PROPOSTA DE RETROFIT PARA LABORATÓRIO DE ENSINO DE QUÍMICA ORGÂNICA

Bárbara Ferreira Lemos da Silva (1); Victor Matheus de Freitas (2); Janice Cardoso Pereira Rocha (3); Raquel Diniz Oliveira (4)

(1) Bacharel em Química Tecnológica, babih_lemos@hotmail.com, CEFET-MG

(2) Graduando em Engenharia de Produção Civil, ticchilick@gmail.com, CEFET-MG

(3) Mestre, Professora do Departamento de Química, janice@cefetmg.br, CEFET-MG, Av. Amazonas, 5253, sala 401. Nova Suíça. Belo Horizonte-MG, 30421-169, (31) 3319-7151

(2) Dra., Professora do Departamento de Engenharia Civil, raqueldiniz@cefetmg.br, CEFET-MG, Av. Amazonas, 7675, Prédio 12, sala 221. Gameleira. Belo Horizonte-MG, 30510-000, (31) 3319-6810

RESUMO

O edifício, durante sua vida útil, pode demandar adaptações para melhorias do seu espaço físico, funcionamento e uso. Em edifícios públicos educacionais, notam-se, em alguns casos, limitações financeiras ou considerável atraso das adequações e aperfeiçoamentos necessários para sua melhor utilização. Tal fato pode ocasionar prejuízos no aprendizado dos estudantes, restrição à acessibilidade e risco à segurança. Assim, a avaliação pós-ocupação (APO), faz-se importante para o diagnóstico do espaço e análise da sua percepção pelos usuários. Este trabalho objetivou avaliar as condições de uso e funcionamento do Laboratório de Química da Instituição CEFET-MG (Belo Horizonte, Minas Gerais), considerando as exigências técnicas e necessidades dos usuários. Para tanto, aplicou-se questionário para análise da percepção do uso e funcionamento do laboratório aos técnicos, professores e alunos. Complementarmente, realizou-se levantamento e coleta de informações do local por meio da análise do projeto arquitetônico e visitas técnicas. Como resultado, elaborou-se uma proposta de reestruturação do espaço (Retrofit). Para o novo layout, priorizou-se a segurança, conforto, organização, acessibilidade e o atendimento às normas vigentes. Em suma verificou-se que a adaptação do espaço se mostrou viável para o atendimento das necessidades apontadas no questionário aplicado. A identificação de propostas futuras pode contribuir como apoio a tomada de decisão da instituição. Ademais, as modificações propostas poderão ser aplicadas em casos semelhantes bem como servir como referencial acerca das condições dos laboratórios de ensino existentes.

Palavras-chave: Avaliação pós-ocupação (APO). Retrofit. Laboratório de ensino.

ABSTRACT

During building service life some changes may be requested to improve its physical space, operation, and use. In existing public educational buildings, in some cases, financial limitations or considerable delay in their better adequacy needs are noted. This fact can, therefore, cause losses in students' learning, restriction on accessibility and security risk. Thus, post-occupation assessment (POE) plays an important role in space evaluation and also in its user's perception. The present study aims at evaluating the conditions of use and operation of the CEFET-MG Chemistry Laboratory (XX, Brazil), considering technical requirements and user's needs. For this purpose, a survey questionnaire was applied, to technicians, teachers and students, to analyze their perception related to the use and operation of the lab. Besides, local data was collected through the building plan analysis and technical visits. As a result, a retrofit proposal was presented. Safety, comfort, organization, accessibility, as well as compliance with current standards were prioritized for this new layout. As a conclusion, it was found that the lab adaptation proved to be feasible to meet the needs pointed out in the users' perception survey. As a contribution, assistance can be provided in identifying future proposals and supporting the institution's decision-making. In addition, the proposed changes may be applied in similar cases as well as serving as a reference about existing education laboratory conditions.

Keywords: Post-occupation assessment (POE). Retrofit. Educational lab.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade do ambiente interno de aprendizagem no que tange ao dimensionamento, configuração espacial, especificações técnicas de instalações, mobiliário básico, condições de conforto ambiental (térmico, acústico, lumínico), ergonômico e psicológico, acessibilidade universal, clima social, segurança, entre outros, pode impactar diretamente no desenvolvimento das atividades realizadas, no desempenho do estudante, assim como na relação que se estabelece com o local (SARMENTO; VILLAROUCO; GOMES, 2020).

Os laboratórios destinados às aulas experimentais e pesquisas são facilitadores do aprendizado, tanto para os professores, quanto para os alunos. Logo, um ambiente organizado, bem planejado, com materiais de fácil acesso 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). Para àqueles ligados à Química, caso a sua estruturação e organização não sejam adequadas podem-se verificar, complementarmente, riscos físicos, químicos, ergonômicos ou de acidentes aos seus usuários (MENEZES et al., 2020). As atividades desenvolvidas neste espaço podem envolver o uso de reagentes perigosos, produtos explosivos, gases que provocam danos à saúde, entre outros. Deste modo faz-se necessário o planejamento de um local seguro e próprio para a prática pedagógica inerente a esta atividade.

O ambiente construído, ao longo da sua vida útil, exige, de forma permanente, manutenção e adequação às expectativas de seus usuários para melhoria do seu uso e operação. Desta forma, a APO tem sido largamente aplicada nos casos em que se verifica a necessidade dos ambientes construídos e em uso atenderem atualizações normativas bem como satisfazerem às expectativas dos usuários em relação ao conforto ambiental, bem-estar, ergonomia, entre outros (ORNSTEIN, 2017). Após a etapa de APO pode-se fazer necessária a realização de uma proposta de melhoria das condições do ambiente analisado. O retrofit consiste em remodelar ou atualizar um edifício como um todo, um ambiente construído ou sistemas edilícios, por meio da incorporação de novas tecnologias e conceitos objetivando valorizar o imóvel, mudar o uso, aumentar a vida útil ou a eficiência operacional e energética (ABNT, 2020a).

Neste contexto, laboratórios de ensino, assim como tantos outros espaços construídos que não passaram por atualizações e/ou manutenções ao longo do seu funcionamento, podem demandar análise da sua atual condição de operação e possível proposição de intervenções necessárias para o atendimento de exigências atualizadas. 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 espaço, a segurança contra acidentes, o conforto ergonômico e a praticidade (REIS et al., 2017). Logo, a definição adequada do layout de um laboratório é determinante para um bom funcionamento do espaço.

Quanto ao aproveitamento do espaço, as bancadas dos laboratórios podem ser do tipo ilha, parede, península ou em "U" (variação do formato ilha), podendo ser utilizadas para trabalho de bancada, para alocar equipamentos protegidos de queda pela barreira das paredes e dispor de tomadas próximas, para funções diversas por possuir apenas um lado acoplado a parede ou para facilitar manutenção na parte posterior de equipamentos, respectivamente. Seu revestimento deve ser rígido, para suportar o peso, resistente aos reagentes químicos e impermeáveis para facilitar a sua limpeza e descontaminação (MARIANO et al., 2012).

Em laboratórios nos quais ocorra manuseio de produtos químicos tóxicos e corrosivos faz-se necessário o uso de capela de exaustão. Contudo, em virtude da ausência de normativa regulamentadora específica sobre o tema no Brasil pode-se considerar requisitos previstos em normativas internacionais (ASHRAE, 2003; CEN, 2016). Recomenda-se que a sua localização seja em paredes laterais e com exaustores potentes e distantes de correntes de ar para evitar liberação de gases, vapores tóxicos e mistura de gases no ambiente (CIVILE, 2010).

Quanto aos resíduos químicos e substâncias perigosas manipulados em laboratórios de ensino faz-se necessário a adoção de soluções eficientes para o seu gerenciamento (DELATORRE et al., 2018). Neste contexto, considerando as inúmeras atividades desenvolvidas pode-se obter uma diversidade significativa de resíduos, contudo, o volume daqueles perigosos (classe I) representaria, em média, somente 1% do total (MISTURA; VANIEL; LINCK, 2010). Desta forma estes laboratórios poderiam ser enquadrados como pequenos geradores, com produção entre 100 e 1000 kg de resíduos perigosos por ano e/ou menos de 1 kg por mês apesar da diversidade de resíduos significativa (metais pesados, solventes halogenados, radioisótopos e material infectante) que justificaria, portanto, um programa de gerenciamento de resíduos (CIVILE, 2010). Além disto, diversos estudos apontam o potencial de reuso da água potável descartada pelo sistema de destilação e pelos sistemas de resfriamento montados durante as práticas laboratoriais (SIMÕES et al., 2020; NASCIMENTO; LUCENA; FREIRE, 2019).

No que tange a legislação e normatização vigente, para os laboratórios de ensino, pode se fazer relevante o atendimento à acessibilidade aos portadores de necessidades especiais (ABNT, 2020b), requisitos técnicos mínimos para garantir segurança e conforto aos ocupantes (BRASIL; ME, 2011), bem como a

adequação do sistema de iluminação (ABNT, 2013b), das instalações elétricas (ABNT, 2008; BRASIL; ME, 2019) dos revestimentos de alto desempenho (ABNT, 1998), dos plugues e tomadas até 20 A/250 V em corrente alternada (ABNT, 2013a), das redes de distribuição interna para gases combustíveis (ABNT, 2016), sistemas de proteção de incêndio (ABNT, 2021) e sinalização de segurança relacionada a um determinado objeto, atividade ou situação, suscetíveis de ocasionar riscos para o usuário (BRASIL; ME, 2015), as análises e controle de águas (ABNT, 1993), entre outras a depender das especificidades do uso do espaço.

Adicionalmente, faz-se importante a elaboração do mapa de risco dos locais e fatores que podem gerar situações de perigo pela presença de agentes físicos, químicos, biológicos, como por exemplo acidentes relacionados a liberação de gases tóxicos, corrosão, combustão que podem entrar em contato com o organismo humano por inalação, absorção cutânea e ingestão além de problemas relacionados à questões ergonômicas (postura desfavorável durante a realização de atividades, estresse de contato, uso de força, trabalho repetitivo, carga estática e vibração), mecânicas e de segurança remediadas por rotas de fugas, saídas de emergência, equipamentos de proteção individual e coletiva como chuveiro de emergência, manta corta-fogo, entre outros (CAVALCANTI, 2016; MENEZES et al., 2010; MARIANO et al., 2012). Complementarmente, recomenda-se controle dos raios solares de modo a evitar a interação com reagentes.

2. OBJETIVO

O objetivo do presente trabalho foi diagnosticar a condição atual de uso bem como elaborar uma proposta de intervenção para o Laboratório de Química Orgânica da instituição CEFET-MG, de modo a atender às exigências normativas vigentes e, também, às necessidades apontadas pelos seus usuários.

3. MÉTODO

O método deste trabalho está dividido em três etapas principais:

1. Análise da condição atual do espaço.
2. Aplicação de questionário para caracterização do espaço pelos usuários.
3. Levantamento de necessidades, definição de prioridades e itens passíveis de melhoria.
4. Elaboração de proposta de intervenção no espaço.

3.1. Análise da condição atual do espaço

A partir do inventário disponibilizado pela instituição fez-se a checagem das informações in loco (outubro de 2018). Nesta ocasião verificou-se a correspondência do layout atual do Laboratório de Química Orgânica com a planta baixa fornecida e, também, catalogou-se o mobiliário, equipamentos e acessórios que se encontravam no seu interior incluindo o quantitativo e as características de cada item. Estas informações foram utilizadas na elaboração do questionário aplicado na etapa seguinte aos usuários do laboratório, com o intuito de elencar equipamentos/materiais/mobiliários que seriam dispensáveis pela quantidade excessiva ou pela falta de funcionalidade. Esta etapa permitiu, também, analisar qualitativamente e quantitativamente os armários e bancadas disponíveis para a realização das atividades bem como os locais para o armazenamento dos materiais e equipamentos. Para tanto se fez registro fotográfico com uma câmera do iPhone SE com resolução de 13 Mpx, com a finalidade de documentar a condição atual do laboratório. Quanto à atualização da planta coletaram-se dados complementares tais como as medidas, área de circulação, distância entre os objetos e o mobiliário com auxílio de uma trena manual de fita de 5m e uma trena digital eletrônica Seiko Instruments HC-1000.

3.1.1. Caracterização do objeto de estudo

A escolha do objeto do presente estudo se deve ao fato deste espaço ser o mais antigo do Departamento de Química da instituição, construído em 1965, além de haver relatos de problemas relacionados à saúde e segurança daqueles que o utilizam. Trata-se, portanto, do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG, o qual não passou por nenhuma reforma significativa desde a sua construção.

3.2. Aplicação de questionário para caracterização do espaço pelos usuários

Para esta etapa foi elaborado um questionário com o intuído de avaliar 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. Utilizou-se como

ferramenta o Google Forms® com base nas observações realizadas na etapa anterior durante a visita ao laboratório e também pela experiência da autora como usuária do espaço como em aulas e pesquisas. Este instrumento foi aplicado em novembro de 2018, a docentes que lecionam no laboratório, aos 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.

3.3. Elaboração de proposta de intervenção no espaço

A partir do levantamento de necessidades elencadas pelos usuários respondentes do Questionário juntamente com a análise da condição atual do laboratório, considerou-se a estrutura física disponível, as limitações do espaço, os materiais/equipamentos de trabalho, a segurança e a acessibilidade para desenvolver uma proposta de reestruturação do espaço (retrofit). Desta forma propôs-se novo layout, adequação do mobiliário, acessórios, bancada, sistema de ventilação, materiais de revestimento das superfícies (piso, parede e bancada), ajustes para a adequação as normas vigentes, entre outros. Quanto à definição do mobiliário, equipamentos e acessórios consultou-se catálogo técnico diversas empresas especializadas definindo-se uma opção como referência (BUZATTO'S, 2019). Considerou-se para a escolha o material de confecção, estrutura, funcionalidade e diferencial de cada um dos modelos disponíveis. Como resultado apresentou-se a planta baixa e perspectivas da nova configuração do ambiente no software Autodesk Homestyler website versão 3.0.0.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

A seguir serão apresentados os resultados obtidos nesta pesquisa.

4.1. Detalhamento do atual layout do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG

A estrutura física do laboratório apresenta vários problemas, dentre eles: exaustão limitada a uma capela; pouca iluminação; ventilação inadequada; instalações elétricas e hidráulicas antigas e sobrecarregadas; excessivo gasto de água relacionado ao descarte de água limpa usada em resfriamento de refluxos e destilações; condições ergonômicas inadequadas para os usuários; excesso de objetos e equipamentos não utilizados e com defeitos; áreas de circulação e de bancada comprometidas e inadequação no armazenamento de reagentes / resíduos. Na Figura 1 está apresentada a planta baixa do laboratório e no Quadro 1 estão as legendas de identificação dos equipamentos.

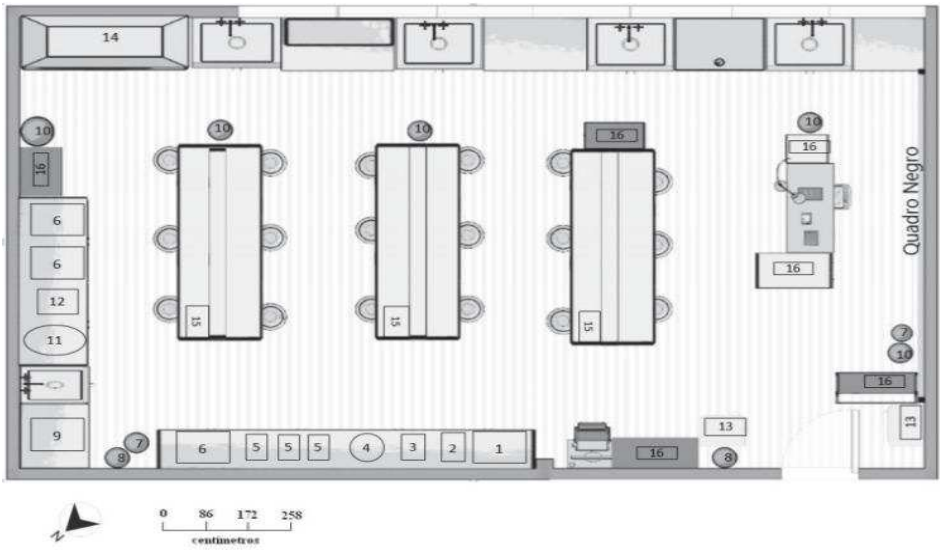

Figura 1 – Planta baixa do atual *layout* do Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG (OS AUTORES, 2021).

Quadro 1 – Legenda da planta baixa do atual layout do Laboratório de Química Orgânica.

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

Além disso, a disposição dos equipamentos pode ser melhorada, de forma que sejam alocados em setores frio/seco e quente/úmido a fim de não prejudicar seu uso e durabilidade. Alguns objetos que estão obsoletos ou sem uso, como caixas com vidros quebrados e demais caixas, gás de cozinha, mantas aquecedoras e banco quebrado, recomenda-se que sejam retirados.

No que tange à ergonomia, os armários abaixo das bancadas impedem que os alunos sentem-se de forma apropriada; não há lugar para guardar os assentos após uso, comprometendo a circulação; a grade sobre a bancada prejudica a visualização do quadro; o quadro negro de giz gera poeira que pode irritar a pele e o sistema respiratório, além de os professores não poder explorar toda sua área, devido à estante em frente. Quanto à ventilação, observa-se que o local não é bem arejado, devido aos ventiladores serem muito antigos e algumas janelas não abrirem ou estarem com acesso obstruído pela capela de exaustão.

Em relação à segurança, na planta baixa apresentada na Figura 1 é possível visualizar a porta do laboratório com abertura para dentro, obstrução dos extintores de incêndio, falta de saída de emergência e a existência de somente uma capela de exaustão. Além disso, há substâncias químicas armazenadas de forma inadequada e sem separação por incompatibilidade; solventes em refrigerador doméstico sem proteção contra queda e acúmulo de vapores; exaustão limitada de solventes por uma capela pequena; obstrução de extintor de incêndio por objetos; comprometimento da sinalização de aviso do extintor pelo próprio e, por fim, vidrarias quebradas expostas aos usuários. Aliado a isso, faltam alguns itens importantes à segurança, tais como: sinalização de aviso, mapa de risco, chuveiro de emergência e "lava-olhos" (estão no corredor dos laboratórios); manta corta-fogo; caixa de primeiros socorros com itens essenciais e local apropriado com exaustão para armazenamento dos resíduos. Por fim, recomenda-se a troca do refrigerador doméstico por um modelo adaptado com sistemas elétricos à prova de explosão e dotado de exaustão adequada.

4.2. Identificação dos respondentes

O questionário sobre o laboratório foi aplicado a dez pessoas, sendo três (30%) docentes que ministram aulas práticas para curso de graduação; três (30%) docentes que ministram aulas práticas tanto para curso técnico quanto para graduação; três (30%) técnicos de laboratório e um (10%) docente que ministra aulas práticas para curso técnico.

4.2.1. Resistência térmica dos materiais

Para se mensurar o grau de satisfação dos usuários com o espaço, esses deram uma nota de 0 (satisfação mínima) à 10 (satisfação máxima). Quatro dos entrevistados (40%) deram nota 5; cinco dos entrevistados (50%) deram nota 6 e um entrevistado (10%) deu nota 8. A média ponderada das notas foi 5,8, dessa forma, pode-se dizer que a qualidade do espaço foi classificada como mediana.

4.2.2. Hierarquia de prioridades

De acordo com o questionário, as prioridades de reforma no laboratório deveriam ser ordenadas pelos entrevistados de forma decrescente, sendo que quanto mais próximo do 1, maior é a prioridade e quanto mais próximo do 10, menor a prioridade. Os pontos considerados pelos usuários como maiores prioridades na reforma são: aspectos estéticos, iluminação, acessibilidade, espaço didático (bancada e quadro negro) e espaço para armazenamento (temporário) de resíduos.

4.2.3. Resistência térmica dos materiais

Vários equipamentos não estão sendo usados com frequência ou estão com defeito. Assim, questionou-se aos entrevistados quais equipamentos eram essenciais de se manter no espaço. O refrigerador, evaporador rotativo, estufas, bomba de vácuo, banho maria e a balança com duas casas decimais, todos consideraram como essenciais, sendo muito utilizados na rotina, devendo ficar expostos e de fácil acesso.

Os equipamentos que foram considerados menos essenciais foram ponto de fulgor (4 votos); ultrassom, mufla, destilador de água e agitador magnético (6 votos). Identificou-se que alguns como o viscosímetro e o ponto de fulgor estão com defeito, sem uso e são muito antigos, sendo sugerido seu descarte. Como o viscosímetro foi considerado essencial por sete pessoas, indica-se que seja substituído por um modelo simples e compacto e que seja armazenado no armário, devido ao uso infrequente. Quanto aos outros materiais com pouco uso, recomenda-se que também sejam armazenados dentro dos armários, exceto o destilador de água que precisa ficar interligado à instalação hidráulica. Quanto à balança analítica, essa requer cuidados com ruídos e trepidações para garantir sua precisão e exatidão, necessitando de uma sala de pesagem separada, o que não é possível no local. Dessa forma, recomenda-se sua retirada e que seja utilizada a sala de balança do Laboratório de Análise por Via Úmida do departamento, quando necessário. Ademais, propõe-se que a mufla seja doada a outro laboratório do departamento, devido ao seu pouco uso.

4.2.4. Materiais, mobiliários e equipamentos considerados não essenciais

Consideraram-se como desnecessário no espaço, aqueles objetos com mais de 50% dos votos. Esses foram os 3 quadros decorativos e equipamentos com defeito, sendo sugerida sua retirada. Consultando o inventário, seis equipamentos, dentre eles, refrigerador, manta aquecedora e bomba a vácuo podem liberar espaço.

4.2.5. Disposição dos alunos no laboratório durante as aulas

Quando questionado aos usuários como eles preferem dividir um grupo de 12 alunos, 57,1% respondeu que prefere dividi-los em dupla. Desse modo, sugere-se manter três bancadas centrais totalmente liberadas para este fim e que os materiais, acessórios e equipamentos necessários para os experimentos sejam disponibilizados para todos os grupos.

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

Como o Laboratório de Química Orgânica não pode ter sua área ampliada por estar situado no quarto andar do prédio escolar do CEFET-MG campus 1 avaliou-se possibilidades de melhorias sem expansão. Nas Figuras 2 e 3 está apresentada a planta baixa com a nova proposta de *layout* para o local, sendo composta por

uma planta baixa com o corte à altura de 1,5 m a partir da base, enquanto a outra planta possui corte a 3 m. No Quadro 2 estão as legendas de identificação dos equipamentos.

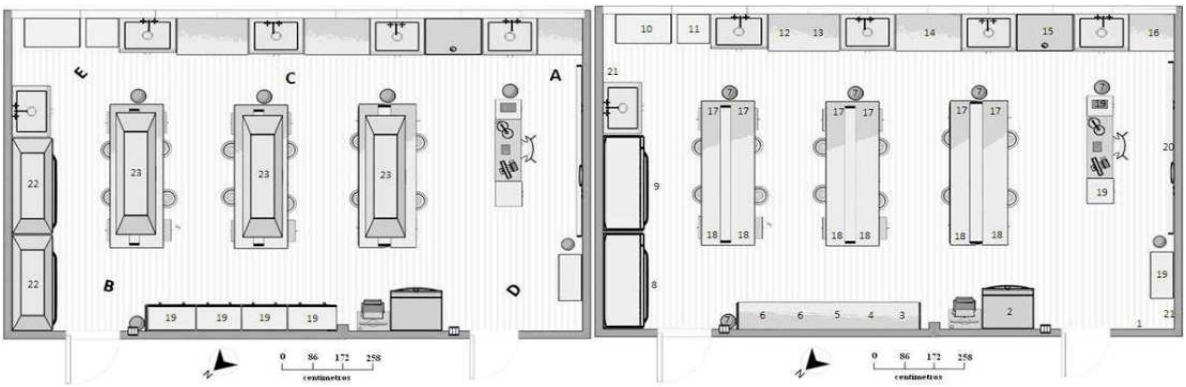

Figura 2 e 3 – Planta baixa do novo layout do laboratório (OS AUTORES, 2021).

Quadro 2 - Legenda da planta baixa da proposta de layout.

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

Para verificar o design, dimensionamento e o mobiliário proposto, montou-se um projeto de estruturação física em formato 3D, o qual está representado abaixo.



Figura 4 e 5 – Visão 3D do projeto de reestruturação do laboratório (OS AUTORES).

4.3.1. Projeto hidráulico/elétrico

Uma das prioridades de reforma elencadas pelos usuários foi a estrutura hidráulica/elétrica. Sugeriu-se um sistema de reutilização da água potável que é descartada pelos sistemas de destilação e resfriamento. Para tal, recomenda-se a instalação de um reservatório no andar de baixo interligado ao encanamento do destilador.

Consequentemente, 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 um balde, nas extremidades das bancadas para posterior reuso. Outra sugestão é a troca de todo o encanamento do laboratório por materiais mais resistentes, de preferência no interior das paredes para evitar desgastes e danos.

Quanto à instalação elétrica, observou-se a sobrecarga das tomadas e equipamentos que demandam alta capacidade elétrica. Visando uma melhor reestruturação, sugere-se que as bancadas laterais tenham tomadas 110V e 220V com amperagem de 10A e 20A seguindo as normas da NBR 5410 (2008), que essas sejam no novo padrão estipulado pela NBR 14136 (2013) e que as bancadas situadas no centro do laboratório tenham mais pontos de plugagem das duas amperagens para evitar sobrecarga. Já o quadro de energia, precisa ficar em local de fácil acesso e bem sinalizado. Além disso, recomenda-se a instalação de tomadas com diferenciação de cores para as voltagens de 127V e 250V para minimizar os problemas de dúvida no momento de utilização.

4.3.2. Capela de exaustão

A ventilação forçada em um Laboratório de Química se faz primordial devido à presença de compostos voláteis, muitas vezes, com alto grau de toxicidade como, por exemplo, o formaldeído.

Assim, 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, além de instalação de coifas sobre as bancadas de trabalho para melhor andamento das aulas.

De acordo com Civile (2010), as capelas não podem ser instaladas próximas às correntes de ar. O local escolhido para a instalação dessas foi no lado oposto à porta de uso diário e das janelas, sendo assim, a exaustão e o funcionamento das capelas não ficam comprometidos. Recomenda-se a instalação da coifa *Standard*, semelhante à ilustrada no desenho 3D do projeto, a qual é feita em aço inoxidável e é 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).

Outro modelo de coifa que pode ser instalado neste laboratório é conhecido como coifa braço articulado, o qual permite a captação dos poluentes diretamente na origem evitando sua dissipação (BUZATTO'S, 2019). Na Figura 6 é possível entender melhor seu funcionamento.

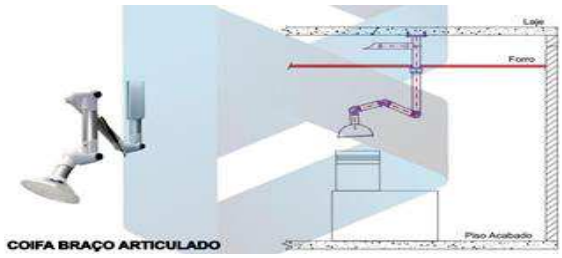

Figura 6 – Coifa braço articulado (OS AUTORES, 2021)

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

Como exemplo de melhorias na área de circulação, tem-se a instalação de mais uma porta, a inversão das aberturas e a retirada e/ou diminuição de alguns armários de piso. Além disso, a colocação de bancadas centrais vazadas permite que os bancos fiquem abaixo dessas, enquanto não estiverem sendo utilizados.

Como alternativa para a setorização das áreas fria / seca quente / úmida, tentou-se organizar os equipamentos que demandam alimentação com água nas bancadas do lado direito, próximas às instalações hidráulicas e os demais foram alocados nas bancadas do lado esquerdo.

A ventilação ideal seria por climatizadores, porém, isso não é possível nesse contexto devido ao grande gasto energético. Portanto, foi sugerida a melhoria da ventilação natural e instalação de ventiladores nas paredes. Já as luminárias devem ser reorganizadas, devido à presença das coifas.

4.3.4. Armazenamento de reagentes e resíduos

Segundo recomendações dos usuários verificou-se que algumas adaptações precisam ser realizadas para garantir um armazenamento seguro e adequado, é importante observar que o armazenamento, independentemente se for feito em refrigerador ou armários, deve obedecer a critérios químicos de incompatibilidade para correta separação. Os armários de reagentes e refrigeradores precisam garantir o máximo de segurança e integridade, para garantir a segurança mínima aos usuários. 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, o armário corta fogo para reagentes corrosivos e o armário para reagentes de modo geral fabricado em MDF RU Ultra.

4.3.5. Espaço didático e acessibilidade

Conforme descrito na NBR 9050 (2020), a acessibilidade dos alunos com baixa estatura e/ou cadeirantes deve ser garantida com o uso de bancadas mais baixas. Sendo assim, a primeira bancada próxima 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. 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.

4.3.6. Design e revestimentos

Quanto às paredes foi sugerida 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 e todas as tubulações e instalações deverão ser feitas externamente, enquanto o piso foi sugerido a substituição pela resina epóxi que possui 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). Além disso, sugeriu-se a elevação dos armários para facilitar a limpeza, colocando-os a 1,6m para evitar acidentes e desconfortos, de acordo com Civile (2010). Para a utilização nas bancadas foi sugerido o granito Cinza Corumbá, pois apresenta menor custo, porosidade e consequentemente inerte às substâncias químicas.

4.3.7. Segurança laboratorial

A alteração mais importante foi o tipo e a quantidade de portas, pois, recomenda-se que elas tenham abertura para o lado externo para facilitar a saída em caso de acidentes; que sejam resistentes ao fogo; que não tenha maçanetas e puxadores e que tenha ao menos uma na entrada e outra no fundo do laboratório com a sinalização adequada. Atualmente, há dois extintores de incêndio do tipo ABC no laboratório que devem ser alocados de forma estratégica a fim de garantir que haja extintor nos dois extremos do laboratório e identificados devidamente. Além disso, para a segurança do laboratório, foi prevista a instalação de detectores de gases tóxicos e inflamáveis e de sprinkler, que é um dispositivo comumente utilizado no combate a incêndios.

5. CONCLUSÕES

Com o presente trabalho propôs-se intervenções para o Laboratório de Química Orgânica do CEFET-MG campus 1. 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 dos respondentes foi possível hierarquizar as prioridades. A proposta de retrofit desenvolvida para o laboratório apresenta um layout atual; confortável ergonomicamente; com um sistema de exaustão diferenciado para atender às necessidades do uso de compostos voláteis; equipado com dispositivos de segurança; com revestimentos 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. Tal proposição poderá servir como referência em intervenções futuras ou casos similares.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT/CB-002: Projeto de Emenda 1 para a ABNT NBR 15575-1. Rio de Janeiro, 2020a.

_____. NBR 5410: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2020b.

_____. NBR 12693: Sistemas de proteção por extintor de incêndio. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

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

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

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

_____. NBR 15526: Redes de distribuição interna para gases combustíveis em instalações residenciais e comerciais – Projeto e execução. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

_____. NBR ISO/CIE 8995-1 - Iluminação de ambientes de trabalho Parte 1: Interior. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.

ASHRAE - AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. ANSI/ASHRAE Standard 110: Methods of Testing Performance of Laboratory Fume Hoods. Atlanta, 2016.

BRASIL; MINISTÉRIO DA ECONOMIA – ME. NR8: Edificações. Diário Oficial da União, Brasília, 06 maio 2011. Disponível em: https://enit.trabalho.gov.br/portal/images/Arquivos_SST/SST_NR/NR-08.pdf. Acesso em: 03 fev. 2021.

BRASIL; ME. NR 10: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Diário Oficial da União, Brasília, 30 jul. 2019. Disponível em: https://sit.trabalho.gov.br/portal/index.php/ctpp-nrs/nr-10?view=default. Acesso em: 03 fev. 2021.

BRASIL; ME. NR 26 -Sinalização de Segurança. Diário Oficial da União, Brasília, 28 maio 2015. Disponível em: https://sit.trabalho.gov.br/portal/images/SST/SST_normas_regulamentadoras/NR-26.pdf. Acesso em: 03 fev. 2021.

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.

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

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.

CEN - EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. EN 14175-2: Fume cupboards - Safety and performance requirements. Brussels, 2003.

CIVILE, N. R. Contribuição para o programa de necessidades de laboratórios didáticos de química do ensino superior. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Arquitetura) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

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... Gramado: Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2018, p. 1-7.

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.

MARIANO, A. B.; CAIRES, A. C. P.; OLIVEIRA, C. M. A.; BARBAIO, D.; UZELIN, E. M.; MANCILHA, J. C.; SASSA, L. H.; MELLO, M. A.; BERGAMO, M. E.; DEL REY, M.; PODADERA, P. Guia de laboratório para o ensino de química: instalação, montagem e operação. 2ed, São Paulo: Conselho Regional de Química – IV Região, 2012.

MENEZES, Gabriela de Almeida; DO NASCIMENTO, Joice Farias; DE MENEZES, Jane Eire Silva Alencar; FEITOSA, Cleia Rocha de Sousa; SOUZA, Nágila Freitas; BATISTA, Ana Carolina de Oliveira Nobre. Aplicação de ferramentas de gestão da qualidade em Laboratório de Ensino em um Curso de Graduação em Química. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 58743-58756, aug. 2020.

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.

NASCIMENTO, F. G. R.; LUCENA, C. M. L.; FREIRE, L. L. Reúso em laboratórios de análises ambientais: desperdícios e custos da água residual de destiladores. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 8, n. 2, p.578-594, abr/jun. 2019.

ORNSTEIN, Sheila Walbe. Avaliação Pós-Ocupação (APO) no Brasil, 30 anos: o que há de novo? Revista Projetar: Projeto e Percepção do Ambiente, v.2, n.2, p.7-12, ago. 2017.

REIS, A. C. B; SIQUEIRA, G. G.; BERNARDES, L. V.; ALVES, L. A.; FERREIRA, M. F. G. 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... Ponta Grossa: UTFPR, 2017.

SARMENTO, T. S.; VILLAROUCO, V.; GOMES, A. S. Arranjos espaciais e especificações técnicas para ambientes de aprendizagem adequados a práticas educacionais com blended learning. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 20, n. 1, p. 365-390, jan./mar. 2020.

SIMÕES, F. A. F.; FREITAS, C. A. S; FEITOSA, R. G. F.; SANTOS, Y. T. C.; COSTA, L. D. A.; PINHO, C. O.; SILVA, M. L. Q.; SANTOS, S. P. Potencial de reúso das águas de resfriamento de destiladores laboratoriais. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, v.8, n.1, p. 180-194, 2020.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a todos os envolvidos, direta ou indiretamente, os quais possibilitaram a realização deste estudo.