

18º ERGODESIGN
& USIHC 2022

Metodologia Participativa – Ergonomia de Concepção & Modelo 3D na elaboração do projeto de Arquitetura de um Laboratório Petroquímico

*Participatory Methodology - Conception Ergonomics & 3D Model in
the elaboration of the Architecture design of a Petrochemical
Laboratory*

Cynthia Mosse Alhadeff; PETROBRAS
Fabiana Dias da Silva; PETROBRAS

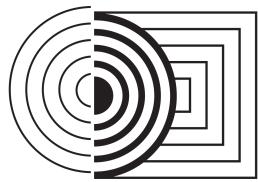
Resumo

Este trabalho tem por objetivo apresentar o processo de elaboração do projeto de um laboratório de análises petroquímicas através do método participativo e colaborativo que envolveu a equipe responsável pelas disciplinas de arquitetura e ergonomia em conjunto com a equipe de um laboratório. O desenvolvimento do projeto básico foi auxiliado por ferramentas de modelagem 3D que contribuíram para que os envolvidos pudessem visualizar e analisar de forma mais dinâmica as soluções projetuais. Para atingir o objetivo pretendido o método adotado consistiu em revisão da bibliografia sobre laboratórios e processo de projeto, reuniões com a equipe do laboratório (antes, durante e após as visitas de campo), elaboração de programa de necessidades, visitas de campo e definição do partido arquitetônico de forma integrada entre arquitetura e ergonomia através da construção do modelo 3D. O processo de desenvolvimento do projeto adotado possibilitou a reflexão sobre otimizar a utilização dos espaços de trabalho, assim como obter a melhor performance na realização das atividades atuais e futuras, sempre considerando os principais aspectos relativos à confiabilidade dos resultados, a segurança dos trabalhadores, junto a atenção para as características construtivas da edificação e sua localização.

Palavras-chave: ergonomia; modelo 3D; método participativo; projeto integrado e colaborativo; laboratório.

Abstract

This paper presents the design process of a petrochemical analysis laboratory developed using the participatory and collaborative method that involved the architectural and ergonomic teams, together with the laboratory team. The basic design development was aided by 3D modeling tools that assisted the actors involved to visualize and analyze the design solutions more dynamically. To achieve the intended goal, the adopted method consisted of a literature review regarding laboratories and design processes, meetings with the laboratory team (before, during and after field visits). Furthermore, it included elaboration of the requirements schedule, field visits and the design concept definition, architectural solutions by an integration between the architecture and ergonomics through a 3D model.



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

This design development process enabled reflection on optimizing the use of workspaces. In addition, it also obtained the best performance to achieve current and future activities, in respect of the main aspects related to result reliability, worker safety, together with attention to the building characteristics and its location.

Keywords: ergonomics; 3D model; participatory method; integrated and collaborative design; laboratory.

1. Introdução

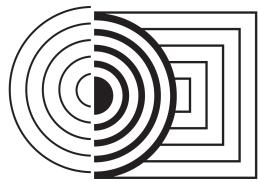
Para atender a expectativa de aumento da performance da produção de gás pelo pré-sal, foi solicitado o projeto para uma futura ampliação de uma unidade de tratamento de gás existente. Entre as novas demandas estava o desenvolvimento de um novo projeto para o laboratório.

Dois motivos indicaram a necessidade da construção de um novo laboratório: atender uma maior demanda devido ao aumento da capacidade do processamento de gás e a inadequação das instalações atuais do laboratório às necessidades atuais e futuras.

A inadequação do laboratório atual é evidenciada pela utilização de um contêiner anexo a edificação para acomodar a área administrativa. A tentativa de solucionar esta situação já havia sido elaborada através da contratação de uma empresa para o desenvolvimento de um novo projeto. Entretanto, com o surgimento da ampliação da unidade, as novas demandas apontaram para uma reavaliação do projeto contratado, uma vez que o projeto não considerou as novas tecnologias que serão implementadas. Portanto, devido a impossibilidade de adequar este projeto contratado às novas demandas, optou-se pela elaboração de um novo projeto para o laboratório.

A principal motivação do estudo de ergonomia para o projeto do laboratório apresentado, foi a antecipação de possíveis problemas ergonômicos envolvidos na operação das futuras áreas da nova planta industrial de tratamento de gás. Seu objetivo foi durante as diferentes fases de desenvolvimento do projeto, adequar as condições ambientais, organizacionais e físicas da instalação, conforme os padrões de Ergonomia internos elaborados por uma equipe de profissionais de projeto com especialização em ergonomia e em conformidade com a NR17–Ergonomia.

Neste cenário, o novo Laboratório terá como finalidade suprir às necessidades atuais e atender ao aumento da demanda de trabalho, onde a expectativa é a duplicação do número de análises. Para o desenvolvimento do projeto básico do Novo Laboratório, as equipes das disciplinas de Arquitetura e Ergonomia trabalharam de forma colaborativa e integrada utilizando o modelo 3D como ferramenta para o desenvolvimento do projeto.



2. Referencial Teórico

O processo de criação do projetista apesar de parecer uma atividade individual, é, na verdade, um trabalho realizado em equipe que envolve negociações e consenso sobre pontos de vistas que podem até ser conflitantes.

A gestão do projeto da edificação ou *design management* refere-se ao processo de organização de todas as etapas de desenvolvimento, coordenação e elaboração de um projeto, com o objetivo de construir uma edificação. A fase de desenvolvimento do projeto engloba o gerenciamento de diversas atividades de projeto como: integração, escopo, tempo, custos, qualidade, recursos humanos, comunicações, riscos e aquisições; e ações características à atividade de projeto como: planejar, analisar, verificar, controlar, definir, desenvolver e executar. Portanto, a definição adequada dos aspectos de gestão do processo de projeto é importante para se obter um resultado que atenda ao planejado (SILVA, 2017).

Nesse sentido, a qualidade do processo de projeto depende de procedimentos de gestão que facilitem o planejamento e desenvolvimento das atividades projetuais. Assim, entende-se que uma abordagem multidisciplinar, interativa e transparente e um controle de todo o processo são aspectos que devem ser considerados no processo de gestão do projeto.

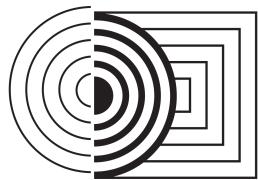
A condução dos estudos realizados sobre o laboratório existente como situação de referência para a realização das avaliações ergonômicas levou em conta as observações dessa unidade, considerando os incidentes que acontecem, analisando suas causas e as estratégias que os operadores empregam para enfrentá-las. (DUARTE, 2002)

2.1 Projeto Tradicional Sequencial:

O método tradicional de gestão do projeto se destaca por uma abordagem sequencial e hierárquica do processo. A organização hierárquica faz com que as partes do fluxo do processo sejam melhor controladas do que o todo. Este tipo de organização tende a focar na tarefa de forma isolada. Enquanto, a visão sequencial não considera o processo completo como o foco do controle e trata todas as atividades do processo de forma igual. Assim, não são verificadas as melhores opções para a etapa seguinte e as interações entre elas (KOSKELA, 1992, 2007; CLAUSING, 1994; MELHADO, 1999; FABRICIO, 2002; KHALFAN; RAJA, 2005).

Neste cenário, a informação é compartilhada de forma linear e cada entidade mantém e controla a distribuição da informação segundo seus próprios interesses (DEUTSCH, 2011).

No projeto do laboratório foi feita a opção por um processo colaborativo e integrado, no lugar do tradicional processo sequencial, para evitar que as informações trocadas, elaboradas e armazenadas ao longo do processo fossem acessadas de forma fragmentada.



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

2.2 Projeto colaborativo e integrado:

O projeto colaborativo e integrado se caracteriza por promover uma melhor interação entre todas as fases do projeto e o controle do projeto como um todo. Entende-se que para o desenvolvimento do projeto ocorrer de forma eficiente, deve haver integração e colaboração.

O projeto colaborativo é um processo que integra a equipe de projeto através de colaboração, comunicação e coordenação. Por outro lado, o projeto integrado está mais focado na integração das informações do produto, do processo, dos aspectos do ciclo de vida do empreendimento e das soluções através de um fluxo de informação contínuo. (DEUTSCH, 2011; KAMARA, ANUMBA, CUTTING-DECCELLE, 2007; KOSKELA, 2007; FABRICIO, MELHADO, 2001; FABRICIO, 2002).

A concepção de um espaço de trabalho é uma demanda em que profissionais de arquitetura, ergonomia, técnicos, gestores e investidores devem atuar em conjunto, considerando que as decisões são econômicas e representantes dos trabalhadores. Esta multidisciplinaridade é o melhor caminho para se estabelecer o programa de necessidades para o projeto. (MORAES, 2004).

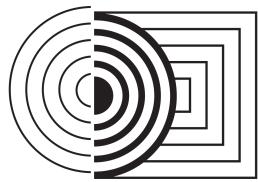
Desta forma, a combinação entre colaboração e integração para o desenvolvimento de projetos apresenta vantagens em relação ao método tradicional sequencial pela possibilidade de maior envolvimento da equipe, melhoria contínua do processo e transparência. Por outro lado, exige uma superação da abordagem clássica e uma mudança comportamental, pois a equipe deve trabalhar de forma simultânea, integrada e colaborativa.

3. Metodologia

O trabalho aborda a metodologia participativa sobre o ponto de vista do desenvolvimento do projeto com o auxílio de uma ferramenta 3D. A definição do objetivo da pesquisa, como abordagem holística e interpretativa da metodologia participativa aplicada ao desenvolvimento de projeto, resultou em uma pesquisa empírica para investigar um fenômeno contemporâneo em seu contexto real. Assim, a abordagem da pesquisa é a estratégia combinada. Este método combinou uma estratégia qualitativa com o estudo de caso (GROAT; WANG, 2013).

O método de trabalho desenvolvido em conjunto pelas disciplinas de Arquitetura e Ergonomia aliou conhecimento técnico às possibilidades de análise e visualização das atividades do laboratório através da elaboração do modelo em 3D da edificação. Para atingir o objetivo pretendido, o método adotado consistiu em fundamentação teórica e na experiência dos autores na elaboração e no acompanhamento do desenvolvimento de projetos de laboratório.

A fundamentação teórica baseou-se na revisão da bibliografia sobre laboratórios, processo projetual, ergonomia de concepção e metodologia participativa. Enquanto, a experiência dos autores permitiu a avaliação dos aspectos que regem a elaboração de projetos de laboratórios



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

petroquímicos, a aplicação da metodologia participativa como instrumento de desenvolvimento do projeto e identificação dos desafios para a efetiva utilização de modelos 3D.

A elaboração do projeto de forma integrada e colaborativa contou com a realização de reuniões com a equipe do laboratório (antes, durante e após as visitas de campo), construção do programa de necessidades, visitas de campo e definição do partido arquitetônico através da construção do modelo 3D.

Ao longo das reuniões das especialidades envolvidas com a equipe do laboratório, foram tratados os pontos de interesse através da aplicação de um questionário com conteúdo baseado nos levantamentos das situações de referência e na revisão bibliográfica. O projeto anterior contratado foi elencado e utilizado como objeto intermediário para a visualização de dificuldades e necessidades futuras, complementadas por simulações e apresentação das inadequações durante a visita a campo.

As respostas ao questionário aplicado, elaborado em conjunto pelos profissionais de Ergonomia e Arquitetura contribuíram na compreensão das atividades desenvolvidas e evidenciaram premissas a serem inseridas ao projeto. Estas ações conduziram a construção do programa de necessidades, validado junto a equipe do laboratório.

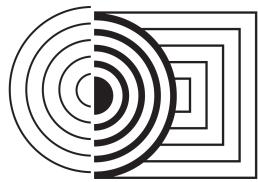
O estudo ergonômico foi desenvolvido em conjunto com a disciplina de arquitetura e a equipe de profissionais do laboratório, onde as recomendações geradas contribuíram para a proposição do programa de necessidades. Neste contexto, o modelo 3D permitiu a visualização dos aspectos tratados.

Os principais aspectos ergonômicos observáveis foram tratados de forma a delinear as configurações físicas através dos documentos de arquitetura. A análise das atividades descritas e simuladas pelos usuários foi determinante para a definição do arranjo, dos traçados dos fluxos (internos e externos), da especificação das relações e interligações entre as áreas, as máquinas e os equipamentos, com foco na otimização das condições operacionais e de manutenção. Através dessas análises, feitas no modelo 3D, destacaram-se os requisitos que definiram a concepção interna dos ambientes, tais como espaços/postos de trabalho, áreas de circulação, visualização, acessos e condições de armazenamento.

A partir do método adotado, destaca-se a importância do usuário exercitando uma reflexão sobre a ampliação das atividades para o trabalho futuro, e sobre a forma de ocupação e uso do espaço.

As possibilidades trazidas pela concepção do projeto através do modelo 3D, como a visualização dos ambientes e análise das condições climáticas contribuíram para ampliar a compreensão do uso do espaço e realizar ajustes para atender aos requisitos determinantes do projeto, que não seriam observáveis sem esta ferramenta.

Outro fator importante foram as visitas a campo, que muito contribuíram para a percepção das condições atuais de trabalho inadequadas. Contudo, a visita após as reuniões e avaliações



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

iniciais foram mais ricas por terem pontos do projeto que já haviam sido realçados e puderam ser verificados no local. Assim como a identificação de itens complementares, uma vez que são tratados através de regulações realizadas pela equipe do laboratório, sem perceber que o fazem. Como exemplos de condições inadequadas destacaram-se a posição do local para guarda dos cilindros de amostragem (pequenos), o revestimento e a localização da bancada de recebimento de cilindros, a falta de espaço livre nas bancadas e para acesso de manutenção, assim como o modelo de cadeira utilizada na área destinada as análises do laboratório.

Dois pontos se destacam no método adotado: a participação intensiva da equipe do laboratório na definição das premissas do projeto e a elaboração do projeto a partir do modelo 3D.

4. Desenvolvimento do projeto

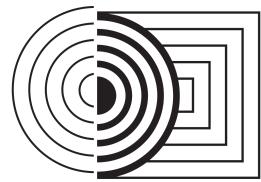
Devido a impossibilidade de adequar o projeto contratado inicialmente às novas necessidades, optou-se pela elaboração de um novo projeto para o laboratório a ser desenvolvido pela equipe de engenharia da própria empresa de tratamento de gás, e não mais por uma empresa externa contratada. Neste contexto, um dos pontos de destaque no desenvolvimento do projeto através de processo interno foi a inclusão da especialidade de Ergonomia em conjunto com as disciplinas de Arquitetura e Ar-condicionado. Esta integração entre as disciplinas de projeto contribuiu para que a análise fosse direcionada para a avaliação de todas as atividades desenvolvidas pela equipe do laboratório, com o foco no “como” elas são executadas, e, desta forma provocando a reflexão sobre boas práticas desenvolvidas no contexto das atividades realizadas em todas as áreas do conjunto que compõem o laboratório.

Outro fator relevante foi a disponibilidade de tempo da equipe do laboratório para colaborar no processo do estudo do projeto. A distância física entre a equipe de projeto e do laboratório foi outro aspecto a ser considerado. O laboratório situa-se no litoral de São Paulo e a equipe de projeto na cidade do Rio de Janeiro – RJ. Assim sendo, os recursos tecnológicos de comunicação foram elementos fundamentais para que a distância física fosse reduzida virtualmente.

A experiência da equipe do laboratório nas atividades foi fundamental para análise do projeto anteriormente encomendado e definição do programa de necessidades adequado às atividades executadas no laboratório.

O projeto anterior apresentava-se desatualizado às necessidades de trabalho do momento. Foi sinalizado pela equipe do laboratório que não haviam sido incluídos alguns requisitos básicos por eles apontados, como a inclusão de suporte para algumas práticas diárias, tal como a definição de local apropriado para disposição e guarda de equipamentos de proteção individual (segurança). A apropriação de um olhar crítico pela equipe do laboratório, com receio de novamente não ser atendido de forma adequada, foi um fator determinante para estarem conscientes da importância de sua participação e envolvimento nas decisões de projeto.

A situação apresentada permitiu que a ergonomia tratasse do laboratório existente e o projeto anterior contratado como situações de referência para o desenvolvimento do projeto atual.



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Outros laboratórios similares, que já foram objeto de estudo da equipe de ergonomia e da arquitetura, foram igualmente considerados como situações de referência, somados ao levantamento bibliográfico realizado pela equipe de arquitetura para ampliar o conhecimento de boas práticas.

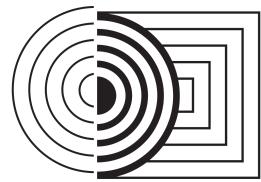
5. Partido Arquitetônico e Modelo 3D

A concepção do projeto de arquitetura foi realizada em conjunto com a disciplina de Ergonomia. No processo projetual, diversos aspectos foram considerados. O laboratório atual foi utilizado como situação de referência destacando-se a análise das condições atuais de trabalho, as posturas laborais, a organização das atividades, a disposição dos equipamentos, a avaliação dos fluxos internos e externos para execução das atividades e a especificação das relações e interligações entre as áreas para a definição do trabalho a ser realizado.

Figura 1: Perspectiva da proposta de partido arquitetônico para a fachada principal



Fonte: Autores, 2019.



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Figura 2: Perspectiva da proposta de partido arquitetônico do laboratório e abrigo de cilindros

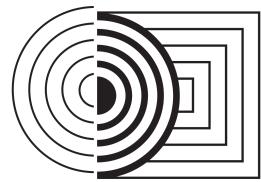


Fonte: Autores, 2019.

A definição do partido arquitetônico e do leiaute interno foi auxiliada pelo desenvolvimento do projeto a partir de um modelo 3D (Figuras 1 e 2). A opção por projetar a partir do modelo 3D contribuiu para analisar os fluxos externos e internos e avaliar a visibilidade das atividades do laboratório pelo supervisor (Figura 3, 4, 5, 6 e 7).

Outros aspectos para o desenvolvimento do projeto foram relacionados à concepção interna dos ambientes e do partido arquitetônico com ênfase em estratégias bioclimáticas que atendessem às condições climáticas locais e na relação da edificação com o entorno, como premissas para a definição do partido arquitetônico (Figuras 1 e 2).

O uso do modelo 3D permitiu promover o estudo de insolação, conforto ambiental e visual e avaliar os aspectos ergonômicos. Além disso, as representações gráficas (plantas, cortes e fachadas) foram obtidas a partir do modelo 3D (Figuras 8, 9, 10, 11, 12 e 13).

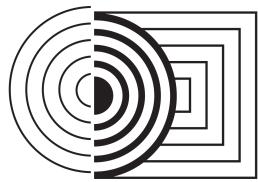


18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Figura 3: Análise dos fluxos internos



Fonte: Autores, 2019.



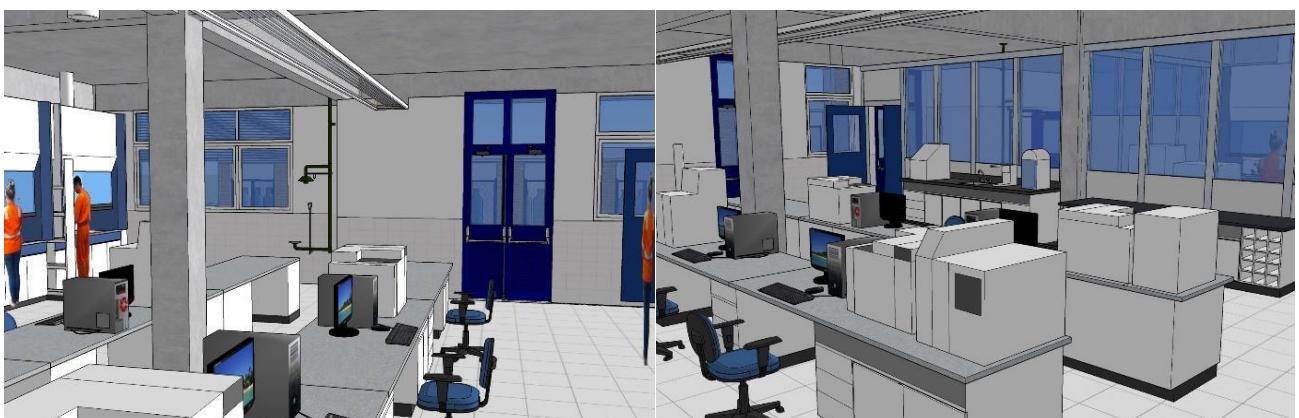
18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Figuras 4 e 5: Verificação da permeabilidade visual e das atividades a serem realizadas



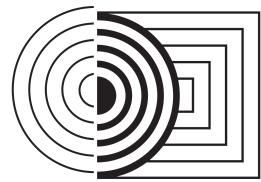
Fonte: Autores, 2019.

Figuras 6 e 7: Verificação da permeabilidade visual e de aspectos ergonômicos



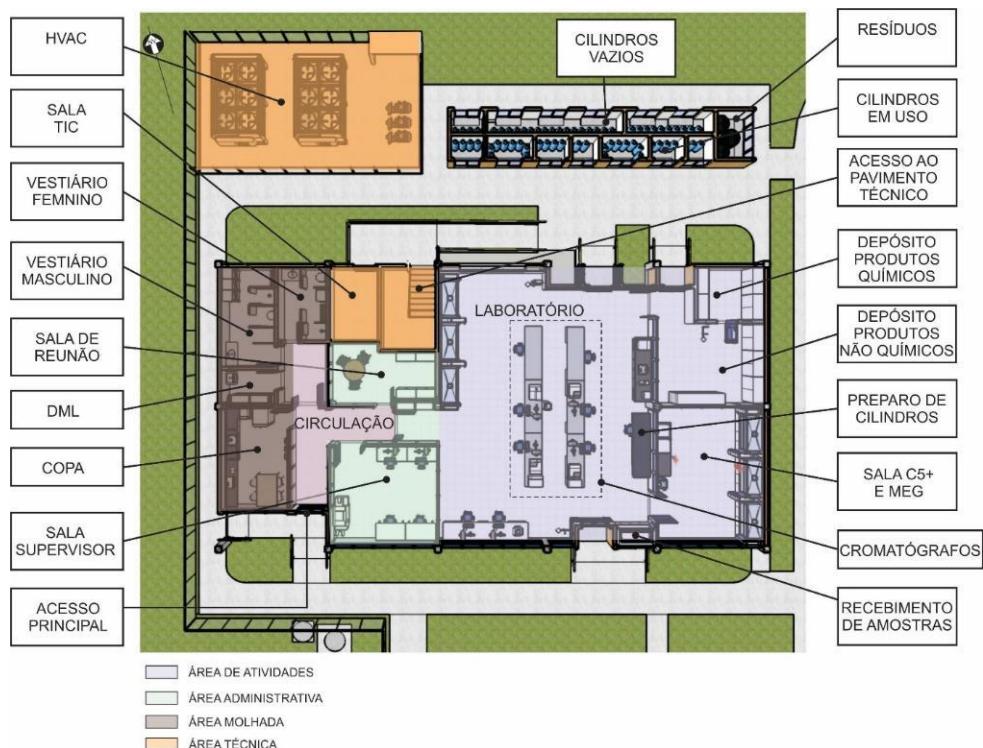
Fonte: Autores, 2019.

Para minimizar a necessidade de uso de ar-condicionado e para promover o conforto térmico dos ambientes buscou-se a otimização da orientação solar e o uso de materiais eficientes, como telhas de cores claras com isolamento termoacústico tipo sanduíche. Esta opção resultou em uma edificação retangular, com a maior dimensão sobre o eixo Leste – Oeste e com as aberturas localizadas nas fachadas Norte e Sul. As fachadas Leste e Oeste não têm aberturas (Figura 8).

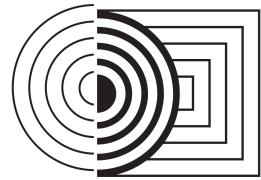


18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Figura 8: Setorização das atividades



Fonte: Autores, 2019.



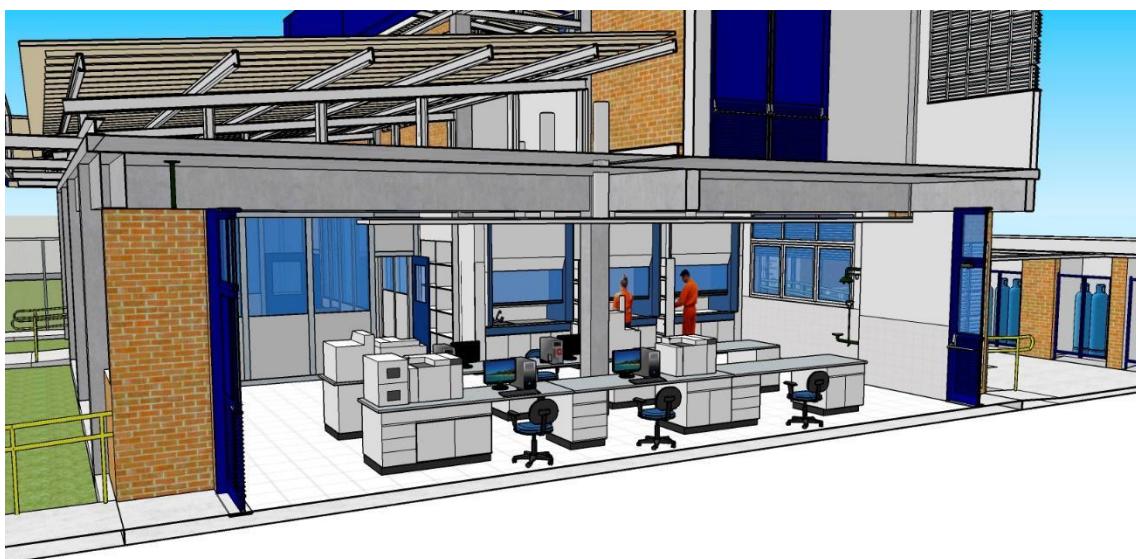
18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Figura 9: Diferentes possibilidades de visualização - geral

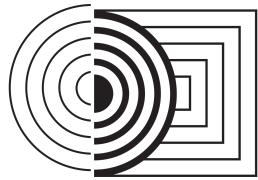


Fonte: Autores, 2019.

Figura 10: Diferentes possibilidades de visualização – atividades laboratório



Fonte: Autores, 2019.



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Figura 11: Diferentes possibilidades de visualização – laboratório e área técnica

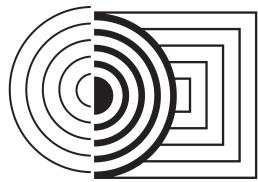


Fonte: Autores, 2019.

Figura 12: Diferentes possibilidades de visualização – área administrativa, área técnica e abrigo de cilindros



Fonte: Autores, 2019



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

Figura 13: Diferentes possibilidades de visualização – fachada principal



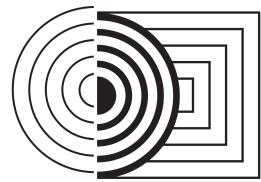
Fonte: Autores, 2019

6. Resultado e Discussões

A participação dos usuários foi fundamental na concepção do projeto deste laboratório, pois permitiu conciliar seu conhecimento com a projeção do trabalho futuro, e adequá-lo aos requisitos de segurança, saúde e ambiental. As formas de envolvê-los, através de reuniões virtuais ou por telefone, utilizando questionário e principalmente com a apresentação do modelo 3D do projeto em estudo promoveu um grande interesse da equipe do laboratório em contribuir para a definição das soluções projetuais. Esta prática durante a elaboração do novo projeto do laboratório contribuirá para o aumento da performance na produção do processamento de gás.

A prática da concepção simultânea das avaliações ergonômicas envolvendo a participação da equipe de arquitetura, juntamente com a concepção do projeto no modelo 3D, fez com que se criasse mais oportunidades de reavaliação contínua dos aspectos ergonômicos através dos desenhos pela equipe de arquitetura, ergonomia e ar-condicionado. Neste projeto foi observada a importância da troca de conhecimentos na elaboração das propostas para o projeto, assim como a aplicação de metodologias próprias de cada especialidade construindo uma visão de trabalho futuro, considerando os modos operatórios apresentados através da equipe do laboratório. Esta forma de trabalho enriqueceu o conteúdo da proposta elaborada, onde a configuração final e os requisitos construtivos foram validados pelo cliente final sem questionamentos, uma vez que sua participação ao longo do processo de projeto foi constante.

O resultado do projeto elaborado poderá ser mensurado através de autoinspeções durante o desenvolvimento a próxima fase de projeto e construção, na avaliação da conformidade legal, e



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

na confiabilidade dos resultados futuros das análises realizadas e na produtividade deste laboratório.

As possibilidades trazidas pela concepção do projeto através do modelo 3D, como a visualização dos ambientes e análise das condições climáticas contribuíram para ampliar a compreensão do uso do espaço e realizar ajustes para atender aos requisitos determinantes do projeto, que não seriam observáveis sem esta ferramenta.

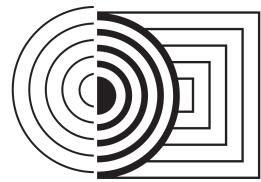
A participação dos usuários foi fundamental na concepção do projeto deste laboratório, pois permitiu conciliar seu conhecimento com a projeção do trabalho futuro, e adequá-lo aos requisitos de segurança, saúde e ambiental. O resultado é um projeto cujas soluções arquitetônicas foram pensadas, definidas, validadas e implementadas de forma participativa e colaborativa.

7. Conclusões

A experiência apresentada de desenvolvimento do projeto do laboratório destaca as possibilidades futuras oferecidas pelas ferramentas de TIC no processo de desenvolvimento de projetos de edificações, entre elas, a elaboração de um banco de dados com informações parametrizadas, a utilização de diferentes ferramentas digitais para auxiliar o desenvolvimento do projeto e a participação do usuário na definição do projeto, contribuindo para a compreensão das atividades laborais, através de um trabalho colaborativo e integrado.

8. Referências Bibliográficas

- CLAUSING, D. **Total quality Development: A Step-by-Step Guide to World-Class Concurrent Engineering.** New York: ASME, 1994.
- DEUTSCH, R. **BIM and integrated design.** New Jersey: Ed. John Wiley & Sons, 2011.
- DUARTE, F. (Org). **Ergonomia e projeto na indústria de processo contínuo.** Rio de Janeiro: COOPE/RJ: Lucerna, 2002.
- FABRICIO M.; MELHADO, S. Desafios para integração do processo de projeto na construção de edifícios. In: **WORKSHOP NACIONAL: gestão do processo de projeto na construção de edifícios.** São Carlos: EESC/USP, 2001.
- FABRICIO, M. **Projeto simultâneo na construção de edifícios.** Tese de Doutorado apresentada ao Curso de Engenharia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.
- GROAT, L.; WANG, D. **Architectural research methods.** New Jersey: John Wiley & Sons, 2013.
- GUÉRIN, F. **Compreender o trabalho para transformá-lo:** a prática da ergonomia. São Paulo: Edgar Blücher, Fundação Vanzolini, 2001.
- KAMARA, J.; ANUMBA, C.; CUTTING-DECCELLE, A. Introduction to Concurrent Engineering in construction. In: **Concurrent Engineering in construction projects.** New York: Taylor & Francis, 2007.



18º ERGODESIGN & USIHC 2022

KHALFAN, M.; RAJA, N. Improving construction process through integration and concurrent design.
Construction Economics and Building, vol 5, n. 1, p.58-66, 2005.

KOSKELA, L. **Application of the new production philosophy to construction.** Stanford: Stanford University, 1992.

_____ Foundations of concurrent engineering. In: ANUMBA, C.; KAMARA, J; CUTTING-DECCELLE, A. (Org). **Concurrent Engineering in construction projects.** New York: Taylor & Francis, 2007. P. 12-29.

MORAES, A. (Org). **Ergodesign do ambiente construído e habitado.** Rio de Janeiro: iUsEr, 2004.

SILVA, F. D. **Gestão do processo de projeto na reabilitação de edificações:** visando a melhoria da qualidade ambiental. 2017. 240f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-graduação em Arquitetura, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.