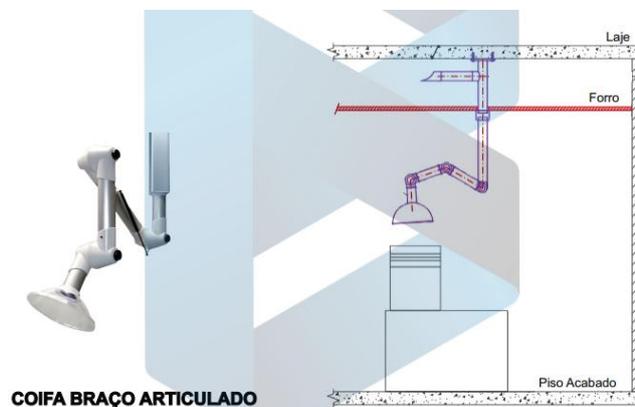
Figura 31 – Coifa *Standard*



Fonte: (BUZATTO'S, 2019).

Outro modelo de coifa que pode ser instalado neste laboratório é conhecido como coifa braço articulado. Este equipamento permite a captação dos poluentes diretamente na origem evitando a dissipação desses no ambiente. Os braços articulados podem ser conectados em um sistema de exaustão único, onde esse sistema pode dispor de filtros e/ou lavador de gases (BUZATTO'S, 2019). Na Figura 32 é possível entender melhor seu funcionamento.

Figura 32 – Coifa braço articulado



Fonte: (BUZATTO'S, 2019)

As capelas de exaustão podem ser projetadas conforme exigências do usuário, porém, alguns modelos servem como base para compreender os serviços e acessórios que a empresa tem a oferecer. As cabines *air clean* e com duto, apresentadas na Figura 33, são de acrílico e precisam de uma base para instalação. A diferença entre elas é que a do tipo *air clean* apresenta filtros de carvão ativado para filtrar os gases e lançar o ar limpo de volta para o ambiente (dispensa uso de tubulação externa), já a cabine com duto contém filtros para filtrar o ar contaminado e, através da tubulação, lança o ar limpo no ambiente externo (BUZATTO'S, 2019).

Figura 33 – Cabines de exaustão do tipo *air clean* e com duto



Fonte: (BUZATTO'S, 2019).

Na Figura 34, apresenta-se a capela de exaustão identificada pelo fabricante como Premium, um modelo fabricado pela Buzatto's, sob medida, e de acordo com exigências do cliente. Essa capela é composta por:

- Iluminação;
- Bojo com válvula para água;
- Válvula para GLP;
- Painel frontal com tomadas;
- Válvulas de comando a distância;
- Interruptor da iluminação interna;
- Comando eletrônico de purga automática com retardo de desligamento e purga noturna;
- Gavetas para frascos de 1 litro nas laterais da capela com exaustão forçada e conjugada à exaustão da capela;
- Armários inferiores com grelhas nas portas para exaustão do ar.

Figura 34 – Capela de Exaustão Premium



Fonte: (BUZATTO'S, 2019).

4.3.3 Área de circulação, ventilação, iluminação e área quente/fria

O *layout* proposto para a reestruturação do Laboratório de Química Orgânica foi planejado para evitar, ao máximo, que a atividade de um usuário atrapalhe a atividade de outra pessoa, lembrando que a disponibilidade de área física é limitante nesta proposta.

Por mais que a área de circulação não tenha apresentado diversas alterações, as medidas tecnicamente calculadas e possíveis foram inclusas no projeto. Na tentativa de contornar o problema de falta de espaço, recomenda-se que evite a instalação de muitos armários no piso e use, preferencialmente, armários do tipo suspensos.

Como exemplo de melhorias na área de circulação, tem-se a instalação de mais uma porta e a inversão das aberturas e a retirada e/ou diminuição de alguns armários de piso. Além disso, um dos benefícios da escolha por bancadas centrais vazadas que permite que os assentos (bancos) fiquem abaixo das mesmas, enquanto não estiverem sendo utilizados.

A proposta de separação e identificação da área quente/úmida da área fria/seca foi trabalhada, mas não ficou exatamente da forma prevista, pois, os equipamentos que utilizam o calor e a água representam a maioria dentro do laboratório. Sendo assim, de acordo com o número de bancadas nas laterais do laboratório, esse modelo de separação ficou ineficiente.

Como alternativa para a setorização destas duas diferentes áreas dentro do laboratório e, de acordo com a planta baixa da Figura 23, tentou-se organizar os equipamentos que demandam alimentação com água nas bancadas do lado direito, próximas às instalações hidráulicas. Já os equipamentos que não são alimentados por água, foram alocados nas bancadas do lado esquerdo.

A ventilação ideal dos laboratórios pode ser feita por climatizadores que, além de garantir o conforto térmico, permite o controle de substâncias voláteis no ambiente. Porém, devido à realidade dos laboratórios de ensino das instituições públicas, do alto consumo de energia e gasto para a manutenção, além da ausência de espaço disponível na única parede do laboratório que é externa, este projeto priorizou a melhoria da ventilação natural. Como alternativa em dias quentes e para facilitar a dissipação de gases sugeriu-se a instalação de ventiladores na parede.

Na proposta de reestruturação, as janelas devem continuar seguindo o padrão do prédio, ou seja, do tipo basculante, entretanto, a manutenção é essencial, uma vez que algumas delas não abrem e prejudicam a ventilação natural. Considerando que os ventiladores, prejudicam a exaustão feita pelas coifas, podendo dissipar os vapores indesejados pelo laboratório, o seu uso deve ser controlado (CIVILE, 2010).

A atual taxa de iluminação do laboratório não é prioridade entre os usuários, contudo, durante a fase de execução do projeto elétrico do laboratório, as luminárias devem ser reorganizadas, devido à presença das coifas.

4.3.4 Armazenamento de reagentes e resíduos

Segundo a professora Lúcia Emília, o Departamento de Química fez um pequeno almoxarifado controlado de reagentes de uso comum em cada laboratório, entretanto algumas adaptações precisam ser realizadas para garantir um armazenamento seguro e adequado. Inicialmente é importante observar que o armazenamento, independentemente se for feito em refrigerador ou armários, deve obedecer a critérios químicos definidos na tabela de incompatibilidade (ANEXO A e B) para correta separação. Posteriormente, os armários de reagentes e refrigeradores precisam garantir o máximo de segurança e integridade desses reagentes químicos para garantir a segurança mínima aos usuários.

Como discutido anteriormente, o refrigerador doméstico não é apropriado para armazenamento de reagentes, portanto, adquirir um refrigerador acoplado ao *freezer* com

sistema elétrico à prova de explosão e com exaustores pode facilitar o armazenamento de reagentes que demandam baixas temperaturas.

Na proposta elaborada foram incluídos três armários exclusivos para o armazenamento seguro de reagentes. Entre eles está o armário corta fogo para reagentes químicos inflamáveis (Figura 35), o armário corta fogo para reagentes corrosivos (Figura 36) e o armário para reagentes de modo geral (Figura 37)

Figura 35 – Armário corta fogo para reagentes inflamáveis



Fonte: (BUZATTO'S, 2019).

Por se tratar de um laboratório com diversos solventes orgânicos, em que a maioria é inflamável, escolheu-se um armário corta fogo grande, conforme ilustrado pela Figura 35, para que todos os reagentes dessa classe possam ser seguramente acomodados. Esse armário é construído com chapas de aço carbono e entre essas chapas é preenchido com uma camada resistente de isolante. Além disso, possui duplo sistema corta chamas, que funciona como respiros de ventilação para gases leves e pesados. Essa coloração vermelha é padrão e indica a estocagem de reagentes da classe III de produtos perigosos (BUZATTO'S, 2019). O armário para reagentes corrosivos está ilustrado na Figura 36.

Figura 36 – Armário corta fogo para reagentes corrosivos



Fonte: (BUZATTO'S, 2019).

O armário para reagentes corrosivos é fabricado da mesma forma que o armário da Figura 35, porém, a cor é diferente para identificar o armazenamento de reagentes corrosivos e/ou ácidos. Para o projeto desenvolvido, esse armário menor será alocado na parte inferior de uma capela de exaustão (item 9 da Figura 23). O armário para reagentes comuns está ilustrado na Figura 37.

Figura 37 – Armário com grelhas nas portas para armazenamento de reagentes



Fonte: (BUZATTO'S, 2019).

O armário de reagentes da Figura 37 foi escolhido para compor o novo projeto do Laboratório uma vez que apresenta grelhas fixadas na porta, que facilita a troca de ar com o ambiente e evita o acúmulo de gases voláteis no interior do mesmo. Mesmo havendo separação dos reagentes inflamáveis e corrosivos, os reagentes armazenados nesse armário podem gerar odores desagradáveis no interior do mesmo, sendo essencial a presença dessas grelhas nas portas.

Por fim, todos esses armários citados anteriormente devem conter chaves para controle de armazenamento dos reagentes.

Os resíduos gerados no laboratório de Química Orgânica são estocados de forma primária em um armário no fundo do laboratório, sendo assim, é essencial manter um local próprio e seguro para esses materiais. No projeto de reestruturação do laboratório uma capela de exaustão foi separada e designada para manipulação de resíduos (similar a Figura 34) além de um armário com exaustão forçada, com purga noturna e grelhas de ventilação para armazenamento exclusivo de resíduos gerados no laboratório (item 8 da Figura 23). Na Figura 38 é possível ver o modelo do armário.

Figura 38 – Armários para armazenamento de resíduos



Fonte: (BUZATTO'S, 2019).

O modelo de armário da Figura 38 é fabricado em MDF RU Ultra, com proteção contra umidade, cupins e bactérias.

Por fim, para que os resíduos possam ser repassados para empresas especializadas em tratamento e disposição final, é fundamental que a identificação e a separação desses resíduos sejam adequadas. O uso do rótulo desenvolvido pela professora Lúcia Emília (Figura 13), ou até mesmo aquele adaptado pelos professores (Figura 14), auxilia na identificação da composição dos resíduos.

4.3.5 Espaço didático e acessibilidade

Por se tratar de um laboratório destinado ao ensino, foi essencial pensar na acomodação dos discentes, no conforto ergonômico, no material de trabalho dos docentes e nas necessidades especiais de alunos que possam vir a fazer parte do corpo discente da instituição.

Para melhorar o conforto ergonômico, as bancadas propostas possuem um vão livre para encaixar as pernas dos usuários, evitando má postura. Cada lado da bancada foi projetado para acomodar dois alunos, já que por votação, a maioria dos docentes prefere desenvolver as atividades com duplas. Ainda priorizando o conforto, sugeriu-se que a grade de fixação de vidrarias fosse instalada somente na última bancada, uma vez que precisa permanecer no laboratório.

Conforme descrito na NBR 9050 (2015), a acessibilidade dos alunos com baixa estatura e/ou cadeirantes deve ser garantida com o uso de bancadas mais baixas do que o convencional. Sendo assim, a primeira bancada próximo à mesa do professor, com maior área de circulação, tem altura de 73 cm, largura de 40 cm e comprimento de 95 cm para cada cadeira de rodas, totalizando espaço para dois cadeirantes. Em contrapartida, as demais bancadas permanecem com 90 cm de altura e 40 cm de largura em cada lado. Além disso, as

portas do laboratório seguem as normas, ou seja, largura de 80 cm e maçanetas na altura de 1 m para facilitar a entrada e saída dessas pessoas. Entretanto, por mais que se tenha pensado nessas adaptações durante o projeto, não foi possível adaptar o espaço em sua totalidade, devido às restrições físicas, de equipamentos, de armários, dentre outras. Esta proposta prevê uma forma parcial de inclusão desses alunos com mobilidade reduzida e/ou com padrão de estatura abaixo da média.

Uma alteração feita para melhorar as condições de trabalho dos docentes foi a troca do “quadro negro” para o quadro de vidro ou quadro branco, que utiliza o pincel a tinta em substituição ao giz. Além disso, os materiais que atrapalhavam a completa utilização do quadro foram reorganizados para evitar este transtorno.

4.3.6 *Design e revestimentos*

Por mais que os aspectos estéticos do laboratório não tenham sido considerados prioritários pelos usuários, é visível pelos registros fotográficos o quanto esse espaço está visualmente prejudicado. Para melhorar o conforto visual recomenda-se que as paredes sejam pintadas com tinturas laváveis claras; que apresente piso resistente, de fácil manutenção e seguro; além de revestimentos de bancadas com materiais inertes e resistentes.

De acordo com o projeto 3D, sugeriu-se que as paredes do laboratório fossem revestidas com tinta lavável, branca e fosca, enquanto a parede de área molhada fosse revestida por pastilhas de tonalidade clara seguindo o padrão já usado em outros laboratórios do próprio departamento. Como o teto não tem forro ou gesso, o projeto foi feito sem a colocação do mesmo, ou seja, todas as tubulações e instalações deverão ser feitas externamente. Porém, caso os usuários prefiram as tubulações e instalações internas, é possível rebaixar o teto.

Atualmente, o CEFET-MG utiliza o piso do tipo Paviflex® em seus laboratórios, porém, após ter tomado conhecimento de diversas reclamações dos usuários sobre a difícil manutenção do mesmo, sugeriu-se o uso de resina epóxi. Esse piso é uma tintura à base de um plástico termofixo que endurece quando misturado com outros agentes químicos e suas vantagens são: alta resistência à umidade e produtos químicos; alta durabilidade e resistência à abrasão; ótima aderência aos diversos tipos de superfícies; suporta fluxo intenso de maquinários e pessoas e fácil manutenção (LACERDA, 2014). Na Figura 39 encontra-se um laboratório com piso de epóxi.

Figura 39 – Piso de Epóxi em laboratórios



Fonte: (BUZATTO'S, 2019).

Na Figura 39 é possível verificar como ficaria esteticamente o piso de epóxi no laboratório, além disso, sugeriu-se que os armários fiquem um nível acima do chão, em que essa elevação é feita pelo próprio epóxi, como visto na figura. É interessante essa elevação dos armários devido à praticidade de limpeza, pode-se lavar o chão sem danificar o material dos armários e, conseqüentemente, evitar o acúmulo de sujeira em frestas e cantos.

Os armários do laboratório devem ser feito em material MDF e cores claras para destacar avisos e identificações anexadas nos mesmos, além disso, todos os armários devem ter chaves. Com relação aos armários suspensos, Civile (2010) recomenda que não fiquem acima de 2 metros de altura para evitar acidentes e desconfortos, portanto, os armários foram planejados para serem instalados a 1,60 m do piso e recomenda-se o uso de pequenas escadas. Na Figura 40 ilustra-se como são esses armários.

Figura 40 – Armários de piso e suspenso com chaves



Fonte: (BUZATTO'S, 2019).

A bancada formato tipo “ilha” foi mantida no projeto para o desenvolvimento dos trabalhos dos alunos, além de um castelo no centro das bancadas, que pode ser vazado, o que garante maior aproveitamento do espaço das bancadas. Na Figura 41 há um exemplo da bancada do tipo “ilha” com castelo no centro e a superfície sugerida.

Figura 41 – Bancada do tipo “ilha” com castelo no centro



Fonte: (BUZATTO’S, 2019).

Segundo Mariano e colaboradores (2012), as superfícies usadas em bancadas devem ser rígidas, resistentes aos produtos químicos e impermeáveis. Os materiais mais usados são granito, aço inoxidável e compensado naval, no entanto os granitos de menor custo, como o Cinza Corumbá, podem satisfazer as necessidades da maioria dos laboratórios. Esse material que foi escolhido para compor o projeto (Figura 41) apresenta menor porosidade, ou seja, é inerte às substâncias químicas, é altamente resistente e o seu valor, comparado aos demais granitos, é atrativo. Já o castelo exposto na figura anterior é de dois andares, porém, devido à altura do mesmo, escolheu-se, como mostra a Figura 26, a opção de um andar para evitar o bloqueio da visão do quadro e possíveis acidentes.

4.3.7 Segurança laboratorial

Para que o Laboratório reestruturado obedeça rigorosamente as normas de segurança, além de se preocupar com os EPC’s e EPI’s, foram necessárias algumas modificações na estrutura física. A alteração mais importante foi o tipo de porta e a quantidade da mesma, pois, recomenda-se que portas de laboratórios tenham abertura para o lado externo para

facilitar a saída em caso de acidentes; que seja resistente ao fogo para evitar a dissipação do incêndio; que não tenha maçanetas e puxadores para não atrasar a saída emergencial e que tenha ao menos uma na entrada e outra no fundo do laboratório para facilitar o trânsito de pessoas durante uma evacuação do local em caso de acidente.

O projeto proposto tem duas portas com abertura para fora (externa) para garantir que os usuários, que estejam próximos à entrada ou próximos ao fundo do laboratório, abandonem o local com segurança, no caso de emergência. Além disso, o piso (andar) em que o laboratório está situado é cercado por diversos outros laboratórios e um acidente envolvendo fogo pode desencadear uma “reação em cadeia”, sendo então sugerida uma porta resistente ao fogo. Em contrapartida, não parece viável a existência de um laboratório com portas sem maçanetas e trancas, uma vez que dão acesso a um corredor aberto e de grande circulação de pessoas.

A porta próxima às capelas de exaustão foi projetada exclusivamente para uso em caso de emergência, conseqüentemente, ela deve ser uma porta que abre somente por dentro. As duas portas tem a sinalização de saída de emergência (Figura 8) e luminária de emergência para facilitar a evacuação do laboratório em momentos de falta de energia.

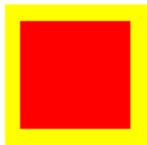
Atualmente, há dois extintores de incêndio do tipo ABC no laboratório, entretanto, como visto na Figura 22, eles ficam obstruídos por outros objetos, dificultando seu uso em caso de necessidade. Portanto os mesmos foram alocados no local identificado pelo número 21 da Figura 23. O local escolhido foi estratégico a fim de garantir que haja extintor nos dois extremos do laboratório. Além disso, a identificação do local desses extintores de incêndio é exigida pelo Corpo de Bombeiros de Minas Gerais, portanto, na Figura 42, encontram-se todos os tipos de identificação para esses equipamentos.

Figura 42 – Identificação para locais com extintor de incêndio

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação	
E1		Alarme sonoro	Símbolo: quadrada Fundo: vermelha Pictograma: fotoluminescente	Indicação do local de instalação do alarme de incêndio	
E2		Comando manual de alarme ou bomba de incêndio		Ponto de acionamento de alarme de incêndio ou bomba de incêndio. Deve vir sempre acompanhado de uma mensagem escrita, designando o equipamento acionado por aquele ponto	
E3				Indicação da posição do interfone para comunicação de situações de emergência a uma central	
E4		Telefone ou interfone de emergência		Indicação de localização dos extintores de incêndio	
E5		Extintor de incêndio		Indicação de localização dos extintores de incêndio com informações complementares (exemplo de numeração para controle)	
E6		Extintor de incêndio			
E7		Mangotinho		Indicação de localização do mangotinho	
E8		Abrigo de mangueira e hidrante		Símbolo: quadrada Fundo: vermelha Pictograma: fotoluminescente	Indicação do abrigo da mangueira de incêndio com ou sem hidrante no seu interior
E9		Hidrante de incêndio			Indicação da localização do hidrante quando instalado fora do abrigo de mangueiras

Continua

Continuação

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
E10		Coleção de equipamentos de combate a incêndio	Símbolo: Quadrado Fundo: vermelho Pictograma: semicírculo fotoluminescente	Indica a localização de um conjunto de equipamentos de combate a incêndio (hidrante, alarme de incêndio e extintores), para evitar a proliferação de sinalizações correlatas.
E11		Válvula de controle do sistema de chuveiros automáticos	Símbolo: Quadrado Fundo: vermelho Pictograma: chuveiro automático fotoluminescente	Indicação da localização da válvula de controle do sistema de chuveiros automáticos
E12		Sinalização de solo para equipamentos de combate a incêndio (hidrantes e extintores)	Símbolo: quadrada (1,00 m x 1,00 m) Fundo: vermelha (0,70 m x 0,70 m) Pictograma: borda amarela (largura = 0,15m)	Usado para indicar a localização dos equipamentos de combate a incêndio e alarme, para evitar a sua obstrução
E13		Seta à esquerda, indicativa de localização dos equipamentos de combate a incêndio ou alarme	Símbolo: quadrada Fundo: vermelha Pictograma: seta indicativa fotoluminescente	Indicação da localização dos equipamentos de combate a incêndio ou alarme. Deve sempre ser acompanhado do símbolo do(s) equipamento(s) que estiver(em) oculto(s).
E14		Seta à direita, indicativa de localização dos equipamentos de combate a incêndio ou alarme		
E15		Seta diagonal à esquerda, indicativa de localização dos equipamentos de combate a incêndio ou alarme	Símbolo: quadrada Fundo: vermelha Pictograma: seta indicativa fotoluminescente	Indicação da localização dos equipamentos de combate a incêndio ou alarme. Deve sempre ser acompanhado do símbolo do(s) equipamento(s) que estiver(em) oculto(s).
E16		Seta diagonal à direita, indicativa de localização dos equipamentos de combate a incêndio ou alarme		

Fonte: (CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS, 2005)

Dentre todas as simbologias da Figura 42, as escolhidas para compor a sinalização dos extintores de incêndio deste Laboratório de Química Orgânica foram a E5 e a E12. A E5 foi escolhida para destacar o local da existência de um extintor de incêndio, já a E12 foi escolhida para evitar que os usuários do laboratório acumulem objetos ao entorno do mesmo.

Para maior aprimoramento da segurança do laboratório, este projeto prevê a instalação de detectores de gases tóxicos e inflamáveis e de *sprinkler*. O *sprinkler* é um dispositivo comumente utilizado no combate a incêndios. Na Figura 43 encontra-se um modelo de *sprinkler*.

Figura 43 – Modelo de *sprinkler*



Fonte: (BUCKA, 2019)

O funcionamento de um *sprinkler* é baseado no rompimento do bulbo, um elemento sensível que contém um líquido em seu interior que se expande em determinada temperatura e rompe quando o incêndio se inicia, liberando água. Normalmente é necessária a instalação de alguns *sprinklers* para garantir a extinção de fogo em qualquer ambiente de grande circulação de pessoas.

5 CONCLUSÃO

Com o presente trabalho foi possível propor um *layout* para o Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG. A partir de um estudo que iniciou com um detalhamento da planta baixa disponibilizada pelo setor de projetos e seguiu-se com a atualização do inventário abrangendo todos os equipamentos e mobiliários, bem como as suas condições de uso. Estas etapas permitiram realizar um diagnóstico para o desenvolvimento de um novo *layout* com definições assertivas que minimizem os atuais problemas, como aglomeração de materiais; falta de organização; armazenamento de objetos desnecessários; desperdício; desconforto térmico e ergonômico; entre outros.

O questionário eletrônico, usando a ferramenta *Google Forms®*, aplicado aos usuários foi essencial para orientar a proposta do novo *layout*. A partir do relatório com as respostas dos usuários foi possível hierarquizar as prioridades. Ademais, informações complementares sugerindo o uso de coifa central, o remanejamento da grade de apoio e o reaproveitamento de água do resfriamento, que foram disponibilizadas pelos usuários foram incorporadas no projeto.

A proposta desenvolvida para o laboratório apresenta um *layout* atual; sustentável, quanto à água utilizada no laboratório; confortável ergonomicamente para docentes e discentes; com um sistema de exaustão diferenciado para atender às necessidades do uso de compostos voláteis com a instalação de capelas e coifas; equipado de dispositivos de segurança; com revestimentos tecnicamente adequados ao uso especificado e recomendados por normas; funcional; apropriado para o armazenamento primário e correto dos resíduos; além de acessível e organizado quanto aos equipamentos, reagentes, materiais e acessórios.

Por fim, o trabalho agregou conhecimento, sendo capaz de servir de suporte para que químicos, inicialmente inexperientes, possam desenvolver pré-projetos que minimizem as dúvidas e questionamentos durante a montagem do projeto final, tanto da parte dos profissionais da área quanto da parte do cliente. Com isso, para trabalhos futuros, seria interessante desenvolver o projeto final e a execução do mesmo.

REFERÊNCIAS

ABERGO - Associação Brasileira de Ergonomia. (2014). **O que é ergonomia**. Rio de Janeiro: ABERGO. Disponível em: <http://www.abergo.org.br/>. Acesso em: 21 ago. 2019.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (Brasil). **Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos: NBR 9050**. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

_____. **Iluminância de interiores: NBR 5413**. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

_____. **Instalações elétricas de baixa tensão: NBR 5410**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

_____. **Planejamento e instalação de laboratórios para análises e controle de águas: NBR 13035**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

_____. **Plugues e tomadas para uso doméstico e análogo até 20 A/250 V em corrente alternada - Padronização: NBR 14136**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução: NBR 15526**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009.

_____. **Sistemas de proteção por extintor de incêndio: NBR 12693**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.

_____. **Sistemas de revestimentos de alto desempenho, à base de resinas epoxídicas e agregados minerais - Projeto, execução e avaliação do desempenho – Procedimento: NBR 14050**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BIAZUS, M. A. **Condições De Trabalho Dos Professores Após A Implantação De Cursos Superiores De Tecnologia: estudo de caso em uma Instituição Pública Federal de Educação Tecnológica, a partir da abordagem ergonômica**. Orientadora: Rossana Pacheco da Costa Proença. 2000. 163f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

BONFIM, T. R. S.; MAIA, C. H. **Reaproveitamento da água de refrigeração de destilador para lavagem de vidrarias em laboratório de análise química**. 2015. Universidade de Rio Verde, Goiás, 2015.

BORGES, A. P. **O que é mapa de risco**. Segurança do Trabalho Sempre, Jan. 2018. Disponível em: <https://segurancadotrabalhosempre.com/o-que-e-mapa-de-risco/>. Acesso em: 02 set. 2019.

BRASIL. **Segurança em instalações e serviços em eletricidade.- NR-10**. Portaria MTE nº598, 2004. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/>. Acesso em: 01 ago. 2019.

BRASIL. **Segurança e Medicina do trabalho: Sinalização de segurança.- NR-26**. Portaria MTE nº229, 2011. Disponível em: <http://trabalho.gov.br/>. Acesso em: 02 set. 2019.

BUCKA. **O que é um sprinkler e como ele atua no combate a incêndios.** Disponível em: <https://www.bucka.com.br/> Acesso em: 30 out. 2019

BUZZATO'S. **Catálogo Geral.** Edição única. 2019. Disponível em: <https://www.buzattos.com.br/img/equipamentos/GERAL.pdf> Acesso em: 29 out. 2019.

CAMPAROTTI, C. E. S. **Inclusão do conceito de simbiose industrial na definição do layout:** Uma proposta conceitual. Orientador: Kleber Francisco Esposto. 2015. 135f. Dissertação (Mestrado em Processo de Gestão e Operações) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-28042015-083119/es.php>. Acesso em: 07 set. 2019.

CARUBELLI, C. R.; SILVA, A. P. P. **Central de Reagentes e Resíduos Químicos:** Capela. Disponível em: <https://www.uepg.br/crrq/seguranca-quimica/epi-epr-e-epc/capela/>. Acesso em: 19 ago. 2018.

CARVALHO, P. R. **Boas práticas químicas em biossegurança.** Rio de Janeiro: Interciência, 1999.

Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Rio de Janeiro (CAU/RJ). **Sinalização de saída de emergência.** Disponível em: <https://www.caurj.gov.br/aviso-atendimento-sera-interrompido-por-1-hora-no-dia-26-durante-treinamento-de-escape/sinalizacao-de-saida-de-emergencia> Acesso em: 22 out. 2019.

CAVALCANTI, G. O. **Manual de segurança para laboratórios.** 1ed, Natal: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2016. 48p.

CECCATO, A. P.; JORGE, C. M.; TORRES JÚNIOR, C. V. Implantação dos Laboratórios Básicos Padrão MEC/FNDE na rede pública do estado do Paraná pelo Programa Brasil Profissionalizado. **Revista Pesquisa e Debate em Educação**, v. 4, n. 2, p. 36- 47, 2014. Disponível em: <http://www.revistappgp.caedufjf.net/index.php/revista1/article/view/95>. Acesso em: 07 set. 2019.

CIVILE, N. R. **Contribuição para o programa de necessidades de laboratórios didáticos de química do ensino superior.** Orientadora: Cláudia Terezinha de Andrade Oliveira. 2010. 133f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/16/16132/tde-11012011-163402/en.php>. Acesso em: 05 out. 2018.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE MINAS GERAIS. **Instrução técnica nº 15. Dispõe sobre sinalização de emergência.** Diário Oficial de Minas Gerais, n.5, 25 out. 2005.

COSTALONGA, A. G. C.; FINAZZI, G. A.; GONÇALVES, M. A. **Normas de Armazenamento de Produtos Químicos.** Orientadora: Mary Rosa Rodrigues de Marchi. 2010. 41f. Monografia (Conclusão do curso) – Universidade Estadual Paulista, Araraquara.

DEL PINO, J.C.; KRÜGER, V. **Segurança no laboratório.** Porto Alegre: CECIRS, 1997.

DELATORRE, A. B.; SANTOS, L. A.; LIMA, R. F.; AGUIAR, C. J.; HUZIWARA, E. Gerenciamento de Resíduos Químicos: Uma proposta de implementação em laboratórios de ensino. *In: Congresso Sul Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade*, 1, Gramado, 2018. **Anais eletrônicos do Congresso Sul Americano de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade**. Gramado: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2018, p. 1-7. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/conresol/1conresol.htm>. Acesso em: 08 set. 2019.

EPI Brasil. **Chuveiro e Lava-olhos em crivo e bacia ABS**. Disponível em: <https://www.epibrasil.com.br/chuveiro-e-lava-olhos-com-crivo-e-bacia-abs-p5227/> Acesso em: 04 set. 2019

ERICKSON, J; HOSKINS, D. B. **Laboratory ergonomics. The wake-up call: A case study**. Chemical Health e Safety, 1998.

GONÇALVEZ FILHO, E. V. **Arranjo Físico da Fábrica** – Um modelo para o processo de projeto e um algoritmo genético para a formação de células de fabricação. 2001. Teste (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos. Disponível em: <https://bdpi.usp.br/item/001839765>. Acesso em: 20 fev. 2019.

Hemeroteca Digital, 2014. Disponível em: http://hemerotecadigital.cm-lisboa.pt/OBRAS/IlustracaoPort/1922/N842/N842_item1/P26.html. Acesso em: 24 out. 2018.

LACERDA, F. C. **Revestimentos de piso para restaurantes e cozinhas industriais**. Orientador: Prof. Dr. Adriano de Paula e Silva. 2014. Monografia (Especialização). Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte.

LEMOS, D. F. S.; PAIVA, D. G. C. L. **Procedimento Operacional Padrão: Recebimento, Transporte, Armazenamento e Utilização de Cilindros de Gases Medicinais**. 1ed, Uberaba: Ebserh, 2016. 22p. Disponível em: <http://www2.ebserh.gov.br/>. Acesso em: 20 abr. 2019.

LIBERALESSO, F. Programa de Gerenciamento de Produtos Químicos: Um Estudo de Caso. **Revista de Administração FW**, v. 15, n. 26, p. 3-17, dez. 2016. Disponível em: <http://revistas.fw.uri.br/index.php/revistadeadm/article/view/1949>. Acesso em: 05 set. 2019.

MACHADO, P. F. L.; MÓL, G. S. Experimentando Química com Segurança. **Revista Química Nova na Escola**, n 27, p.57-60, fev. 2008. Disponível em: http://www.ciencia.iao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=qne&cod=_experimentacaoensinode_12. Acesso em: 03 set. 2019.

MARIANO, A. B. et al. **Guia de laboratório para o ensino de química: instalação, montagem e operação**. 2ed, São Paulo: Conselho Regional de Química – IV Região, 2012. 33p.

MASSUIA, C. S. **As mudanças provocadas pela reforma de Gustavo Capanema na Era Vargas**. Presidente Prudente: Universidade Estadual Paulista, 2010. Disponível em: <https://www.webartigos.com/artigos/as-mudancas-provocadas-pela-reforma-de-gustavo-capanema-na-era-vargas/32249/>. Acesso em: 21 out. 2018.

MENEZES, S.; LIMA, J.; SILVA, G.; ANDRADE, T.; LEITE, A. **Projeto de Elaboração de um Laboratório de Química**. Orientador: Jorge Trindade. 2010. Monografia (Conclusão do curso) – Faculdade de Química, Universidade Federal do Pará, Belém.

MISTURA, C. M.; VANIEL, A. P. H.; LINCK, M. R. Gerenciamento de Resíduos dos Laboratórios de Ensino de Química da Universidade de Passo Fundo, RS. **Revista CIATEC – UPF**, Passo Fundo, vol.2, n. 1, p. 54-64, 2010. Disponível em: <http://seer.upf.br/index.php/ciatec/article/view/1420>. Acesso em: 08 set. 2019.

PAIM, C. P.; PALMA, E. C.; EIFLER-LIMA, V. L. Gerenciar Resíduos Químicos: Uma necessidade. **Caderno de Farmácia**, Porto Alegre, v. 18, n. 1, p. 23-31, 2002. Disponível em: <http://analiticaqmresiduos.paginas.ufsc.br/files/2013/10/farmacos-UFRGS.pdf>. Acesso em: 08 set. 2019.

PIZATO, E.; PARZIANELLO, J. E. **Avaliação dos laboratórios de química das escolas estaduais em município da região sudeste do Paraná**. Orientador: Edimir Andrade Pereira. 2012. Monografia (Conclusão de curso) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Pato Branco. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/911/1/PB_COQUI_2012_2_06.PDF. Acesso em: 12 jan. 2019.

QUIFACIL. **Imagens de laboratórios antigos**. Disponível em: <https://www.quifacil.com.br/fotos-laboratorios-antigos> Acesso em: 19 set. 2019.

REIS, A. C. et al. Elaboração e seleção de *layout* de laboratório de farmacognosia na Universidade de Brasília por meio da utilização dos métodos SLP e AHP. *In: VII CONGRESSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*, 2017, Ponta Grossa. **Anais eletrônicos do Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção**. Ponta Grossa: UTFPR, 2017. Disponível em: <http://www.aprepro.org.br/combrepo/2017/anais.php>. Acesso em: 20 set. 2018.

ROSENLUND, S. J. **The chemical laboratory: Its design and operation a practical guide for planners of industrial, medical, or education facilities**. 1 ed, New Jersey: NOYES PUBLICATIONS, 1987. 158 p.

SAVOY, V. L. T. Noções Básicas de Organização e Segurança em Laboratórios Químicos. **Biológico**, São Paulo, v.65, n.1/2, p. 47-49, jan./dez. 2003.

SILVA, S. C. **A intervenção da transdisciplinaridade da ergonomia um estudo de caso em uma fábrica de móveis em Ilhéus/BA**. *In* Anais do XV SIMPEP (Vol. 2008, pp. 83-95). Bauru: SIMPEP.

SICCA, N. A. L. **A experimentação no ensino de Química – 2º grau**. Orientador: Décio Pacheco. 1990. 165f. Dissertação (Mestrado em Metodologia de Ensino) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1990. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/jspui/handle/REPOSIP/252152>. Acesso em: 21 set. 2018.

SICCA, N. A. L. Laboratorio de Química en la escuela secundaria brasileña.

La distancia entre el discurso y la práctica. *In*: PASTRANA, P.A. **Las ciencias químicas y biológicas en la formación de un mundo nuevo**. México: Universidad Autónoma Metropolitana, 1995. p. 269-280. Disponível em: <https://bdpi.usp.br/item/000901638>. Acesso em: 21 set. 2018.

SICCA, N. A. L. Razões históricas para uma nova concepção de laboratório no ensino médio de química. **Paidéia**, Ribeirão Preto, n. 10, p.115-129, 1996. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/paideia/n10-11/09.pdf>. Acesso em: 21 set. 2018.

TAVARES, L. F.; FERNANDES, T. A. **Reestruturação do layout do laboratório dietético da Universidade Federal Fluminense**: planta física e equipamentos. *In*: XIII SIMPEP, 2006, Bauru. **Anais eletrônicos do Simpósio de Engenharia de Produção**. Bauru: UNESP, 2006. Disponível em: http://www.simpep.feb.unesp.br/anais_simpep_aux.php?e=13. Acesso em: 20 set. 2018.

USP (Universidade de São Paulo). **Manual de Segurança**. 2ed, São Paulo: Instituto de Química da Universidade de São Paulo, 2004. 56p.

APÊNDICE A – Inventário do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG

NI	Nº PATRIMÔNIO	IDENTIFICAÇÃO DO BEM	CATEGORIA	STATUS	CARACTERÍSTICAS	OBSERVAÇÕES
477	6854	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
1065	6625	ARMARIO DE MADEIRA	Mobiliário	-	ARMARIO DE MADEIRA - C/2 CORPOS 2 PORTAS 2 PUXADORES 2 FECHAD.MED.1,60x1,00x0,43 - MG-3628	
3015	6614	ARMARIO DE MADEIRA	Mobiliário	-	ARMARIO DE MADEIRA C/4 DIVISOES E 4 PORTAS - COR PRETA (TA-991/75)	
5261	6631	APARELHO DE PONTO DE FUSAO	Equipamento	Em uso	APARELHO P/DETERMINACAO PONTO DE FUSAO - C/Corpo aberto Completo c/Termômetro e Tubos capilares. Funcionamento em 115-V. 60-HZ. Mod. 1/A-6301 - ELECTROTHERMAL - NF.1520 de 12-11-71	
5358	6639	ESTUFA	Equipamento	Em uso	Estufa antiga e enferrujada	
5641	6668	QUADRO DE PAREDE	Acessório	-	QUADRO DE PAREDE - Moldura em Pinho Envernizada c/Fundo de Duratex - Med.0,45x0,79 (Reg.Ant.MG-4748)	
5642	6669	QUADRO DE PAREDE	Acessório	-	QUADRO DE PAREDE-Moldura em Pinho envernizada c/ fundo de Duratex Med. 0,54x0,79(Reg.Ant.MG-4749)	
5643	6667	QUADRO DE PAREDE	Acessório	-	QUADRO DE PAREDE-Moldura em Pinho envernizada c/ fundo de Duratex Med. 0,54x0,79(Reg.Ant.MG-4750)	
22427	6549	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
23070	6572	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
23071	6573	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
23076	6609	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
23080	6705	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
23089	6715	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
23771	6605	FICHARIO DE AÇO	Mobiliário	-	FICHARIO DE AÇO COM 8 GAVETAS Marca: FIEL	
31281	6855	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
36972	25023	ESTANTE DE METAL	Mobiliário	-	Estante de metal na cor marrom	
46516	6905	MESA ESCOLAR PEQ.	Mobiliário	-	Mesa de madeira	

NI	Nº PATRIMÔNIO	IDENTIFICAÇÃO DO BEM	CATEGORIA	STATUS	CARACTERÍSTICAS	OBSERVAÇÕES
62486	6629	VISCOSÍMETRO	Equipamento	Em uso	QUIMIS, 220V, MODELO Q303.D.2 – Nº 311.575	
65224	6508	PONTO DE FULGOR	Equipamento	Em uso	Medidor de ponto de fulgor copo aberto, QUIMIS, 220 V, modelo Q.292.N.2 – Nº407.030	
67615	6688	CADEIRA FIXA	Mobiliário	-	CADEIRA FIXA,S/BRACO, EM ESPUMA,REVESIMENTO EM CURVIN,PRETA MEDINDO 0,46X0,40X0,47, ESTRUTURA EM METALON, MARCA MADEFLEX	Revestimento rasgado
71056	7227	CADEIRA FIXA	Mobiliário	-	CADEIRA FIXA PARA ESCRITORIO ASSENTO E ENCOSTO ESTOFADOS,SEMBRACO,MARCA MADEFLEX, MOD.1013.CONF.NF.NR.000238 DE 06-11-95	Revestimento rasgado
71550	6742	AGITADOR	Equipamento	Em uso	AGITADOR ROTATIVO MAGNETICO, 220V, TIPO OP-951,COMPLETO,VELOCIDADE MAXIMA DE ROTACAO:1000 RPM.	
72842	6695	BALANCA PARA LABORATORIO	Equipamento	Em uso	BALANCA PARA LABORATORIO ANALITICA, 220V - ELETRÔNICA - MOD.KERN -440-53 - CAP.MAX.5000G-MICRO PROCES.- CAP.41G/90G-200 QUILATES- C/PESOS DE CALIBRAGEM PRATO INOX.75MM- NR.DE SERIE 5706311	
82369	6641	CONJUNTO DE MOBILIARIO PARA LABORATORIO	Equipamento	Em uso	CONJUNTO DE MOBILIARIO PARA LABORATORIO - CONF. PL-630/01 (CAPELA)	
82377	6535	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
82378	6850	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
82400	-	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
82403	6570	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
82420	6630	APARELHO DE PONTO DE FUSAO	Equipamento	Em uso	APARELHO P/DETERMINACAO PONTO DE FUSAO, 110 V–Medidor de Ponto de Fusão-QUIMIS	
82431	6649	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA PARA BALAO 500/ML - QUIMIS MODELO Q.321.A24, Nº 610.152, 220V - NR.SERIE 692817	
82433	6652	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Com defeito	MANTA AQUECEDORA PARA BALAO DE 1000/ML - NR.SERIE 132468	

NI	Nº PATRIMÔNIO	IDENTIFICAÇÃO DO BEM	CATEGORIA	STATUS	CARACTERÍSTICAS	OBSERVAÇÕES
82443	6642	BANHO MARIA	Equipamento	Em uso	BANHO MARIA COM 06 BOCAS - NR. SERIE 0682/01	Em péssimo estado de conservação
86681	6509	APARELHO P/DETERMINAÇÃO PONTO DE FULGOR	Equipamento	Em uso	APARELHO P/DETERMINAÇÃO PONTO DE FULGOR- 220V- Mod.Tag. Semi Automático-Marca Walter Heriog.	
86798	6887	LAVADORA ULTRA-SOM	Equipamento	Em uso	LAVADOR ULTRASSOM - Bivolt -Mod. USC / 750	
86836	-	BOMBA DE VÁCUO	Equipamento	Em uso	QUIMIS, MODELO Q-355.B.2 – Nº 906850, A ÓLEO, 220V	
87012	6682	ESTUFA	Equipamento	Com defeito	ESTUFA QUIMIS - 110 V	
87857	6626	REFRATOMETRO	Equipamento	Em uso	REFRATOMETRO - ABBE - Escala Refração (ND) 1300-1720 E - 0 -95% (BRUX) - Mod. 2 WAJ: (OD-001) - Marca DIGIT	
87961	6662	AGITADOR	Equipamento	Em uso	AGITADOR Magnético macro com aquecimento, velocidade máxima 5 a 1300 RPM, tensão 220v, Marca: Quentes	
89807	7200	GAVETEIRO	Mobiliário	-	GAVETEIRO - Volante c/03 gavetas e vão superior p/ catálogos, Med. 40x50x66, de madeira de 18mm, revestido em laminado metálico texturizado, cor Argila, 04 rodízios duplos, marca ML	
91067	22787	MICROCOMPUTADOR	Equipamento	Em uso	MICROCOMPUTADOR-Processador pentium IV 2.8/533-GHZ-disco rígido 80-GB Ultra DMA 7200 RPM-Disco flexível 3,1/2"-1.44-MB-Placa Vídeo Onboard-Drive CD ROM 52X-Gabinete ATX Torre-Monitor Philips SVGA 17"DOT PICH 0.28-Teclado Mini-Din-Placa Rede Onboard-Kit M	
94022	31325	BANHO MARIA	Equipamento	Em uso	BANHO MARIA - Quimis Mod. Q334-18, 110V, termoregulável 08 bocas- Pregão 54 -Proc.6225/06	
107693	48859	BANHO MARIA	Equipamento	Em uso	BANHO MARIA - redondo, em aço inoxidável, modelo Q218, 220V	
-	48860	BANHO MARIA	Equipamento	Em uso	BANHO MARIA - redondo, em aço inoxidável, modelo Q218, 220V	
-	113945	BANHO MARIA	Equipamento	Em uso	BANHO MARIA - redondo, em aço inoxidável, 110V	

NI	Nº PATRIMÔNIO	IDENTIFICAÇÃO DO BEM	CATEGORIA	STATUS	CARACTERÍSTICAS	OBSERVAÇÕES
109149	50315	MONITOR DE VIDEO	Equipamento	Em uso	MONITOR DE VIDEO - marca Dell, modelo Flar Panel E178FPC, LCD 17". ATENÇÃO: 36 meses de garantia in-loco até 24/01/2011. Para acionar a garantia ligar 0800.701.1268 - proc 2310/07-25 - Nº de série 7CD-05YA - (Barra 50315).	
111312	11312	APARELHO DE PONTO DE FUSAO	Equipamento	Em uso	APARELHO P/DETERMINACAO PONTO DE FUSAO - Marca Microquímica, 220V - Mod. MQAPF-302 -nºs.de série 250/08 Proc. 0837/08-41 - Adquirido de MICROQUIMICA	
111321	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA - De 100-ML - Marca Thelga, 220V - Mod. TMA-100 - n°.S.1247-09 - Garantia de 01 ano - Proc. 0837/08 -Adquirido de Ápice Científica Ltda., NF.02366 de 21/08/08 - Tel.(31)3413-4128	
111714	11714	CONGELADOR FREZER	Equipamento	Com defeito	CONGELADOR FREEZER - Marca Bosch - Modelo GSD32 - Capacidade - 300 L - 6 gavetas e 1 flap - Painel Eletrônico e alarme sonoro: 5 temperaturas, função de congelamento rápido e desligamento automático - 110 V - Proc. 0837/08-41 - Pregão Eletrônico 18/08	
113938	-	BOMBA DE VACUO	Equipamento	Em uso	BOMBA DE VACUO - Tipo de Diafragma, compressor de ar, Portátil, Base de aço, Pés e borracha , cabeçote aletado que reduz calo , isento de óleo.- Marca: FANEM, Modelo: 089/ CAL, BIVOLT, Código: 089.006.800 - Adquirido de Pentax Com. de Produtos p/ Laboratórios – N	
113940	-	BOMBA DE VACUO	Equipamento	Em uso	BOMBA DE VACUO - Tipo de Diafragma, compressor de ar, Portátil, Base de aço, Pés e borracha , cabeçote aliado que reduz calo , isento de óleo.- Marca: FANEM, Modelo: 089/ CAL, BIVOLT, Código: 089.006.800 - Adquirido de Pentax Com. de Produtos p/ Laboratórios – N	

NI	Nº PATRIMÔNIO	IDENTIFICAÇÃO DO BEM	CATEGORIA	STATUS	CARACTERÍSTICAS	OBSERVAÇÕES
113942	-	BOMBA DE VACUO	Equipamento	Com defeito	BOMBA DE VACUO - Tipo de Diafragma, compressor de ar, Portátil, Base de aço, Pés e borracha , cabeçote aliado que reduz calor , isento de óleo.- Marca: FANEM, Modelo: 089/ CAL, BIVOLT, Código: 089.006.800 - Adquirido de Pentax Com. de Produtos p/ Laboratórios – N	
113947	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA- em alumínio com tratamento anticorrosivo - mod.MA50/220 - resistência em fio Kant Hal - controlador eletrônico de aquecimento, com ajuste pelo usuário - alimentação 220V - Proc.6353/08-98 - Garantia de 1 ano	
113948	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA- em alumínio com tratamento anticorrosivo - mod.MA50/220 - resistência em fio Kant Hal - controlador eletrônico de aquecimento, com ajuste pelo usuário - alimentação 220V - Proc.6353/08-98 - Garantia de 1 ano	
113949	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA- em alumínio com tratamento anticorrosivo - mod.MA50/220 - resistência em fio Kant Hal - controlador eletrônico de aquecimento, com ajuste pelo usuário - alimentação 220V - Proc.6353/08-98 - Garantia de 1 ano	
114083	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA - marca Nova Orgânica - mod. NO-125/220 - Proc.: 6353/08-98 - Pregão 070/08 - Garantia de 1 ano - Adquirido de Nova Orgância Comércio e Materiais para Laboratório - Nota Fiscal: 5328 de 06/02/2009	
114084	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA - marca Nova Orgânica - mod. NO-125/220 - Proc: 6353/08-98 - Pregão 070/08 - Garantia de 1 ano - Adquirido de Nova Orgância Comércio e Materiais para Laboratório - Nota Fiscal: 5328 de 06/02/2009	
114085	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA - marca Nova Orgânica - mod. NO-125/220 - Proc: 6353/08-98 - Pregão 070/08 - Garantia de 1 ano - Adquirido de Nova Orgância Comércio e Materiais para Laboratório- Nota Fiscal: 5328 de 06/02/2009	

NI	Nº PATRIMÔNIO	IDENTIFICAÇÃO DO BEM	CATEGORIA	STATUS	CARACTERÍSTICAS	OBSERVAÇÕES
114845	-	ESPECTROFOTOMETRO	Equipamento	Em uso	ESPECTROFOTOMETRO - de Ultra Violeta/Visível - marca: VARIAN - mod. Cary 50 - faixa espectral: 190 a 1100nm - velocidade de varredura: 24000nm/min - largura da banda: 1.5nm - precisão do comprimento de onda:0,50nm em 541.9nm - precisão fotométrica: +/-0,00	
115646	-	ESTABILIZADOR DE TENSAO	Equipamento	Em uso	ESTABILIZADOR DE TENSAO - SMS - Adquirido de Alta Componentes Ltda. - Proc. 1177/09-61 - Nota Fiscal: Nº 334 de 03/04/09.	
130820	-	REFRIGERADOR	Equipamento	Em uso	REFRIGERADOR - Doméstico - Capacidade: 275 Litros - Modelo: CRA 30 - Marca: Consul - Cor: Branco - Alimentação: 110/220v - Dimensões: 1440x550x631mm - Peso: 42 kg - Uma porta	
135761	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Com defeito	MANTA AQUECEDORA - Marca: Edulab - Alimentação: 22V - 250ml - com regulador de temperatura construída internamente em Fiberglass com resistência NiCr incorporado, formando o elemento de aquecimento e pintura em épxi eletrostático. Isolamento interno de alta resistência.	
135763	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA - Marca: Edulab - Alimentação: 22V - 250ml - com regulador de temperatura construída internamente em Fiberglass com resistência NiCr incorporado, formando o elemento de aquecimento e pintura em épxi eletrostático. Isolamento interno de alta resistência.	
135764	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA - Marca: Edulab - Alimentação: 22V - 250ml - com regulador de temperatura construída internamente em Fiberglass com resistência NiCr incorporado, formando o elemento de aquecimento e pintura em épxi eletrostático. Isolamento interno de alta resistência.	
135766	-	MANTA AQUECEDORA	Equipamento	Em uso	MANTA AQUECEDORA - Marca: Edulab - Alimentação: 22V - 250ml - com regulador de temperatura construída internamente em Fiberglass com resistência NiCr incorporado, formando o elemento de aquecimento e pintura em épxi eletrostático. Isolamento interno de alta resistência.	

NI	Nº PATRIMÔNIO	IDENTIFICAÇÃO DO BEM	CATEGORIA	STATUS	CARACTERÍSTICAS	OBSERVAÇÕES
138724	-	BOMBA DE VACUO	Equipamento	Em uso	BOMBA DE VACUO - Bomba de vácuo e ar comprimido - BIVOLT - 730MBAR - 660MM/HG - Modelo 131 ; Tipo: 2VC; Deslocamento Máximo: 1,29 Cfm; 2,2 m3/h; 37 Ipm; Vácuo Máximo: 730 mbar 660 mm/hg 26 Pol/Hg; Motor: CV 1/4; Corrente Monofásica. Sistema de Palhetas Rotativas	
150510	-	QUADRO COM MOLDURA	Acessório	-	QUADRO COM MOLDURA- de madeira branca, com vidro liso com 2mm de espessura; fundo em Eucatex. Dimensões: 1,00x0,60m. Adquirido de Criarte Indústria e Comércio de Esquadrias Ltda. Tel(31) 3497-8639 - Processo: 1563/2014-08 - Empenho: 0699/2014 - Nota Fiscal	
156939	-	ESTUFA	Equipamento	Em uso	ESTUFA- Digital 0,1°C Cultura Bacteriológica 252 litros. Com controlador de temperatura digital; temperatura de até 100°C, divisão de 0,1°C, confeccionada em chapa de aço com tratamento anticorrosivo e internamente pintada com tinta altamente resistente.	
123277	6621	MESA	Mobiliário	-	MESA DO PROFESSOR COM ARMÁRIO	
-	6788	BANCO	Mobiliário	-	BANCO DE MADEIRA PARA LABORATORIO	
-	-	ARMÁRIO COM PORTAS	Mobiliário	-	ARMÁRIO COM DUAS PORTAS DE MADEIRA E COM CHAVE	
-	-	BALANÇA	Equipamento	Em uso	BEL ENGINEERING – MAX-2200G, 220V	
-	-	EVAPORADOR ROTATIVO	Equipamento	Em uso	QUIMIS	
-	-	MUFLA	Equipamento	Em uso	Zezipmaq, 220V	

Fonte: Técnicos responsáveis pelo laboratório (atualizado pela autora)

APÊNDICE B – Questionário aplicado aos usuários

Reforma do Laboratório de Química Orgânica (Lab 414): Diagnóstico das prioridades e necessidades básicas

Este questionário é destinado aos Docentes e Técnicos do Departamento de Química que são usuários do Lab 414 (Área de Química Orgânica) e tem como objetivo identificar as prioridades e as necessidades básicas para montagem de um projeto de reforma e modernização do espaço. O formulário é parte integrante do Projeto de Trabalho de Conclusão de Curso intitulado "Proposta para Reestruturação do Espaço Físico do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG" da discente Bárbara Ferreira Lemos da Silva do Curso de Bacharelado em Química Tecnológica.

* Required

1. Identificação (nome): *

2. Você é: *

Mark only one oval.

- Docente e ministra aulas práticas para o Curso Técnico
- Docente e ministra aulas práticas para o Curso de Graduação
- Docente ministra aulas práticas tanto para o Curso Técnico quanto para o de Graduação
- Técnico de Laboratório

3. Qual o seu grau geral de satisfação em relação ao espaço físico/infraestrutura oferecido atualmente pelo Lab 414? *

Mark only one oval.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Péssimo	<input type="radio"/>	Excelente									

Laboratório 414 - Foto panorâmica de 26.out.18



Laboratório 414 - Foto da vista do quadro negro de 26.out.18



Fonte: Documento gerado pelo *Google forms* e adaptado pela autora

Instrução para preenchimento da próxima questão:
SELECIONAR SOMENTE UMA OPÇÃO POR COLUNA E POR LINHA (semelhante a imagem abaixo). Note que a escala de prioridade vai de 01 a 10 e você deverá usar a barra de rolagem para acessar os números mais altos.

	1 (prioridade máxima)	2	3	4	5	6	7	8
Acessibilidade (Atendimento PcD)	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Aspectos estéticos (aparência)	<input type="checkbox"/>							
Área para armazenamento de resíduo (temporário)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Espaço didático (bancada e quadro negro)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Iluminação	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Layout (área de circulação)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>				
Layout (definição de área seca/fria e área úmida/quente)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Projeto elétrico/hidráulico	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>						
Sistema de exaustão (Capela)	<input type="checkbox"/>							
Ventilação ambiente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>					

4. Ordene de 1 (maior) a 10 (menor) a prioridade em relação aos itens essenciais da reforma do espaço. *
 Check all that apply.

	1 (prioridade máxima)	2	3	4	5	6	7	8	9	10 (menor prioridade)
Acessibilidade (Atendimento PcD)	<input type="checkbox"/>									
Aspectos estéticos (aparência)	<input type="checkbox"/>									
Área para armazenamento (temporário) de resíduo	<input type="checkbox"/>									
Espaço didático (bancada e quadro negro)	<input type="checkbox"/>									
Iluminação	<input type="checkbox"/>									
Layout (área de circulação)	<input type="checkbox"/>									
Layout (definição de área seca/fria e área úmida/quente)	<input type="checkbox"/>									
Projeto elétrico/hidráulico	<input type="checkbox"/>									
Sistema de exaustão (Capela)	<input type="checkbox"/>									
Ventilação ambiente	<input type="checkbox"/>									

5. Em relação aos equipamentos atualmente disponíveis é essencial manter neste espaço: *
 Check all that apply.

- Agitador magnético
- Balança (duas casas decimais)
- Balança analítica
- Banho maria
- Bomba de vácuo
- Destilador de água
- Espectrofotômetro UV-VIS
- Estufas
- Evaporador rotativo
- Fusômetro
- Manta
- Mufla
- Ponto de fugor
- Refratômetro
- Refrigerador
- Viscosímetro
- Ultrassom

Fonte: Documento gerado pelo *Google forms* e adaptado pela autora

6. Julgo não ser essencial manter neste espaço: **Check all that apply.*

- Almoarifado próprio (reagentes que não são utilizados)
- Armário para docentes (atualmente tem dois de madeira)
- Dois refrigeradores
- Equipamentos com defeito
- Materiais de uso comum (ex: frascos de 1 L)
- Quadros decorativos (atualmente 03)
- Quadro de aviso
- Suporte (grade) de metal nas bancadas

7. Em relação as aulas que você (docente) ministra e considerando um grupo de 12 alunos, a melhor forma para o desenvolvimento dos trabalhos dos discentes é:*Mark only one oval.*

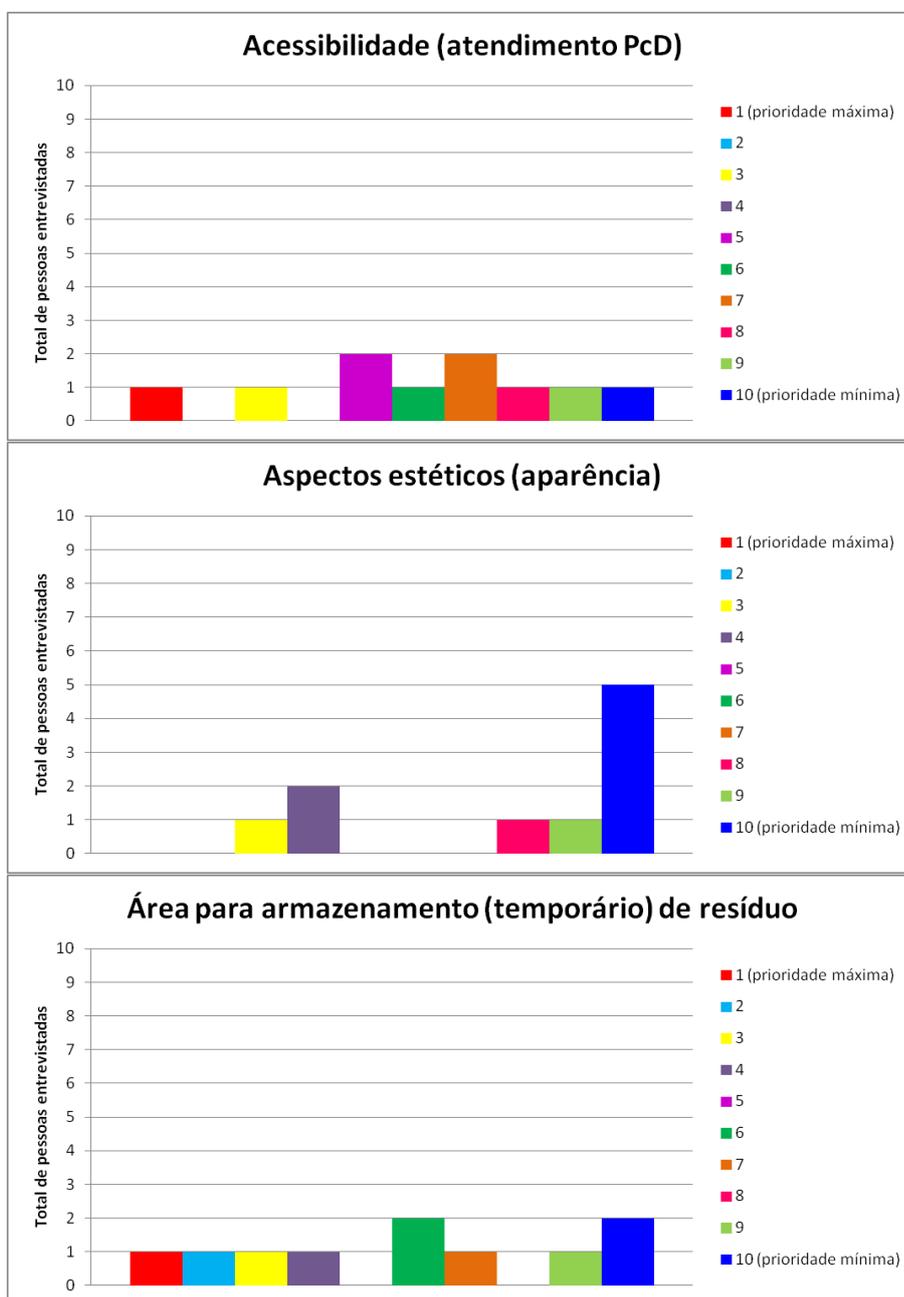
- Individualmente
- Em dupla
- Em trio
- Em grupos com mais de três participantes

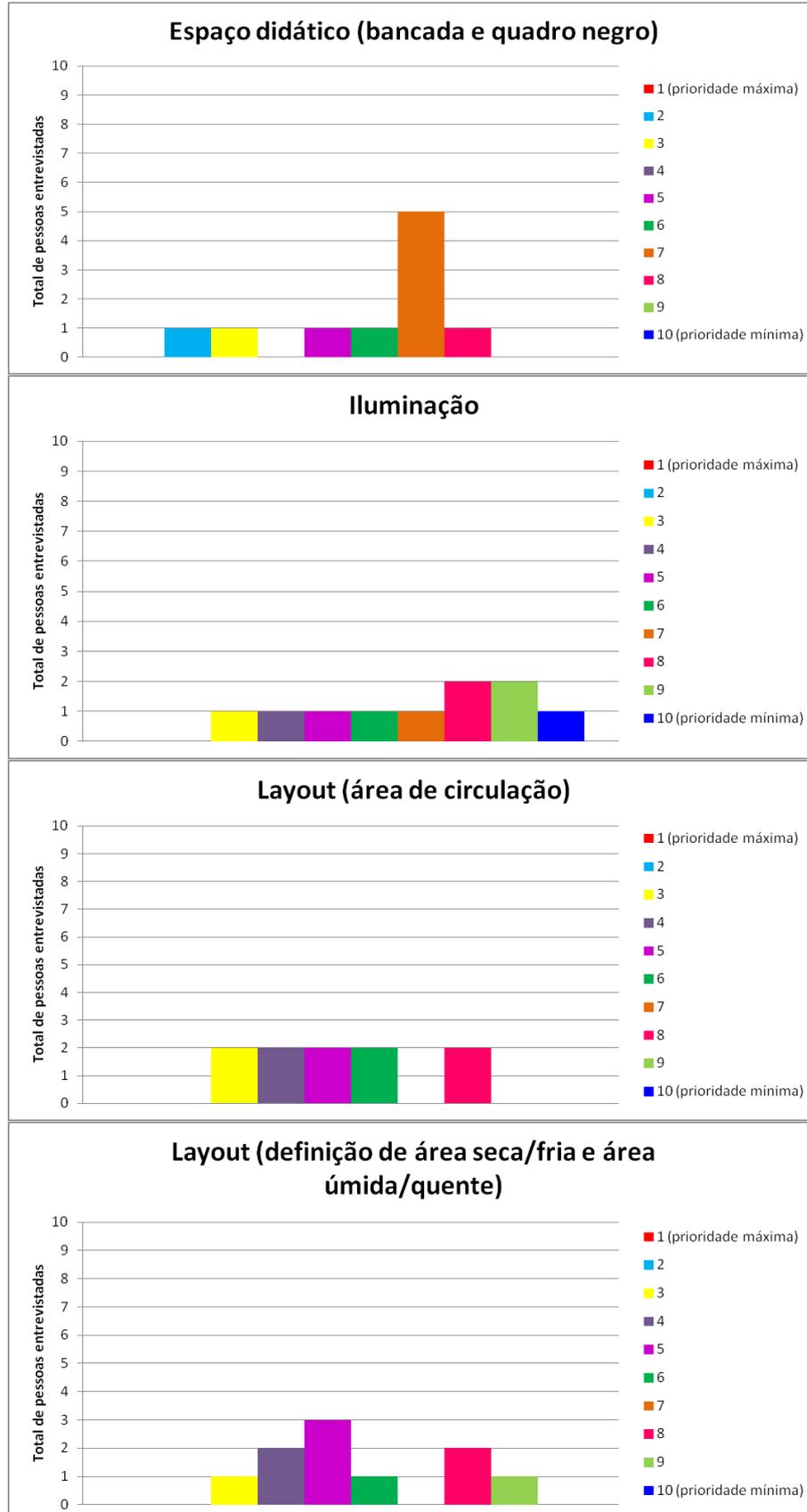
8. Liste outros equipamentos ou acessórios que não constam neste espaço e que são essenciais para as aulas práticas. (Não inclua os de pequeno porte que estão acondicionados em armários).

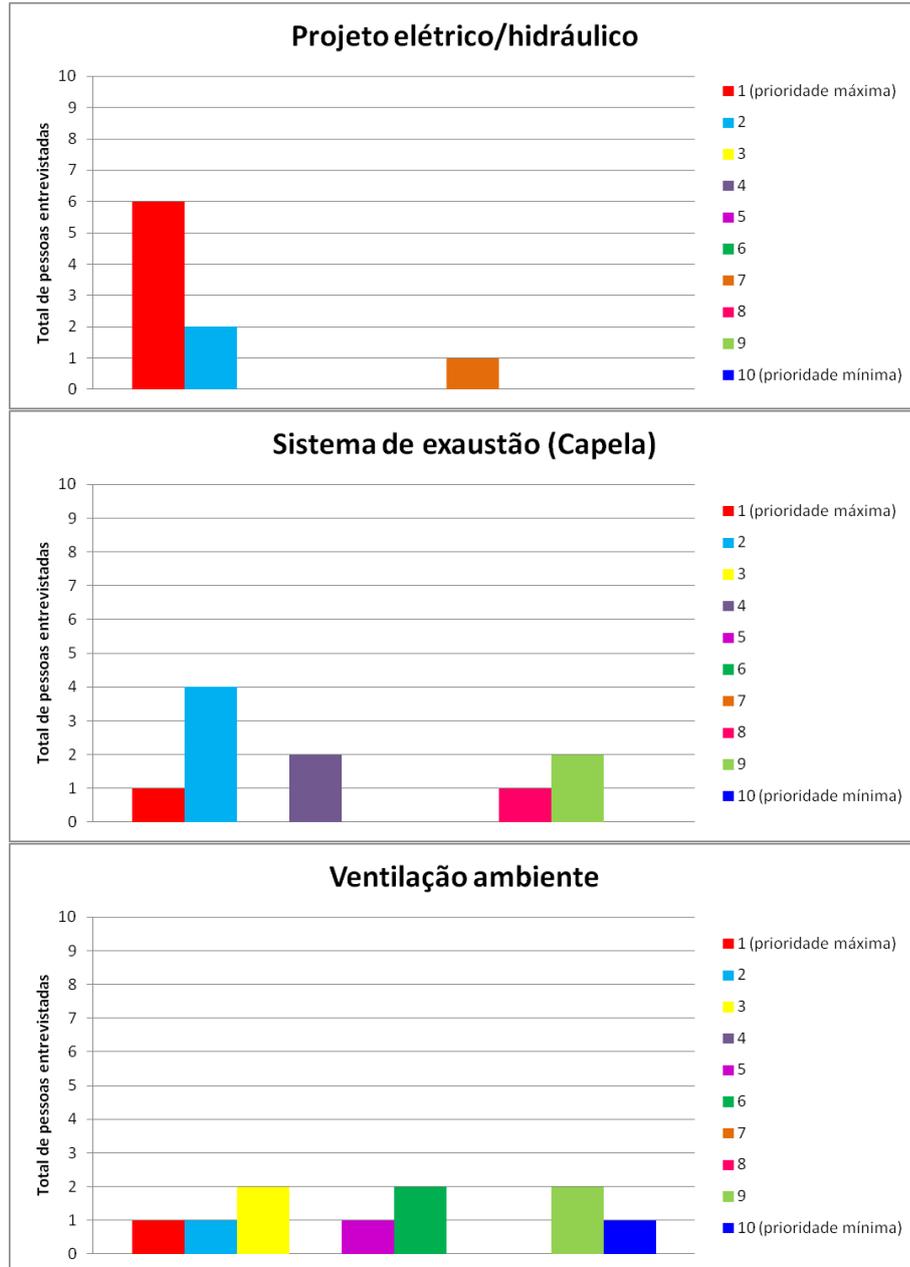
9. Registre sua sugestão/reclamação/observação que não foi abordada nesse questionário e que seria, na sua opinião, essencial na reestruturação do Lab 414.

Fonte: Documento gerado pelo *Google forms* e adaptado pela autora

APÊNDICE C – Gráficos gerados na questão de prioridades na reforma do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG







Fonte: Gerado pelo *Google forms* e adaptado pela autora

ANEXO A – Incompatibilidade dos principais grupos de substâncias

REAGENTE	INCOMPATÍVEL COM
Acetileno	cloro, bromo, flúor, cobre, prata e mercúrio
Acetonitrila	ácido sulfúrico, oxidantes fortes (percloratos/nitratos) e redutores (Na e Mg metálicos).
Ácido Acético	ácido nítrico concentrado, ácido perclórico, ácido crômico, peróxidos, permanganatos e nitratos.
Ácido Fosfórico	bases fortes, anilinas, compostos nitro-aromáticos, sulfatos, sulfeto de hidrogênio, ácido acético, éter etílico, líquidos e gases inflamáveis
Ácido Perclórico	enxofre, bismuto e suas ligas, álcoois, anidrido ou ácido acético, solventes e combustíveis, papel, madeira etc.
Ácido Sulfúrico	cloratos, percloratos, permanganatos de potássio, de lítio e de sódio, bases, picratos, nitratos, pós metálicos e solventes.
Anilina	ácido nítrico, peróxido de hidrogênio.
Bromo	hidróxido de amônio, benzeno, benzina de petróleo, propano, butadienos, acetileno, hidrogênio e pós metálicos.
Carvão Ativo	dicromatos, permanganatos, hipocloritos de cálcio, ácidos nítrico e sulfúrico.
Cianetos	ácidos.
Cloratos e Percloratos	sais de amônio, metais em pó, matérias orgânicas particuladas, enxofre, ácidos fortes, álcoois e combustíveis.
Cloreto de Mercúrio II (Hg-II)	sulfitos, hidrazina, aminas, ácidos fortes, bases fortes, fosfatos e carbonatos.
Cloro	hidróxido de amônio, benzeno, benzina de petróleo, propano, butadienos, acetileno, hidrogênio e pós metálicos.
Cobre (metálico)	peróxido de hidrogênio, acetileno.
Dicromato de Potássio	alumínio, materiais orgânicos inflamáveis, acetona, hidrazina, enxofre e hidroxilamina.
Éter etílico	ácidos nítrico e perclórico, peróxido de sódio, cloro e bromo
Etileno Glicol	ácido perclórico, ácido crômico, permanganato de potássio, nitratos, bases fortes e peróxido de sódio.

REAGENTE	INCOMPATÍVEL COM
Formaldeído	peróxidos e oxidantes fortes bases fortes e ácidos.
Fósforo	enxofre, compostos oxigenados (nitratos, permanganatos, coratos e percloratos).
Hidrocarbonetos (Hexano, Tolueno, GLP, etc)	ácido crômico, peróxidos, flúor, cloro, bromo, percloratos e outros oxidantes fortes.
Hidróxido de Amônio	ácidos, oxidantes fortes, peróxidos, cloro e bromo.
Hidróxido de Sódio	ácidos, solventes clorados, anidrido maleico e acetaldeído.
Hidróxido de Potássio	cloreto de potássio, bromo, oxidantes fortes, sais de diazônio.
Iodo	acetileno, hidróxido de amônio e hidrogênio.
Líquidos inflamáveis (álcoois, cetonas, etc.)	ácido nítrico, nitrato de amônio, peróxidos, hidrogênio, flúor, cloro, bromo e óxido de cromo (VI).
Mercúrio	acetileno, ácido fulmínico, amônia.
Metais Alcalinos	água, halogênios, tetracloreto de carbono.
Nitrato de Amônio	ácidos, pós metálicos e pós orgânicos, cloretos, enxofre, hipoclorito e perclorato de sódio, dicromato de potássio.
Óxido de Cromo (VI)	ácido acético, glicerina, líquidos inflamáveis e naftaleno.
Peróxido de Hidrogênio	álcoois, anilina, cloreto de estanho, cobre, cromo, ferro, sais metálicos, nitrometanos e líquidos inflamáveis.
Peróxido de Sódio	ácido ou anidrido acético, etanol, metanol, etileno glicol, acetatos orgânicos, benzaldeído e furfural.
Permanganato de Potássio	glicerina, etileno glicol, benzaldeído, ácido sulfúrico e solventes orgânicos.
Tetracloreto de Carbono	metais (Al, Be, Mg, Na, K e Zn), hipoclorito de cálcio, álcool alílico, dimetilformamida e água (forma gases tóxicos).

Fonte: Manual de Segurança e Regras Básicas em Laboratório – LTARQ IB – 2002

ANEXO B - Lista de Incompatibilidade de Produtos e as Reações Provocadas

Produtos	Produtos incompatíveis	Reação exotérmica	Reação explosiva	Ignição espontânea	Formação de gás tóxico
Acetileno	Prata Mercúrio Cobre		+		
Ácidos minerais Fortes	Água Bases Cianetos Azidas Sulfetos Hipocloritos	+			+
Bases minerais fortes	Água Ácidos fortes Fósforo	+			+
Bromo Cloro	Composto Insaturado Carbonilas Dietil éter Amônia Fósforo	+	+	+	
Hidretos alcalinos	Ar Oxigênio Água	+		+	
Mercúrio	Acetileno Amônia Halogênios Metais alcalinos Enxofre	+	+		
Metais alcalinos	Água Álcool Halogênios Haleto	+	+	+	
KMnO4, O3, H2O2	Composto Orgânico Insaturado. Agentes redutores	+	+	+	
Fósforo	Ar Oxigênio Bases Agentes oxidantes Halogênios	+	+	+	+
Organo metálicos	Água Ar Oxigênio	+		+	

Fonte: Manual de Segurança e Regras Básicas em Laboratório – LTARQ IB – 2002