REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218

# PRÁTICAS DE COCRIAÇÃO CENTRADA NO HUMANO PARA PROJETOS DE PROTEÇÃO CONTRA INCÊNDIOS EM USINAS DE COMBUSTÍVEL

## *HUMAN-CENTERED CO-CREATION PRACTICES FOR FIRE PROTECTION PROJECTS IN FUEL PLANTS*

## *PRÁCTICAS DE COCREACIÓN CENTRADA EN EL SER HUMANO PARA PROYECTOS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS EN PLANTAS DE COMBUSTIBLE*

Guilherme Fernando Soares de Araújo[1], Alexandre Walmott Borges[2]

e737421
https://doi.org/10.47820/recima21.v7i3.7421

PUBLICADO: 03/2026

**RESUMO**

A ideia de projetistas trabalhando com seus monitores de forma isolada e desconectada do contexto e da situação é obsoleta. No entanto, ainda persiste um paradigma de projeto que considera monitores e práticas de concepção separados do contexto real de uso, o que compromete a efetividade das soluções desenvolvidas. Este artigo tem como objetivo indicar elementos de *codesign* com foco no ser humano que contribuam para qualificar as práticas em projetos de combate a incêndio em plantas de combustíveis para lidar com desafios. A pesquisa articula dois eixos relacionados ao design: o desenvolvimento da atividade de trabalho durante o processo de projeto e as abordagens participativas em design. Destacam-se aspectos relevantes sobre a utilização de métodos participativos e da abordagem de design centrado no ser humano. Esses métodos constituem ferramentas fundamentais para aprimorar as práticas projetuais, fornecendo análises do processo de concepção e das interações entre usuários e sistemas. Ao reconhecê-los como recursos operacionais, surgem novas possibilidades de reflexão e diretrizes para integrar a comunidade envolvida no processo. Conclui-se que a abordagem centrada no ser humano, integrada às normas, viabiliza uma perspectiva mais robusta, adequada à complexidade do problema, cuja complexidade demanda a participação dos usuários para gerar soluções mais eficazes. Como resultado, propõe-se uma forma de abordar problemas em projetos de sistemas de combate a incêndio, com ênfase em sistemas de escape e abandono, por meio de uma lista de recomendações aplicáveis às três fases do processo: antes, durante e após o projeto.

**PALAVRAS-CHAVE**: Design Participativo. Ergonomia. Objetos Fronteira. Segurança.

[1] Aluno do doutorado bi institucional no Instituto de Química da UFU/UFVJM, no Programa de Pós-Graduação em Biocombustíveis (PPBIC 2024). Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFU (2024). Mestre em Engenharia de Produção pela UFMG (2017). Especialista em Engenharia Elétrica pela UCAM (2015), bacharel em Engenharia de Saúde e Segurança pela Universidade Federal de Itajubá (2014) e técnico em Segurança do Trabalho (2008). Professor EBTT na Escola Técnica de Saúde/UFU, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Brasil.

[2] Graduado em Direito pela Universidade Federal de Santa Catarina (1994). Graduado em Ciência Política pelo Centro Universitário Internacional, Especialista em História e Filosofia da ciência, mestre em Direito pela Universidade Federal de Santa Catarina (1996). Doutor em Direito pela Universidade Federal de Santa Catarina (2002). Doutor em História pela Universidade Federal de Uberlândia - UFU (2019). Professor dos programas de pós-graduação, mestrado em direito, da Universidade Federal de Uberlândia - UFU, e da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - UNESP; Professor da pós-graduação em biocombustíveis, mestrado e doutorado, programa conjunto da Universidade Federal de Uberlândia e Universidade Federal dos Vales do Mucuri e Jequitinhonha, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia-MG, Brasil.



Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218



***ABSTRACT***
*The idea of designers working with their monitors in an isolated manner, disconnected from context and situation, is obsolete. Nevertheless, a design paradigm still persists that considers monitors and design practices as separate from the real context of use, which compromises the effectiveness of the solutions developed. This article aims to identify elements of human-centered codesign that contribute to improving practices in fire-fighting system projects in fuel plants in order to address challenges. The research articulates two axes related to design: the development of work activity during the design process and participatory approaches in design. Relevant aspects stand out regarding the use of participatory methods and the human-centered design approach. These methods constitute fundamental tools for enhancing design practices, providing analyses of the conception process and of interactions between users and systems. By recognizing them as operational resources, new possibilities for reflection and guidelines emerge to integrate the community involved in the process. It is concluded that the human-centered approach, integrated with standards, enables a more robust perspective, suited to the complexity of the problem, whose very complexity requires user participation to generate more effective solutions. As a result, a way of addressing problems in fire-fighting system design is proposed—with emphasis on evacuation and egress systems—through a list of recommendations applicable to the three phases of the process: before, during, and after design.*

***KEYWORDS:*** *Participatory Design. Ergonomics. Boundary Objects. Safety.*

***RESUMEN***
*La idea de diseñadores que trabajan con sus monitores de forma aislada y desconectada del contexto y de la situación es obsoleta. Sin embargo, aún persiste un paradigma de diseño que considera los monitores y las prácticas de concepción como separados del contexto real de uso, lo que compromete la efectividad de las soluciones desarrolladas. Este artículo tiene como objetivo identificar elementos de codesign centrado en el ser humano que contribuyan a cualificar las prácticas en proyectos de sistemas de combate de incendios en plantas de combustibles para enfrentar desafíos. La investigación articula dos ejes relacionados con el diseño: el desarrollo de la actividad de trabajo durante el proceso de diseño y los enfoques participativos en diseño. Se destacan aspectos relevantes sobre la utilización de métodos participativos y del enfoque de diseño centrado en el ser humano. Estos métodos constituyen herramientas fundamentales para mejorar las prácticas proyectuales, proporcionando análisis del proceso de concepción y de las interacciones entre usuarios y sistemas. Al reconocerlos como recursos operativos, surgen nuevas posibilidades de reflexión y directrices para integrar a la comunidad involucrada en el proceso. Se concluye que el enfoque centrado en el ser humano, integrado a las normas, posibilita una perspectiva más robusta, adecuada a la complejidad del problema, cuya complejidad exige la participación de los usuarios para generar soluciones más eficaces. Como resultado, se propone una forma de abordar problemas en proyectos de sistemas de combate de incendios —con énfasis en los sistemas de evacuación y abandono— mediante una lista de recomendaciones aplicables a las tres fases del proceso: antes, durante y después del diseño.*

***PALABRAS CLAVE****: Diseño Participativo. Ergonomía. Objetos Frontera. Seguridad.*

## INTRODUÇÃO

As plantas de combustíveis desempenham papel fundamental no desenvolvimento socioeconômico de um país (Lyu *et al.,* 2025). No entanto, com o passar dos anos, podem enfrentar diversos riscos, como incêndios e explosões, além de problemas estruturais decorrentes de obras inadequadamente projetadas. Esses fatores comprometem a segurança dos usuários e acarretam perdas financeiras significativas (Coelho *et al.,* 2023; Craveiro *et al.,* 2023). Entre 1993


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

e 2022, o número de incêndios permaneceu estável, enquanto a letalidade diminuiu, indicando avanços na prevenção e na resposta (CTIF, 2024). Todavia, o risco de incêndio continua representando ameaças à vida, à estrutura do edifício e à propriedade (Spinardi *et al.,* 2020). Nesse sentido, a segurança contra incêndio e o gerenciamento de riscos em edificações se relacionam aos ODS 9 e 11 da Agenda 2030 da ONU (Negi *et al.,* 2024; Hegazy *et al.,* 2024).

No caso de instalações industriais, o incêndio constitui um dos cenários mais relevantes considerados no projeto de sistemas de segurança e, possivelmente, a maior ameaça (Kodur *et al.,* 2020; ISB, 2022). A abordagem baseada em fatores humanos evidencia que, quando o acidente ocorre, os sistemas de combate e detecção tendem a proteger prioritariamente a instalação; tais sistemas também atuam na proteção das pessoas, mas de forma indireta.

Um dos episódios mais emblemáticos de falhas em processos de evacuação ocorreu no desastre da plataforma offshore Piper Alpha, em 1988. Naquele evento, os protocolos de emergência foram formulados sem avaliação abrangente das condições reais de operação e sem participação efetiva dos trabalhadores envolvidos. As diretrizes adotadas fundamentaram-se em referenciais tradicionais de engenharia, desconsiderando a complexidade do comportamento humano em situações críticas. Assim, fatores humanos foram subestimados no planejamento e na gestão da segurança (Llory; Montmayeul, 2014; Cullen, 1990). A crítica de Cullen (1990) à legislação da época destaca a necessidade de análises específicas para cada instalação, reforçando a insuficiência de diretrizes padronizadas.

Diante desse cenário, compreende-se que a engenharia clássica, isoladamente, é insuficiente para o desenvolvimento de sistemas de segurança complexos. Conforme Falagán (2024, p. 1), “do ponto de vista acadêmico, as pesquisas têm frequentemente se concentrado em aspectos estáticos”.

Assim, a pergunta que orienta este artigo é: como as metodologias de projeto de combate a incêndio podem incluir os usuários, de maneira colaborativa, a fim de ampliar a segurança dos indivíduos em situações de escape e abandono em plantas de combustíveis? O objetivo geral consiste em identificar e propor elementos de *codesign* que contribuam para o aprimoramento das práticas de projeto de combate a incêndio, considerando os desafios contemporâneos e a centralidade do fator humano. Os objetivos específicos são: (i) investigar e analisar metodologias tradicionais de projeto de combate a incêndio; (ii) analisar as normas nacionais e internacionais aplicáveis ao tema; e (iii) identificar, analisar e selecionar métodos e ferramentas de *codesign* aplicáveis ao desenvolvimento de projetos de escape e abandono. O artigo está estruturado nas seções: 1. Introdução; 2. Design centrado no ser humano; 3. Materiais; 4. Métodos; 5. Resultados e discussão; e 6. Considerações finais.


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

## 1. REFERENCIAL TEÓRICO: *DESIGN* CENTRADO NO SER HUMANO

As abordagens do *design* vêm sendo ampliadas nas últimas décadas, redefinindo princípios de gestão de projetos (Zhang *et al.,* 2024; Abbakyari *et al.,* 2023; Falagán, 2024; IDEO, 2015). O *design thinking*, por exemplo, incentiva o pensamento divergente e enfatiza a centralidade das pessoas no processo de concepção, contribuindo para ampliar a criatividade e aperfeiçoar fluxos de trabalho (Abbakyari *et al.,* 2023).

Ao favorecer a participação coletiva dos atores envolvidos, tais abordagens promovem soluções projetuais mais consistentes e deslocam a lógica tradicional de projeto (Zhang *et al.,* 2024). Essas práticas colaborativas fortalecem os resultados de longo prazo, qualificam a geração de ideias e aprimoram a entrega de serviços e a gestão, além de ampliarem a capacidade de atendimento a necessidades relacionadas à segurança (Zhang *et al.,* 2024; Abbakyari *et al.,* 2023; Araujo; Nunes, 2023).

Projetos de prevenção envolvem múltiplos atores e objetivos heterogêneos, além de critérios de qualidade nem sempre plenamente compreendidos mesmo após sua implementação. Ao mesmo tempo, operam sob restrições de custo, cronograma e estruturas regulatórias complexas, que combinam exigências técnicas, processos de garantia de qualidade e normativas governamentais (Ngoc *et al.,* 2022). Diferentemente de projetos exploratórios, projetos de segurança contra incêndio devem necessariamente resultar em soluções aplicáveis — como protocolos de evacuação — para que sejam eficazes (Abbakyari *et al.,* 2023).

Nesse cenário, projetos de prevenção e combate a incêndios podem se beneficiar de abordagens colaborativas que incorporem atores diversos, como usuários, equipes de emergência e membros da comunidade, desde as etapas iniciais do processo (Lyu *et al.,* 2025).

O conceito de *Design* Centrado no Ser Humano (DCH), derivado do *Design* Centrado no Usuário, amplia o escopo da participação das pessoas, compreendendo-as não apenas como informantes, mas como agentes ativos que influenciam o processo projetual (Falagán, 2024). Essa ampliação reconhece que necessidades, comportamentos e condicionantes sociais moldam o ato de projetar de maneira mais profunda do que abordagens estritamente funcionais sugerem.

Na perspectiva de IDEO (2015), o DCH constitui uma abordagem para lidar com problemas complexos por meio da construção de empatia, da prototipação iterativa e do equilíbrio entre três dimensões: desejabilidade, praticabilidade e viabilidade. Embora tais elementos sejam úteis, sua apresentação estritamente operacional tende a simplificar a complexidade epistemológica do DCH, que, em contextos acadêmicos, demanda discussão crítica sobre os limites das práticas de participação, a influência de fatores organizacionais e as tensões entre requisitos técnicos e demandas humanas (Falagán, 2024). Nesse sentido, a abordagem deixa de ser apenas um procedimento e passa a constituir um enquadramento analítico para compreender a interação entre pessoas, sistemas e contextos.

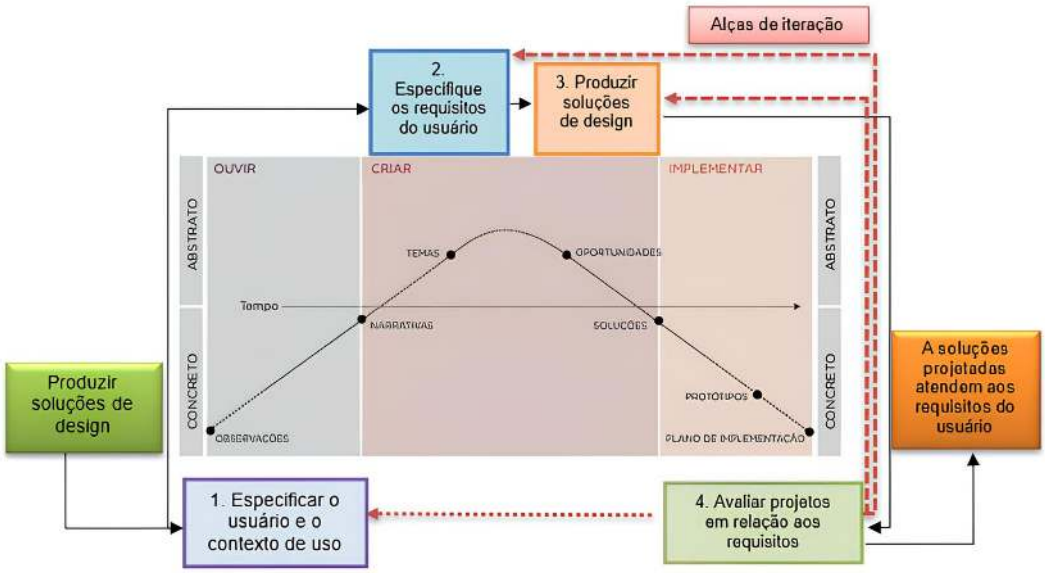

Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

REVISTA CIENTÍFICA - RECIMA21 ISSN 2675-6218



De forma complementar, a proposta de Harte *et al.,* (2017) organiza o DCH em quatro fases — identificação de usuários e contexto, definição de requisitos, desenvolvimento de soluções e avaliação iterativa — destacando sua base na engenharia de requisitos e sua ênfase na verificação contínua da adequação das soluções às necessidades identificadas.

**Figura 1.** Adaptação da IDEO (2015) e Harte *et al*. (2017)




## 2. MÉTODOS

A pesquisa adotou uma abordagem holística, combinando diferentes estratégias metodológicas para atingir seus objetivos. Utilizou-se revisão bibliográfica sistemática e assistemática como parte do processo investigativo, fornecendo suporte teórico e permitindo uma visão ampla e crítica sobre o tema (Sauer; Seuring, 2023).

A revisão bibliográfica assumiu papel central, uma vez que o problema investigado demanda análise aprofundada da literatura existente, sem necessidade de coleta de dados primários. A revisão buscou identificar o estado da arte sobre projetos tradicionais de combate a incêndio, suas limitações e possíveis contribuições metodológicas, com base na busca, seleção e leitura de artigos científicos pertinentes (Mangaroo-Pillay; Coetzee, 2022). Conforme Sauer e Seuring (2023), o trabalho seguiu três etapas: planejamento, busca e leitura dos artigos.

Primeira etapa - Planejamento: Nessa fase, definiram-se o escopo, os objetivos, o problema de pesquisa e os termos de busca. Estabeleceram-se também os critérios de inclusão e exclusão, conforme o protocolo apresentado na Tabela 1.

ISSN: 2675-6218 - RECIMA21
Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

**Tabela 1.** Modelo de protocolo de pesquisa adotado

| Componente | Conteúdo |
|---|---|
| 1. Âmbito da pesquisa | Scielo; Google Scholar; Plataforma Capes e ScienceDirect. |
| 2. Critérios de pesquisa para busca nas plataformas (inglês e português) | (Projeto de incêndio *AND Codesign AND* Concepção *AND* Usuário *AND* combustíveis) e (Projeto de incêndio *AND* concepção *AND* combustíveis). |
| 3. Aspectos técnicos | Os resultados foram filtrados nas próprias plataformas através dos critérios de inclusão e exclusão definidos. |
| 4. Critérios de inclusão/exclusão | Artigos que tivessem correspondência com o tema, no período entre 2010-2025 (15 anos), publicados em revistas científicas com revisão por pares. |
| 5.Critérios de qualidade e validade metodológica | Os critérios de inclusão e exclusão foram aplicados desde o início da busca para se evitar viés. |

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Segunda etapa – Buscas: A busca inicial na Scielo utilizando o termo mais completo (“Projeto de incêndio *AND Codesign* AND Concepção *AND* Usuário *AND* combustíveis”) não retornou resultados, exigindo ajustes na combinação das palavras-chave. O termo “Projeto de incêndio *AND* concepção” apresentou melhor desempenho nessa base, procedimento replicado nos Periódicos Capes. Esses obstáculos não ocorreram no Google Scholar e na plataforma da Elsevier (Tabela 2).

**Tabela 2.** Resultados das buscas por meio das palavras-chave combinadas

| Base de dados | Publicações |
|---|---|
| Scielo | 15 |
| Google *Scholar* | 18 |
| Periódicos capes | 4 |
| *ScienceDirect* | 9 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).

Para seleção dos artigos, aplicaram-se três filtros sucessivos. O primeiro filtro — leitura de título, palavras-chave e resumo — resultou na seleção de 6 artigos, conforme indicado na Tabela 3.

**Tabela 3.** Resultados da seleção dos artigos conforme filtro 1

| Base de dados | Publicações | Publicações selecionadas |
|---|---|---|
| Scielo | 15 | 3 |
| Google *Scholar* | 18 | 0 |
| Periódicos capes | 4 | 3 |
| *ScienceDirect* | 9 | 0 |

Fonte: Elaborado pelos autores (2025).


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Os filtros 2 e 3 envolveram leitura de introdução e conclusão, seguida de leitura integral dos 6 artigos. Embora o procedimento tenha permitido exame crítico do material selecionado, reconhece-se que o número reduzido de artigos representa limitação metodológica relevante, restringindo a possibilidade de generalizações mais amplas.

**Figura 2.** Elaborado pelos autores (2025).




A título ilustrativo, utilizou-se a ferramenta wordclouds.com para visualizar termos recorrentes. Contudo, sua aplicação foi complementada por análise qualitativa, considerando que nuvens de palavras possuem valor analítico limitado e não constituem, isoladamente, método de interpretação robusto (Figura 2). Por fim, as evidências encontradas reforçam que desafios na prevenção de incêndios exigem avaliação contextual dos riscos, permitindo delinear estratégias integradas para redução de vulnerabilidades nos sistemas de proteção.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para analisar de forma sistemática as oportunidades de inclusão dos usuários no processo de projeto de plantas industriais de combustíveis, a Figura 3 estabelece uma relação analítica entre a abordagem do *Design* Centrado no Ser Humano (DCH), conforme sistematizada pela IDEO (2015) no *Human-Centered Design Toolkit*, e o processo de projeto proposto pelo *International Council for Research and Innovation in Building and Construction* – CIB (2001) citado por Kruppa *et al.,* (2001). Essa articulação não se limita a uma sobreposição conceitual, mas constitui um esforço deliberado de integração metodológica entre princípios do *design* participativo e estruturas normativas tradicionalmente utilizadas em engenharia de segurança e projeto industrial.


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

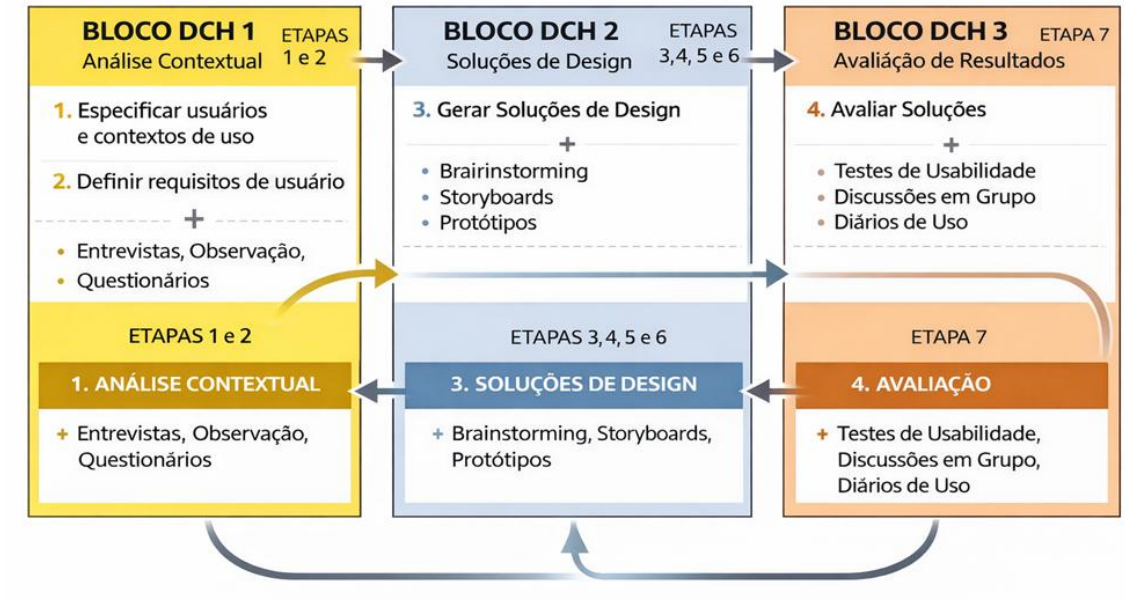
A norma CIB (2001) mostrou-se particularmente relevante para o contexto de plantas industriais de biocombustíveis por oferecer um modelo de desenvolvimento de projetos que integra aspectos técnicos, organizacionais e de gestão.

No entanto, a análise crítica realizada neste estudo evidenciou que, embora o fluxograma original do CIB organize de forma consistente as etapas clássicas do processo de projeto — definição do escopo, estabelecimento de objetivos e metas, formulação de estratégias, alinhamento com critérios de desempenho e cenários, proposição do *design* e avaliação —, ela apresenta limitações quando aplicado a sistemas sociotécnicos complexos, nos quais o comportamento humano exerce papel determinante sobre a segurança operacional.

A partir dessa constatação, o estudo propõe o reagrupamento das etapas do processo de projeto da CIB (2001) em três blocos analíticos, conforme apresentado na Figura 3. Essa reorganização metodológica constitui um dos principais resultados do trabalho, pois permite incorporar, de forma transversal, variáveis humanas como percepção, julgamento, tomada de decisão, orientação espacial e resposta sob estresse, que tendem a ser tratadas de maneira fragmentada ou residual em abordagens normativas convencionais.

O reagrupamento foi desenvolvido a partir de reuniões estruturadas de brainstorming entre os autores, orientadas por evidências da literatura e pela análise crítica de acidentes industriais reportados em plantas de biogás e combustíveis (Zhang *et al.,* 2024; Mangaroo-Pillay, Coetzee, 2022; Oliveira, Cavalcante, 2021).

**Figura 3**. Adaptada da abordagem *Design* Centrado no ser humano e combinada com as etapas de processo de projeto. Fonte: Elaborado pelos autores





Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

A adoção dessa estrutura em blocos mostrou-se mais sensível para captar as nuances das decisões projetuais ao longo das fases de concepção e implementação, permitindo observar como fatores humanos influenciam diretamente a eficácia das soluções técnicas. Elementos como a clareza informacional, o posicionamento e a legibilidade da sinalização, a coerência entre o layout industrial e os fluxos operacionais, bem como a orientação em situações de emergência, podem, a partir dessa estrutura, ser analisados como parâmetros centrais do projeto, em consonância com as proposições de Araújo e Nunes (2023), fatores que não são adequadamente contemplados pelas normas convencionais.

A análise detalhada de cada bloco indicou que essa organização metodológica contribui para aprimorar a integração entre equipes técnicas — engenheiros de processo, segurança e projeto — e usuários finais, como operadores, equipes de manutenção e brigadas de emergência. Observou-se que a estrutura proposta facilita a comunicação interdisciplinar, reduz ambiguidades interpretativas e antecipa conflitos de projeto que, em abordagens tradicionais, tendem a emergir apenas nas fases finais ou durante a operação. Esse achado é consistente com os resultados apresentados por Hegazy *et al.,* (2024) e Marrazzo e Mazzini (2024), que demonstram que ciclos iterativos de planejamento, teste e refinamento são fundamentais para alinhar desempenho técnico e segurança operacional em plantas de bioenergia.

Além disso, a análise comparativa das normas técnicas revelou uma assimetria relevante entre aquelas voltadas predominantemente a especialistas — como as diretrizes da *Society of Fire Protection Engineers (SFPE), Fire Engineering: Guidelines (1996) e ISO* TR 13387-1 (1999) — e aquelas que enfatizam aspectos construtivos e organizacionais do espaço, como as normas da British Standards Institution (BSI) e do CIB. Embora as primeiras sejam essenciais para análises quantitativas de risco e dimensionamento de sistemas de proteção, seu elevado grau de complexidade limita a apropriação pelos usuários finais. Já as segundas apresentam maior aderência a processos participativos, evidenciando a necessidade de uma mediação metodológica entre rigor técnico e usabilidade, papel assumido pela abordagem proposta neste estudo.

A partir dessa integração normativa orientada pelo *design* centrado no ser humano, o estudo demonstra que a aplicação articulada de normas nacionais — como ABNT e Instruções Técnicas — e normas internacionais promove ganhos concretos de eficiência operacional, otimização dos fluxos de evacuação e fortalecimento da segurança global das instalações. O diferencial da abordagem não reside apenas na conformidade normativa, mas na incorporação sistemática do comportamento humano e das necessidades dos usuários como parâmetros estruturantes do projeto.

Na etapa inicial de concepção de projetos de plantas de combustíveis, foi identificada a necessidade de realizar uma caracterização aprofundada do contexto operacional da instalação,


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

funcionais e das demandas efetivas dos usuários finais, abrangendo operadores de processo, equipes de manutenção e brigadas de emergência (Harte *et al.,* 2017).

Essa fase requer a adoção de procedimentos investigativos estruturados, tais como entrevistas técnicas em campo, observação sistemática da execução das atividades operacionais e imersões no ambiente produtivo, de modo a identificar requisitos explícitos, implícitos e tácitos relacionados ao acesso a áreas classificadas, à operação de equipamentos críticos, à utilização de sistemas de prevenção e combate a incêndio, ao monitoramento de vazamentos e à exposição a agentes inflamáveis ou tóxicos. O propósito central consiste em consolidar uma compreensão integrada dos usuários atuais e potenciais, de seus desafios operacionais cotidianos, expectativas e interações (Hewitt *et al.,* 2022).

Por sua vez, na fase exploratória o projetista deve assumir caráter predominantemente descritivo e empático, orientando-se pela interpretação de comportamentos humanos e cenários operacionais em parâmetros técnicos de projeto. Entre esses parâmetros destacam-se o tempo de resposta humana em situações de emergência, o dimensionamento e a localização de saídas de emergência industriais conforme o contexto de risco, a concepção de sistemas de sinalização de emergência adequados, com elevada legibilidade e clareza, a incorporação de redundância dupla ou tripla em sistemas críticos, bem como a definição de protocolos de evacuação validados pelos usuários e integrados a sistemas automatizados de monitoramento e controle. Tais achados converge com as recomendações de Cullen (1990), Hegazy *et al.,* (2024) e Herrmann *et al.,* (2021), que ressaltam a necessidade de projetar considerando as limitações e capacidades cognitivas, perceptivas e emocionais dos usuários, assegurando desempenho adequado mesmo sob condições de elevado estresse e risco.

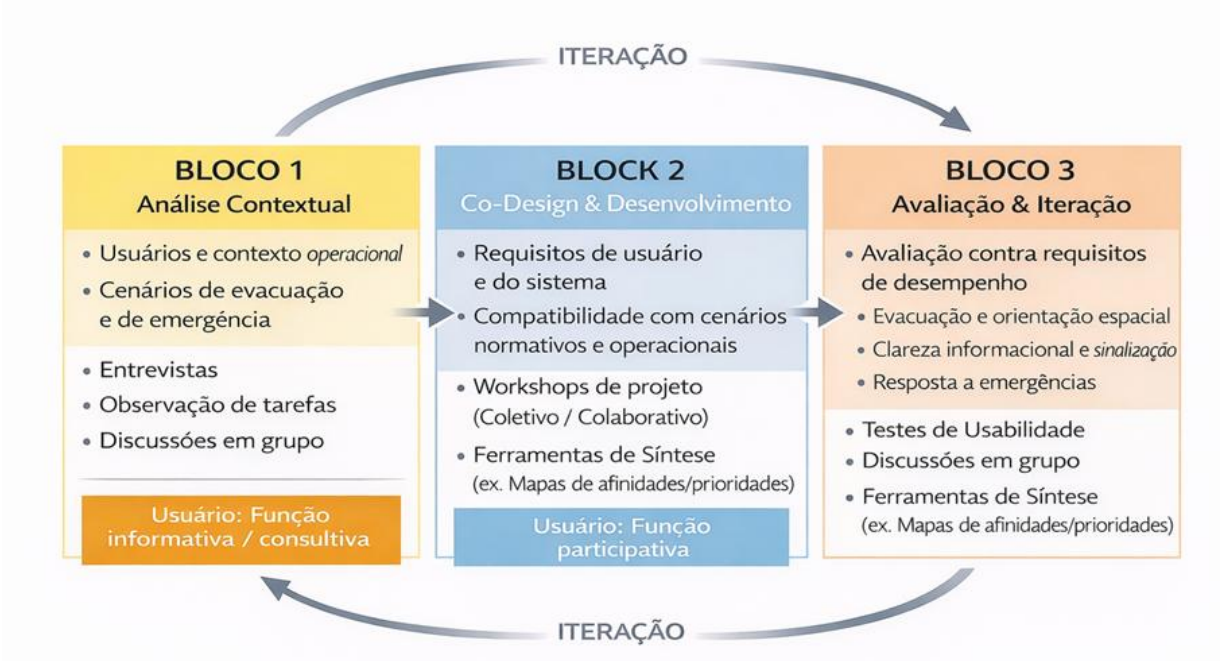
Adicionalmente, a análise contextual articula-se ao conceito de aprendizado situacional, segundo o qual a vivência prática e a participação ativa dos operadores no processo de projeto favorecem a compreensão das funções críticas da planta, ampliam a consciência situacional e reduzem ambiguidades durante eventos emergenciais. Esse processo contribui de forma significativa para o fortalecimento da segurança global da instalação e para a mitigação de ocorrências reais (Hegazy *et al.,* 2024; Marrazzo; Mazzini, 2024; Hewitt *et al.,* 2022; Cullen, 1990). A investigação contextual permite traduzir experiências práticas e problemas recorrentes em critérios de projeto.

Na etapa final do método proposto pela IDEO, denominada “implementação”, as soluções concebidas são transferidas para a realidade operacional e testadas em condições reais ou simuladas; nesse contexto, a Figura 4 sintetiza um dos principais resultados do estudo ao apresentar um fluxo metodológico de *Design* Centrado no Ser Humano (DCH) especificamente adaptado ao desenvolvimento de projetos de segurança contra incêndio em plantas de combustíveis, diferenciando-se das representações genéricas do DCH ao reformular o método


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

conforme exigências normativas, operacionais e de risco dessas plantas industriais, integrando em cada fase ferramentas de engenharia de segurança, análise de riscos e validação operacional; essa adaptação resulta da articulação entre o DCH, o processo de projeto do CIB (2001) e evidências empíricas recentes sobre acidentes e segurança em plantas de biocombustíveis, culminando em um *framework* iterativo que demonstra a integração sistemática de requisitos humanos, operacionais e regulatórios ao processo de projeto.

**Figura 4.** Fluxo do Método *Design* Centrado no ser humano para o Desenvolvimento de Projetos de Segurança contra Incêndio. Fonte: Elaborado pelos autores




O *framework* é organizado em três blocos analíticos interdependentes, que representam fases distintas, porém não lineares, do processo de *design*. A presença explícita de ciclos de iteração entre os blocos reflete o entendimento de que projetos de segurança em sistemas industriais complexos demandam contínua revisão e refinamento, à medida que novos dados empíricos e avaliações de desempenho são incorporados.

O Bloco 1 – Análise Contextual concentra-se na compreensão aprofundada dos usuários e do contexto operacional. Nessa etapa, são identificados os diferentes perfis de usuários envolvidos — operadores, equipes de emergência e gestores — bem como os cenários de uso, com ênfase em situações de evacuação e resposta a emergências. As atividades metodológicas incluem entrevistas, observação de tarefas e discussões em grupo, permitindo a coleta de informações sobre práticas reais, restrições organizacionais e barreiras existentes. Nesse bloco, o


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

usuário exerce predominantemente uma função informativa e consultiva, contribuindo para a construção de uma base empírica consistente que orienta as etapas subsequentes do projeto.

O Bloco 2 – *Codesign* e Desenvolvimento correspondem à fase de tradução das informações coletadas em requisitos de projeto e soluções de *design*. Nesse estágio, são definidos os requisitos do usuário e do sistema, buscando compatibilizá-los com cenários operacionais e exigências normativas aplicáveis à segurança contra incêndio em plantas de combustíveis. A figura evidencia o uso de abordagens colaborativas, como workshops de projeto coletivo, que permitem a integração ativa dos usuários no processo decisório. Ferramentas de síntese, como mapas de afinidades e de priorização, são empregadas para estruturar os dados, apoiar a tomada de decisão e orientar o desenvolvimento de soluções projetuais, incluindo aspectos relacionados ao layout industrial, à sinalização e às estratégias de evacuação. Nesse bloco, o usuário assume uma função participativa, atuando diretamente na construção e no refinamento das soluções propostas.

O Bloco 3 – Avaliação e Iteração é dedicado à análise crítica das soluções desenvolvidas, tendo como referência os requisitos de desempenho previamente estabelecidos. A avaliação contempla aspectos centrais para a segurança contra incêndio, tais como a eficácia da evacuação, a orientação espacial, a clareza informacional da sinalização e a capacidade de resposta a emergências. São utilizados métodos como testes de usabilidade, discussões em grupo e ferramentas de síntese, que permitem identificar limitações, inconsistências e oportunidades de aprimoramento. Os resultados dessa avaliação retroalimentam o processo, promovendo ciclos de iteração que podem implicar revisões tanto nas soluções de *design* quanto nos próprios requisitos, reforçando o caráter dinâmico e adaptativo do *framework*.

O resultado dessa integração é a redução da distância entre concepção projetual e realidade operacional, aspecto frequentemente apontado como fator crítico em acidentes industriais (Hegazy *et al.,* 2024; Marrazzo; Mazzini, 2024). Assim, a figura demonstra que o processo de *design* não é linear, mas iterativo e cumulativo, com validações sucessivas orientadas tanto por critérios técnicos quanto por respostas humanas observáveis.

A proposta metodológica apresentada explicita a transição do projeto para a operação como um processo de aprendizagem contínua, e não como um encerramento do ciclo de *design*. O fluxo metodológico evidencia a importância de planos de comissionamento, treinamentos presenciais, validações pós-implantação e mecanismos formais de feedback, nos quais a experiência prática dos operadores retroalimenta o sistema de projeto. Essa estrutura reforça achados de Cullen (1990), Hegazy *et al.,* (2024) e Marrazzo e Mazzini (2024), que indicam que falhas em plantas de combustíveis frequentemente decorrem da ausência de validação humana após a implantação.


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

Dessa forma, a Figura 4 materializa graficamente a principal contribuição do estudo: a proposição de um fluxo de projeto que integra, de maneira sistemática, fatores humanos, engenharia de segurança de processo e requisitos normativos ao longo do desenvolvimento do (re) projeto. Ao explicitar essa integração, a figura não apenas organiza o método, mas operacionaliza o *Design* Centrado no Ser Humano para contextos industriais de alto risco, preenchendo uma lacuna identificada na literatura, que frequentemente trata o DCH de forma abstrata ou restrita a produtos e serviços de menor complexidade técnica.

A análise associada às Figuras 1, 3 e 4 demonstra que a eficácia dos sistemas de segurança contra incêndio em plantas de combustíveis depende da coerência entre decisões projetuais, comportamento humano e práticas operacionais reais. Assim, o fluxo metodológico proposto consolida-se como um instrumento de mediação entre normas técnicas, engenharia e usuários, contribuindo para reduzir retrabalhos, aumentar a confiabilidade dos sistemas e fortalecer a resiliência organizacional.

Nessa perspectiva, o conhecimento experiencial dos participantes é incorporado de maneira sistemática ao processo de compreensão do problema e ao desenvolvimento das respostas projetuais, permitindo que situações reais de uso e de trabalho sejam consideradas de forma aprofundada.

Essa abordagem extrapola os métodos tradicionais de levantamento de requisitos, como entrevistas pontuais ou consultas unidirecionais, ao privilegiar dinâmicas colaborativas contínuas que promovem a co-análise e a coprodução de soluções. O pressuposto central é o reconhecimento dos usuários como detentores de saberes situados e especializados sobre sua própria atividade, o que os posiciona como agentes estratégicos no processo de concepção e inovação. Desse modo, o *codesign* proposto implica uma reconfiguração substancial da relação clássica entre projetista e usuário, fundamentando-se na análise da atividade como elemento estruturante do processo projetual.

A literatura contemporânea sobre *design* orientada à inovação destaca a importância de tornar explícitas e concretas as condições que moldam as escolhas e os projetos individuais e coletivos (Zhang *et al.,* 2024; Lyu; Wang, 2025; Hewitt *et al.,* 2022). Parte-se do entendimento de que as possibilidades de ação das pessoas são fortemente condicionadas pelo contexto em que estão inseridas, o qual é constituído por um conjunto de fatores sociais, culturais, técnicos e organizacionais que atuam como um ecossistema capaz de ampliar ou restringir alternativas. Nessa perspectiva, enfrentar o chamado paradoxo da concepção implica interpretar a complexidade do presente e compreender as dinâmicas que estruturam esse contexto, atribuindo sentido às múltiplas variáveis que influenciam os processos decisórios.

Sob esse enfoque, a construção de cenários (Bloco 2 e 3) demanda que os diferentes atores envolvidos desenvolvam, ao menos em parte, entendimentos compartilhados acerca dos


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

objetivos a serem alcançados e dos meios para atingi-los. A coexistência de visões distintas entre grupos não constitui, necessariamente, um obstáculo, mas pode atuar como um elemento catalisador da inovação, ao introduzir múltiplas leituras sobre futuros possíveis e estratégias de enfrentamento de problemas específicos. Tais visões, entretanto, não emergem de forma espontânea, sendo resultantes de processos estruturados de interação (workshops) e diálogo social que permitem sua formulação, confronto e amadurecimento coletivo (mapas de afinidades/brainstorm, entre outras).

Nesse sentido, a elaboração de cenários configura-se como uma estratégia particularmente eficaz para a projeção de soluções futuras, ao articular representações do estado atual com descrições de situações potenciais e desejáveis. Ao possibilitar a explicitação, a comparação e a discussão de diferentes alternativas, os cenários funcionam como instrumentos mediadores do diálogo entre os atores, favorecendo a construção coletiva de entendimentos e orientando processos de tomada de decisão em contextos complexos e incertos.

A adoção dessas estratégias aqui propostas possibilitaria a produção de conhecimento aprofundado sobre a atividade, inclusive em dimensões ainda não explicitadas, permitindo a identificação de desafios potenciais, oportunidades emergentes e seus impactos sobre o desempenho e a segurança do trabalho. Nesse contexto, DCH configura-se como um método voltado à ampliação da compreensão da complexidade da atividade humana, ao evidenciar a interação dinâmica entre fatores técnicos, organizacionais, ambientais e humanos que a condicionam. A partir da articulação dessas estratégias, torna-se viável formular projeções fundamentadas acerca de cenários futuros, desde que conduzidas de forma criteriosa e reconhecendo as incertezas inerentes aos sistemas sociotécnicos.

Em consonância com abordagens contemporâneas que enfatizam a construção de cenários, o diálogo social e a participação ativa dos atores envolvidos, este estudo propõe um conjunto de princípios orientadores para processos de *codesign* aplicados a contextos de *design* de plantas de combustíveis. Tais princípios visam estimular novas formas de conceber e intervir, promovendo espaços de diálogo estruturado com as partes interessadas e favorecendo a construção compartilhada de sentidos e soluções.

Princípio 1 – Orientação ao aprendizado no processo de *design*: Uma postura projetual orientada pelo *design* deve privilegiar abordagens centradas no aprendizado contínuo, especialmente em contextos caracterizados por objetivos pouco estruturados, multiplicidade de stakeholders e critérios de sucesso predominantemente qualitativos. A incorporação de práticas de *codesign* favorece o desenvolvimento dessa mentalidade ao transformar o projeto em um processo iterativo de aprendizagem coletiva, no qual projetistas, usuários e demais atores permanecem engajados ao longo do tempo. Nessa dinâmica, tanto os participantes quanto as próprias práticas evoluem progressivamente, permitindo ajustes sucessivos diante de novos


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

entendimentos. Essa orientação ao aprendizado não apenas sustenta processos de inovação colaborativa, como também se articula ao aprimoramento profissional contínuo dos envolvidos, reforçando competências reflexivas e adaptativas.

Princípio 2 – Projetos como práticas situadas em contextos específicos: Os projetos se desenvolvem em contextos situados e, por essa razão, sua gestão deve considerar simultaneamente o modo como esses contextos condicionam o projeto e como são, por ele, transformados. Os locais de realização do trabalho disponibilizam recursos sociomateriais — tais como artefatos, rotinas, normas e saberes práticos — que viabilizam e, ao mesmo tempo, limitam as práticas projetuais. Ao longo do tempo, a interação entre projeto e contexto pode promover a reconfiguração dessas práticas, abrindo espaço para novas formas de desenvolvimento. Assim, compreender o projeto como uma prática situada implica reconhecer que os recursos mobilizados estão diretamente associados às ações que os usuários dominam e executam em sua atividade cotidiana.

Princípio 3 – Centralidade das relações no gerenciamento de projetos: A dimensão relacional constitui um elemento estruturante para compreender o gerenciamento de projetos como um conjunto de práticas compartilhadas, sociais e interconectadas. Abordagens tradicionais de gestão tendem a enfatizar procedimentos, ferramentas e diretrizes formais, frequentemente negligenciando a complexa rede de relações estabelecidas entre indivíduos, grupos e organizações ao longo do processo. Em contextos marcados por problemas complexos, incertos e mal definidos, tais metodologias mostram-se insuficientes. Nesses casos, o envolvimento efetivo dos usuários revela-se essencial para a construção de soluções sustentáveis. Torna-se, portanto, fundamental criar condições que favoreçam práticas qualificadas de *codesign*, assegurando espaços sociais seguros nos quais os participantes possam aprender coletivamente, experimentar novas formas de atuação e assumir, de modo progressivo, o papel de coautores do projeto.

## 4. CONSIDERAÇÕES

A presente pesquisa consolida um conjunto de contribuições teóricas e metodológicas que, ao mesmo tempo, evidenciam seus limites e abrem um campo amplo para investigações futuras, sobretudo no âmbito de projetos de segurança contra incêndio em sistemas complexos. Os resultados indicam que a aplicação estruturada do *Design* Centrado no Ser Humano (DCH) ultrapassa o papel de abordagem complementar ao projeto tradicional, configurando-se como princípio organizador do processo de concepção de sistemas de segurança, ao integrar engenharia, fatores humanos e gestão de riscos sob uma lógica coerente de prevenção, aprendizagem contínua e resiliência operacional.

Uma das principais contribuições do estudo reside na proposição de uma estrutura metodológica que traduz princípios do DCH em práticas compatíveis com normas técnicas,


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

ferramentas de engenharia e sistemas de gestão de segurança de processos; ao reorganizar as etapas do projeto em blocos analíticos sensíveis às interações humano–sistema, o trabalho oferece um caminho operacional para incorporar o usuário como agente ativo do processo de concepção, e não apenas como receptor final das soluções técnicas. Nesse contexto, o *codesign* emerge como elemento central de mediação cognitiva, comunicacional e organizacional, capaz de apoiar a compreensão compartilhada, a tomada de decisão e a antecipação de cenários críticos, especialmente aqueles relacionados à evacuação, contenção e resposta a emergências.

Os achados reforçam que a eficácia dos sistemas de segurança contra incêndio não depende exclusivamente da confiabilidade técnica de equipamentos e dispositivos, mas também das capacidades cognitivas, perceptivas, colaborativas e situacionais dos usuários. Em ambientes industriais de alto risco, caracterizados pela presença de atmosferas inflamáveis ou explosivas, essa constatação desloca a variável humana de uma abordagem centrada no erro para uma perspectiva orientada à resiliência, à inteligência operacional e à inovação. A integração entre o DCH, as normas da ABNT, Instruções Técnicas e objetos intermediários contribui para o desenvolvimento de soluções mais robustas, contextualizadas e alinhadas às condições reais de uso.

Ao mesmo tempo, o estudo evidencia lacunas que demandam aprofundamento. A compreensão do desenvolvimento da atividade de trabalho ao longo do processo de projeto constitui um campo particularmente fértil para pesquisas futuras, incluindo a investigação de como esse desenvolvimento se manifesta em contextos menos flexíveis, marcados por restrições normativas e pela atuação simultânea de múltiplos atores, como engenheiros, arquitetos e operadores. Questões como a identificação de indicadores que revelem a evolução da atividade, a análise das interações entre os atores e a influência do contexto organizacional nesse processo tornam-se centrais para o avanço da área. Além disso, a análise do papel das ferramentas e técnicas utilizadas para documentar, comunicar e negociar o trabalho ao longo do projeto pode contribuir significativamente para o aprimoramento das práticas projetuais.

No que se refere aos objetos intermediários, o estudo aponta a necessidade de aprofundar sua compreensão teórica e aplicada em diferentes contextos de projeto. A criação de novos tipos de objetos com funções específicas, a exploração de sistemas mais complexos que articulem múltiplos instrumentos e a construção de um repositório estruturado desses artefatos representam direções promissoras, capazes de fortalecer o campo do *design* e da ergonomia e de apoiar o desenvolvimento de soluções mais eficazes e humanas para problemas complexos, especialmente aqueles relacionados à segurança contra incêndio e aos sistemas de evacuação.

Entre as direções futuras, destaca-se a investigação do uso de objetos intermediários como ferramentas para a concepção de funções e sistemas de instrumentação, bem como a análise de sistemas compostos por múltiplos objetos articulados em diferentes fases do processo


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

de projeto, ampliando a compreensão de como esses artefatos se complementam e potencializam a qualidade das soluções desenvolvidas. A formação de comunidades de pesquisadores e projetistas interessados no tema também se apresenta como estratégia relevante para fomentar a troca de experiências, o desenvolvimento de novas metodologias e a inovação no campo da segurança contra incêndio.

Por fim, reconhecem-se limitações importantes do estudo, em especial a ausência de validação empírica direta em plantas industriais em operação — uma limitação substancial para um trabalho que propõe um *framework* aplicável a sistemas industriais de alto risco — e a concentração da análise em um conjunto restrito de normas e em uma revisão bibliográfica de caráter exploratório. Tais limitações reduzem o potencial de generalização dos resultados e reforçam a necessidade de pesquisas futuras que ampliem o escopo para outros tipos de edificações, incorporem métodos quantitativos e realizem estudos aplicados com entrevistas, *workshops,* simulações e experimentações em ambientes educacionais e profissionais. Ainda assim, a sistematização metodológica apresentada constitui uma contribuição original e replicável ao oferecer um referencial conceitual-operacional para a integração entre *design* colaborativo centrado no ser humano e engenharia de segurança de processos, reafirmando seu papel estratégico na evolução de práticas projetuais mais integradas, robustas e alinhadas às condições reais de sistemas industriais de alto risco.

## REFERÊNCIAS

ABBAKYARI, M.; ABUZEINAB, A.; ADEFILA, A.; WHITEHEAD, T.; OYINLOLA, M. Designing Sustainable Housing Using a User Centred Approach: Paipe Case Study. **Buildings**, v. 13, n. 10, art. 2496, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings13102496

ARAUJO, G. F. S.; NUNES, V. G. A. Sistemas de sinalização de evacuação e as percepções dos usuários em um prédio público. **Revista FLAMMAE: Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco**, Recife, v. 9, n. 28, p. 15–26, jul./dez. 2023. Disponível em: https://www.revistaflammae.com/_files/ugd/08765e_3927b107c3ff4176a3e3598fe71226ec.pdf Acesso em: 26 fev. 2026.

BRAGA, H. C.; MOITA, G. F.; ALMEIDA, P. E. M. The influence of the location of emergency exits over the distance to be covered to the exit of an environment. **Ambiente Construído**, v. 19, p. 219–232, 2019. Disponível em: https://www.scielo.br/j/ac/a/bWrpXF7n3SJgdPYcJGBfffy/?format=pdf&lang=en. Acesso em: 26 nov. 2025.

COELHO, T.; DINIZ, S.; RODRIGUES, F.; VAN COILE, R. State of the art review of the reliability evaluation of concrete beams exposed to fire. **Journal of Structural Fire Engineering**, v. 14, n. 2, p. 269–282, 2023. Disponível em: https://biblio.ugent.be/publication/8761998. Acesso em: 26 fev. 2026.


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

CRAVEIRO, H. D.; RAHNAVARD, R.; HENRIQUES, J.; SIMÕES, R. A. Structural fire performance of concrete-filled built-up cold-formed steel columns. **Materials**, v. 15, n. 6, art. 2159, 2022. DOI: https://doi.org/10.3390/ma15062159

CTIF – International Association of Fire and Rescue Services. **World Fire Statistics Report No. 29**. [S. l.]: CTIF, 2024. Disponível em: https://www.ctif.org/sites/default/files/2024-06/CTIF_Report29_ERG.pdf. Acesso em: 28 out. 2025.

CULLEN, W. D. **The public inquiry into the Piper Alpha disaster**. London: Her Majesty's Stationery Office, 1990. Vol. 2. Disponível em: https://humanfactors101.com/wp-content/uploads/2022/07/the-public-inquiry-into-the-piper-alpha-disaster-volume-2.pdf Acesso em: 26 fev. 2026.

FALAGÁN, D. H. Human-centered design for flexible and inclusive housing. **Housing and Society**, *[S. l.],* v. 52, n. 1, p. 37–56, 2024. DOI: https://doi.org/10.1080/08882746.2024.2386472

HARTE, R.; GLYNN, L.; RODRÍGUEZ-MOLINERO, A.; BAKER, P. M.; SCHARF, T.; QUINLAN, L. R.; ÓLAIGHIN, G. A human-centered design methodology to enhance the usability, human factors, and user experience of connected health systems: a three-phase methodology. **JMIR Human Factors**, v. 4, n. 1, p. e5443, 2017. DOI: https://doi.org/10.2196/humanfactors.5443

HEGAZY, H.; SAADY, N. M. C.; KHAN, F.; ZENDEHBOUDI, S. Biogas plants accidents: Analyzing occurrence, severity, and associations between 1990 and 2023. **Safety Science**, v. 177, e106597, Sept. 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106597

HERRMANN, P. B.; NASCIMENTO, V. F.; CASAGRANDE, F.; FREITAS, M. W. D. de; KLUG, A. C. Spatial modeling of fire in the Atlantic Forest considering future climate change scenarios in Rio Grande do Sul State – Brazil. **Journal of South American Earth Sciences**, v. 131, p. 104614, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/J.JSAMES.2023.104614

HEWITT, J.; HOLDEN, M.; ROBINSON, B. L.; JEWITT, S.; CLIFFORD, M. J. Not quite cooking on gas: understanding biogas plant failure and abandonment in Northern Tanzania. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 165, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112600

IDEO. **The Field Guide to Human Centered Design**. California: IDEO.org, 2015. ISBN 978 0 9914063 1 9. Disponível em: https://openlab.citytech.cuny.edu/bassjrcomd3701fa2022/files/2021/02/Field-Guide-to-Human-Centered-Design_IDEO_lo.pdf Acesso em: 28 out. 2025.

KODUR, V.; KUMAR, P.; RAFI, M. M. Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety. **PSU Research Review**, v. 4, p. 1–23, 2020. https://doi.org/10.1108/PRR-12-2018-0033

KRUPPA, J.; BUCHANAN, A.; FONTANA, M.; JACKMAN, P.; KOKKALA, M.; LANDRO, H.; SHIELDS, J.; TWILT, L.; WALSH, C. G. **Rational fire safety engineering approach to fire resistance in buildings**: CIB W014. Espoo: VTT Technical Research Centre of Finland, 2001. 40 p. (CIB Publication 269). Disponível em: https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB18181.pdf Acesso em: 28 out. 2025.

LLORY, M.; MONTMAYEUT, R. **O acidente e a organização**. Tradução: Marlene Machado Zica Vianna. Belo Horizonte, MG: Fabrefactum Editora, 2014. 194 p. (Série: Confiabilidade Humana). ISBN 978-85-632991-6-1. Título original: L'accident et l'organisation. Disponível em: http://renastonline.ensp.fiocruz.br/recursos/acidente-organizacao Acesso em: 26 fev. 2025.


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.

LYU, Y.; WANG, H. Fire evacuation for people with functional disabilities in high-rise buildings: a scoping review. **Buildings**, v. 15, n. 4, art. 634, 2025. DOI: https://doi.org/10.3390/buildings15040634

MANGAROO-PILLAY, M.; COETZEE, R. Lean frameworks: a systematic literature review (SLR) investigating methods and design elements. **Journal of Industrial Engineering and Management**, v. 15, n. 2, p. 295–320, 2022. DOI: https://doi.org/10.3926/jiem.3677

MARRAZZO, R.; MAZZINI, C. Safety Considerations and Major Accidents Prevention in the Biogas Production. **Chemical Engineering Transactions**, v. 109, p. 451-456, 2024. DOI: https://doi.org/10.3303/CET24109076

MONTEIRO FERREIRA, D.; VENTURELLI, S. The human-centered design and the challenges for human-computer interaction from ISO 9241-210:2019. **DAT Journal**, v. 7, n. 4, p. 106–123, 2022. DOI: https://doi.org/10.29147/datjournal.v7i4.559

NEGI, P.; PATHANI, A.; BHATT, B. C.; SWAMI, S.; SINGH, R.; GEHLOT, A.; THAKUR, A. K.; GUPTA, L. R.; PRIYADARSHI, N.; TWALA, B.; SIKARWAR, V. S. Integration of Industry 4.0 technologies in fire and safety management. **Fire**, v. 7, n. 10, art. 335, 2024. DOI: https://doi.org/10.3390/fire7100335

NGOC, H. N.; LASA, G.; IRIARTE, I. Human centred design in industry 4.0: case study review and opportunities for future research. **Journal of Intelligent Manufacturing**, v. 33, p. 35–76, 2022. DOI: 10.1007/s10845-021-01796-x. DOI: https://doi.org/10.1007/s10845-021-01796-x

NGUYEN, H. N.; LASA, G.; IRIARTE, I.; ATXA, A.; UNAMUNO, G.; GALFARSORO, G. Human-centered design for advanced services: a multidimensional design methodology. **Advanced Engineering Informatics**, v. 53, art. 101720, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.aei.2022.101720

OLIVEIRA, C. M.; CAVALCANTE, M. M. P. D. A proteção passiva contra incêndio na concepção de projetos escolares: aplicação no projeto padrão da FNDE-PEED-12 salas. **Revista Projetar**: **Projeto e Percepção do Ambiente**, v. 6, n. 2, p. 108–127, 2021. DOI: https://doi.org/10.21680/2448-296X.2021v6n2ID23722

SAUER, P. C.; SEURING, S. How to conduct systematic literature reviews in management research: a guide in 6 steps and 14 decisions. **Review of Managerial Science**, v. 17, p. 1899–1933, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s11846-023-00668-3

SPINARDI, G.; COOPER-KNOCK, S. J.; RUSH, D. Proximal design in South African informal settlements: users as designers and the construction of the built environment and its fire risks. **Tapuya: Latin American Science, Technology and Society**, v. 3, n. 1, p. 528-550, 2020. DOI: https://doi.org/10.1080/25729861.2020.1847531

ZHANG, Y.; CHEN, J.; LIU, H.; CHEN, Y.; XIAO, B.; LI, H. Recent advancements of human-centered design in building engineering: a comprehensive review. **Journal of Building Engineering**, v. 84, p. 108529, 2024. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.108529


Este artigo é publicado em acesso aberto (Open Access) sob a licença Creative Commons Atribuição 4.0 Internacional (CC-BY), que permite uso, distribuição e reprodução irrestritos em qualquer meio, desde que o autor original e a fonte sejam creditados.