

DESAFIOS E POTENCIALIDADES DO CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC) EM RELAÇÃO À ANÁLISE AUTOMATIZADA DE PROJETOS PREVENTIVOS CONTRA INCÊNDIO

*Daniel Souza Dutra*¹

<https://orcid.org/0009-0003-5361-6028>

*Júlio da Silva Dias*²

<https://orcid.org/0000-0003-2841-1007/>

RESUMO

O presente estudo analisa os desafios e as potencialidades da análise de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC), destacando a importância da modernização e eficiência dos processos. O modelo atual, baseado em análises manuais, apresenta limitações significativas, como morosidade, variabilidade interpretativa e propensão a erros, o que compromete a conformidade normativa e a segurança. A pesquisa explora o uso de metodologias automatizadas e semiautomatizadas, integrando tecnologias como o Building Information Modeling (BIM), que possibilitam maior padronização e agilidade na verificação dos projetos. A análise automatizada oferece precisão e consistência, enquanto a semiautomatizada alia a automação à expertise humana para atender a requisitos subjetivos. Apesar das potencialidades identificadas, a transição enfrenta desafios técnicos, normativos e operacionais, como a tradução de normas para formatos computacionais e a necessidade de modelos BIM com elevado nível de detalhe. Conclui-se que a adoção de metodologias automatizadas, total ou parcial, apresenta-se como uma solução estratégica para a otimização do processo de análise de PPCI, contribuindo para a segurança contra incêndios e a eficiência administrativa do CBMSC.

Palavras-chave: Verificação automatizada; Segurança Contra Incêndio; Building Information Modeling (BIM)

¹ Mestre em Administração Pública. Oficial do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Email: oidaniel@gmail.com

² Doutor em Engenharia de Produção. Professor da Universidade do Estado de Santa Catarina.

**CHALLENGES AND POTENTIALS OF THE MILITARY FIRE
BRIGADE OF SANTA CATARINA (CBMSC) IN AUTOMATED
ANALYSIS OF FIRE PREVENTION PROJECTS**

ABSTRACT

This study analyzes the challenges and potentialities of Preventive Fire Safety Project (PPCI) analysis within the Santa Catarina Military Fire Brigade (CBMSC), emphasizing the importance of modernization and process efficiency. The current model, based on manual analyses, presents significant limitations, such as slowness, interpretative variability, and susceptibility to errors, which compromise regulatory compliance and safety. The research explores the use of automated and semi-automated methodologies, integrating technologies such as Building Information Modeling (BIM), which enable greater standardization and agility in project verification. Automated analysis offers precision and consistency, while semi-automated analysis combines automation with human expertise to meet subjective requirements. Despite the identified potentialities, the transition faces technical, regulatory, and operational challenges, such as translating norms into computational formats and the need for highly detailed BIM models. It is concluded that the adoption of automated methodologies, whether fully or partially implemented, represents a strategic solution for optimizing the PPCI analysis process, contributing to fire safety and administrative efficiency at CBMSC.

Keywords: Automated Code Checking; Fire Safety; Building Information Modeling (BIM)

Artigo Recebido em 09/08/2024
Aceito em 20/09/2024
Publicado em 20/12/2024

1. INTRODUÇÃO

A análise de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) é um componente essencial para garantir a segurança em ambientes construídos, sendo fundamental na prevenção de incidentes catastróficos e na proteção da vida, do patrimônio e do meio ambiente. No Brasil, e mais especificamente em Santa Catarina, o Corpo de Bombeiros Militar (CBMSC) é incumbido de um papel crítico neste processo. O CBMSC opera dentro de um sistema complexo de Segurança Contra Incêndio e Pânico (SCIP), que abrange desde a normatização até a fiscalização, combate e investigação de incêndios (Stein; Sell; Godinho 2018; Santa Catarina 2013).

O atual método de análise manual de PPCI pelo CBMSC enfrenta desafios significativos, marcados por morosidade, susceptibilidade a erros e falta de eficiência. Esta realidade não apenas atrasa o desenvolvimento de novos empreendimentos, mas também coloca em risco a segurança pública e a conformidade efetiva com as normas de segurança contra incêndios (Silva; Arantes 2016; Rodrigues 2015). A necessidade de uma revisão e otimização deste processo é ainda mais acentuada pelo aumento da complexidade e da quantidade das normas de SCIP, evidenciada por grandes incêndios recentes, como o trágico incidente da Boate Kiss, que sublinham a importância de aderir a essas normas (Franca 2018).

O artigo proposto tem como objetivo central avaliar a eficiência do atual processo de análise de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) executado pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC). Esta avaliação busca identificar as principais limitações e desafios enfrentados no processo vigente, destacando a necessidade de melhorias e inovações para aumentar a eficácia e eficiência da análise.

Além disso, o artigo dedica uma atenção especial às potencialidades da análise automatizada de PPCI. Esta seção do estudo visa argumentar como a

implementação de tecnologias automatizadas pode melhorar significativamente a precisão e a eficiência das avaliações de PPCI. Um outro objetivo é a identificação dos desafios técnicos, normativos e operacionais associados à transição para um processo de análise automatizada de PPCI.

Por fim, descreve os desafios e as potencialidades específicas do CBMSC em implementar e utilizar eficazmente a análise automatizada. Esta análise inclui uma avaliação das capacidades institucionais existentes do CBMSC, explorando o potencial de adaptação e crescimento da organização diante dessas novas tecnologias. O estudo busca compreender como o CBMSC pode se preparar melhor, tanto em termos de infraestrutura quanto de competências, para uma transição bem-sucedida para métodos de análise mais avançados e eficientes.

A pesquisa é contextualizada dentro de um quadro mais amplo de transformação digital na administração pública, refletindo a urgência e a necessidade de inovação para atender às demandas de governança moderna e eficiente. A relevância desta pesquisa se estende além da otimização do processo de análise do CBMSC, pois aborda também a transformação digital na área de segurança contra incêndios, em linha com as expectativas de governança moderna e as exigências governamentais atuais, como a Lei da Desburocratização, o Governo Sem Papel, e os planos estratégicos estaduais e do CBMSC (Paludo 2016; TCU 2017; Brasil 2018; Santa Catarina 2019; CBMSC 2018).

2. METODOLOGIA

A pesquisa, caracterizada como aplicada, concentrou-se na elaboração de diagnósticos e busca de soluções para problemas vivenciados por instituições como o CBMSC (Thiollent, 2009). Empregando métodos mistos

para uma compreensão abrangente do fenômeno, a pesquisa combinou abordagens quantitativas e qualitativas (Hernandéz Sampieri, Fernández Collado e Baptista Lucio, 2013). A coleta quantitativa envolveu a análise e comparação do tempo de resposta entre o sistema manual e o automatizado, enquanto a coleta qualitativa se deu através de revisão de literatura e pesquisa documental, visando compreender a realidade atual e identificar as melhores práticas para a implantação da verificação automatizada de projetos no CBMSC.

A pesquisa também foi exploratória, buscando familiarizar-se com o problema e construir hipóteses (Gil, 2008). Como procedimento técnico, adotou-se um estudo de caso, focando no entendimento específico do caso, sem pretensão de generalização, mas gerando conhecimentos para pesquisas futuras (Gil, 2008; Yin, 2005).

A pesquisa se desenvolveu em três etapas:

Pesquisa Bibliográfica: Iniciada através de levantamento teórico em bases como Science Direct e portal de periódicos Capes. A busca por artigos científicos refletiu a rápida atualização da literatura científica no tema (Gil, 2008). Após a seleção inicial e leitura de títulos, resumos e palavras-chave, 61 referências foram selecionadas, com ênfase nos últimos cinco anos (2019-2023), indicando a relevância e atualidade do tema.

Pesquisa Documental: Utilizou documentos como instruções normativas do CBMSC e dados do sistema Analytics Qlik. A análise documental focou em instruções normativas relevantes e dados relativos a 13.119 projetos preventivos, coletados entre 09/07/2022 e 25/11/2023. A escolha da data de corte inicial, 09/07/2022, para esta análise documental foi estratégica. Essa data marca a implementação da emissão de atestados por meio da autodeclaração em processos simplificados, conforme estabelecido pelo Decreto 1908/2022. A decisão de não incluir dados anteriores a esta data foi tomada para garantir a precisão e a relevância da análise.

Análise e Organização dos Dados: Incluiu a análise estatística detalhada de variáveis como tempo de resposta dos PPCIs e processos de análise e reanálise, área analisada/vistoriada, e a razão entre análises/reanálises e PPCIs.

3. RESULTADOS

3.1 O ATUAL PROCESSO DE ANÁLISE DE PPCI

A análise de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) é uma etapa fundamental para a garantia da segurança em edificações, envolvendo a verificação de conformidade com uma gama de requisitos regulatórios e normativos. A eficiência deste processo no Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) é vital, dada a sua responsabilidade em assegurar que os empreendimentos atendam às normas de segurança contra incêndio e pânico (ROMERO; SCHEER, 2009; GHANNAD; LEE; DIMYADI; SOLIHIN, 2019)

O processo atual de análise de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) enfrenta desafios substanciais devido à sua natureza predominantemente manual. Esta abordagem tradicional implica limitações significativas que afetam a eficácia e a eficiência da análise. A morosidade inerente a este processo manual atrasa a aprovação e o desenvolvimento de novos empreendimentos (NAWARI, 2020; AMOR; DIMYADI, 2021; DIMYADI; AMOR, 2013).

A susceptibilidade a erros é uma preocupação primordial neste processo manual. Dada a complexidade e a variedade das normas e regulamentos, a análise de PPCI exige um alto grau de precisão e atenção aos detalhes. No entanto, o julgamento humano e a interpretação individual podem levar a

inconsistências e erros na análise, o que não apenas prolonga o processo devido à necessidade de revisões e reanálises, mas também pode resultar em decisões imprecisas que afetam negativamente a integridade e a segurança das edificações (LEE; GHANNAD; DIMYADI et al., 2020).

Além disso, a análise manual frequentemente resulta em interpretações arbitrárias dos requisitos regulatórios. Isso ocorre porque cada analista pode ter uma compreensão e interpretação diferentes das normas, levando a uma falta de padronização nas avaliações. Esta variabilidade na interpretação não apenas afeta a uniformidade e a previsibilidade das decisões de análise, mas também pode criar incertezas para os desenvolvedores e arquitetos responsáveis pelos projetos, que podem se encontrar incertos quanto à conformidade de seus projetos (NAWARI, 2020).

A subjetividade na análise é um ponto que merece atenção no processo manual. Silva e Arantes (2016) destacam a complexidade e o tempo exigido nesta tarefa, sublinhando o conhecimento aprofundado necessário dos agentes públicos responsáveis. Esta complexidade é amplificada pela natureza subjetiva do processo, como observado por Nawari (2020), onde as interpretações arbitrárias e a falta de uniformidade nas análises podem levar a inconsistências significativas.

Rodrigues (2015) enfatiza a ineficiência e a predisposição a erros inerentes ao processo manual de análise de PPCI, uma realidade que se torna ainda mais acentuada quando consideramos a diversidade e a constante mudança nas normas de segurança contra incêndio e pânico em Santa Catarina. Esses desafios são amplificados pelos requisitos detalhados e componentes regulatórios variados, conforme apontado por Lee, Ghannad, Dimyadi et al. (2020), que ressaltam a dificuldade adicional para os participantes do projeto e os responsáveis pela análise.

Além disso, a interpretação humana, com suas limitações e variações, conforme discutido por Amor e Dimyadi (2013, 2021), destaca a subjetividade

do processo de análise manual. As análises realizadas por indivíduos diferentes podem levar a resultados divergentes para o mesmo projeto, afetando a consistência e a previsibilidade necessárias na análise de PPCI.

No contexto do CBMSC, a necessidade de precisão, eficiência e rapidez na análise de PPCI também é necessária. Os desafios destacados reforçam a necessidade de buscar métodos mais eficientes e menos propensos a erros, como a análise automatizada, para garantir não apenas a conformidade regulamentar, mas também a segurança e o bem-estar da sociedade.

O processo manual de análise do PPCI é regulado pela Instrução Normativa 01 (IN-01) do CBMSC, que estipula um prazo de até 20 dias para sua conclusão. No entanto, este processo manual é frequentemente penoso, demorado e por vezes ineficiente, visto que pode ocorrer erros ou lapsos nas análises (SILVA; ARANTES, 2016; RODRIGUES, 2015). Além disso, a execução do PPCI pelos responsáveis técnicos de acordo com os parâmetros normativos é uma atividade complexa que exige constante aprimoramento profissional, dada a dificuldade de verificação manual e os prazos geralmente curtos para o desenvolvimento (SILVA, 2017).

A ineficiência e a morosidade do processo manual de análise também representam um desafio em termos econômicos. No contexto atual, onde a agilidade na administração pública é cada vez mais demandada, processos lentos e ineficientes podem não ser sustentáveis. A necessidade de revisões frequentes, juntamente com o tempo prolongado de processamento, implica em um uso mais intensivo de recursos humanos e financeiros, tanto para o CBMSC quanto para os proponentes dos projetos (LEE; GHANNAD; DIMYADI et al., 2020).

O CBMSC adota um processo de análise estruturado em várias etapas, que incluem o preenchimento de solicitação de análise no portal do CBMSC, pagamento de taxas, envio de materiais para análise por e-mail, e a comunicação final sobre a situação do PPCI (CBMSC, 2019). Contudo, apesar

da digitalização de alguns elementos, como a substituição das plantas físicas por arquivos em PDF, o processo de análise em si ainda segue um modelo convencional, onde o analista indica as inconformidades e as comunica ao responsável pelo projeto.

As principais razões para o indeferimento de PPCI no CBMSC estão frequentemente associadas à não conformidade dos projetos com as Instruções Normativas (INs), com destaque para falhas em procedimentos administrativos, sistemas de saída de emergência, iluminação de emergência, instalações de gás e controle de materiais de revestimento e acabamento (CARON, 2021).

A análise de dados do sistema Analytics Qlik do CBMSC revelou informações cruciais sobre o processo de análise de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI). Foram analisados 13.119 PPCIs, resultando em um total de 25.144 processos de análise e reanálise, refletindo um alto volume de trabalho e a frequente necessidade de reanálise devido à inadequação dos PPCIs apresentados.

Em relação aos processos de análise e reanálise de PPCI, a análise estatística o tempo de resposta no terceiro quartil é de 21 dias, com um tempo médio de resposta de 11,53 dias e uma mediana de 7 dias, sugerindo que muitos processos excedem o prazo regulamentar de 20 dias estabelecido pela IN01 do CBMSC.

Além disso, a variabilidade nos tempos de resposta, destacada por um desvio padrão elevado e um amplo intervalo interquartil, sugere que a duração para a conclusão das análises varia consideravelmente entre os casos. Isso implica que, enquanto alguns projetos são analisados e aprovados dentro do prazo, muitos outros excedem substancialmente o limite de 20 dias. Esta inconsistência nos tempos de resposta não apenas reflete a ineficiência do sistema atual, mas também pode gerar incertezas e transtornos para os

desenvolvedores de projetos e para o público em geral, afetando negativamente a percepção da eficácia do CBMSC.

A frequente necessidade de reanálise dos PPCI, como indicado pela razão aproximada de quase duas análises ou reanálises por PPCI, contribui ainda mais para a extensão dos prazos de resposta. Cada reanálise necessária indica uma potencial falha ou inadequação no projeto submetido, o que requer tempo adicional para correção e nova avaliação. Este ciclo de análise e reanálise não apenas prolonga o tempo total de resposta, mas também implica um uso mais intensivo de recursos, tanto em termos de tempo dos analistas quanto de custos administrativos.

A correlação observada entre a área analisada nos PPCIs e o tempo de resposta, embora fraca, pode sugerir que projetos de maior escala podem ter tempos de resposta ligeiramente mais longos. No entanto, a área do projeto não pareceu ser um fator determinante crítico nos tempos de resposta, indicando que outros fatores, possivelmente relacionados à complexidade do projeto ou à eficiência dos processos internos, são mais influentes.

3.2 ANÁLISE AUTOMATIZADA DE PPCI

A análise automatizada de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) representa um avanço significativo em comparação com as abordagens manuais tradicionais. Essa metodologia, emergindo como solução para as limitações do processo manual, visa otimizar a revisão de projetos, alcançando resultados previsíveis e coerentes, e minimizando ambiguidades nos relatórios de avaliação. A verificação automatizada proporciona qualidade, agilidade, eficiência econômica e prevenção de falhas no processo de aprovação de projetos, alinhando-se às exigências atuais do setor (Eastman, Lee, Jeong, Lee, 2009; Nawari, 2018, 2019).

Com o objetivo de aprimorar a eficiência e a confiabilidade das avaliações, a implementação da análise automatizada, conforme descrito por Eastman, Lee, Jeong e Lee (2009) e Nawari (2018, 2019), oferece uma abordagem mais sistemática. Os sistemas de verificação automatizada aplicam regras pré-estabelecidas de maneira consistente, resultando em avaliações mais precisas e confiáveis. Ao automatizar o processo, reduz-se significativamente a probabilidade de erros humanos e interpretações subjetivas que podem comprometer a qualidade e a segurança dos projetos.

Esta metodologia de verificação automatizada, que se caracteriza pela sua aplicabilidade tanto em requisitos quantitativos quanto qualitativos, geralmente é executada por sistemas que avaliam o projeto sem alterá-lo, aplicando regras pré-estabelecidas para gerar resultados categorizados, como "aprovado", "reprovado", "alerta" ou "desconhecido" (Eastman, Lee, Jeong, Lee, 2009). Esses sistemas são capazes de aplicar tanto requisitos quantitativos quanto qualitativos, com foco nos requisitos mais objetivos, representados eficientemente em uma estrutura lógica (Soliman-Junior, Tzortzopoulos, Baldauf et al., 2021).

Entretanto, apesar da eficiência da análise automatizada em requisitos objetivos, a intervenção humana ainda se faz necessária. A verificação automatizada garante que todos os projetos sejam avaliados com base em critérios consistentes, contribuindo para a melhoria dos padrões de segurança contra incêndios. Como mencionado por Soliman-Junior, Tzortzopoulos e Baldauf et al. (2021), a abordagem automatizada é particularmente eficaz para avaliar requisitos quantitativos e objetivos. A intervenção humana ainda é necessária para avaliar aspectos mais subjetivos, como apontado por Amor e Dimyadi (2021) e Dimyadi e Amor (2013), desta forma a análise semiautomatizada - análise automatizada com a expertise humana - promove uma abordagem mais abrangente e eficaz.

Destacando a importância de regras bem desenvolvidas no sucesso da verificação automatizada, Warren e Saleeb (2020) salientam que, embora a verificação automatizada dependa da qualidade das regras programadas, ela oferece uma consistência que a análise manual, sujeita à experiência individual dos avaliadores, muitas vezes não consegue atingir. A implementação bem-sucedida da verificação automatizada depende da criação de um conjunto robusto de regras que possam ser aplicadas eficazmente a uma variedade de projetos.

Observando o papel da tecnologia na otimização da análise de projetos, Nawari (2020) destaca que a informatização do processo de revisão de projetos possibilita uma análise mais eficiente e econômica. A verificação automatizada permite aos profissionais do setor explorar diversas alternativas de projeto de maneira mais rápida e com custos reduzidos, otimizando o uso de recursos e tempo. Além disso, a capacidade de validar premissas em um ambiente virtual antes da construção pode levar a economias significativas, evitando retrabalhos e modificações custosas durante a fase de construção.

Considerando a história e o desenvolvimento das tecnologias aplicadas ao setor, no setor de Arquitetura, Engenharia e Construção, estudos focam na informatização do cumprimento das normas de construção para análise de projetos, abrangendo mais de quatro décadas de pesquisa. Esses estudos são essenciais para compreender como a tecnologia tem sido aplicada para melhorar a conformidade com as regulamentações e otimizar o processo de projeto no setor (Nawari, 2020).

Enfatizando a necessidade de personalização e flexibilidade nas regras de verificação, a maior parte dos métodos de verificação automática está relacionada a um domínio específico, como avaliação espacial, projeto estrutural, abastecimento de água, segurança contra incêndio, consumo de energia, entre outros. Alguns desses métodos oferecem flexibilidade limitada

para personalizar e alterar os parâmetros de cada regra para representar disposições locais (Nawari, 2020).

Esta dificuldade de personalização e falta de flexibilidade na análise automatizada é um ponto crítico, uma vez que segundo o [Camico, Costa e Buzar \(2023\)](#), o Brasil possui uma estrutura regulatória descentralizada, com cada uma das 27 unidades federativas tendo a autonomia para legislar sobre edificações e áreas de risco. Essa descentralização resulta em uma grande variedade de normas e regulamentos, que são complementados por normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e outras entidades normatizadoras como INMETRO, ANVISA, CNEN, e Fundacentro.

Em relação aos pré-requisitos, dois componentes são fundamentais no processo típico de verificação automatizada. O primeiro é a existência de um projeto construtivo digital em BIM (Building Information Modelling). Este projeto não é apenas uma mera representação visual, mas uma compilação detalhada de informações críticas que vão desde a geometria básica até os detalhes mais intrincados de componentes e sistemas de construção. Este modelo digital serve como a espinha dorsal para a auditoria de conformidade, pois é nele que as regras de verificação serão aplicadas. A precisão e a riqueza de detalhes deste modelo são fundamentais, pois quaisquer omissões ou erros podem levar a avaliações incorretas durante o processo de verificação (Amor, Dimyadi, 2021).

O segundo componente, igualmente vital, é o conhecimento normativo. Este aspecto engloba uma representação computável das disposições normativas - uma tradução das regras, códigos e padrões estabelecidos em uma linguagem que os sistemas de verificação automatizada possam processar e aplicar. Essencialmente, este componente atua como um tradutor entre as complexidades dos códigos e padrões da construção e a lógica operacional dos sistemas de verificação. As regras codificadas devem ser abrangentes e precisas, cobrindo uma vasta gama de cenários possíveis para

garantir que a análise seja tanto rigorosa quanto aplicável a uma ampla variedade de projetos. A eficácia da verificação automática depende em grande parte da qualidade deste conhecimento normativo, pois são estas regras computacionais que orientam a avaliação do modelo do edifício e determinam a conformidade do projeto com as normas vigentes (Amor, Dimyadi, 2021).

A análise automatizada pode ser implementada de diversas maneiras, adaptando-se a diferentes contextos e necessidades. De acordo com Nawari (2019), existem três tipos principais de plataformas para executar esta verificação, cada uma com suas características e vantagens específicas.

Aplicação de Software Integrada a uma Ferramenta de Projeto Específica: Neste modelo, a verificação automática de regras é realizada por meio de um software que funciona como um plug-in ou extensão de uma ferramenta de design específica. Essa abordagem permite que os projetistas e engenheiros utilizem a verificação automática diretamente no ambiente de software que já estão utilizando para criar seus projetos. Esta integração oferece uma grande conveniência, pois permite a verificação de conformidade em tempo real durante o processo de design. Com essa configuração, os usuários podem fazer ajustes imediatos em seus projetos com base nos feedbacks gerados pela verificação, otimizando o fluxo de trabalho e aumentando a eficiência.

Aplicação de Software Autônoma: Diferentemente da abordagem integrada, uma aplicação de software autônoma opera independentemente das ferramentas de modelagem e design. Este tipo de aplicação é especializado exclusivamente na verificação de regras e pode processar modelos de projeto exportados de diferentes softwares de modelagem. Sua vantagem reside na sua capacidade de fornecer uma análise mais aprofundada e focada, livre das limitações de uma ferramenta de projeto específica. Além disso, por serem autônomos, esses sistemas muitas vezes oferecem uma gama mais ampla de

funcionalidades e podem lidar com projetos mais complexos ou com requisitos de verificação mais especializados.

Aplicação de Software Baseada na Web: A terceira abordagem utiliza plataformas baseadas na web para realizar a verificação automática de regras. Essas aplicações, acessíveis através de navegadores de internet, oferecem a vantagem da acessibilidade remota e da facilidade de compartilhamento de dados e resultados. Plataformas baseadas na web são ideais para colaborações em equipes distribuídas geograficamente, pois permitem que vários usuários, independentemente de sua localização, acessem e interajam com o processo de verificação. Além disso, a natureza baseada na nuvem dessas plataformas assegura que todos os usuários estejam sempre trabalhando com as versões mais atualizadas do software e das regras de verificação.

Cada uma dessas abordagens para a verificação automática de regras tem implicações distintas para o fluxo de trabalho, a colaboração e a eficiência no processo de design e conformidade de PPCI. A escolha entre elas dependerá das necessidades específicas do projeto, das preferências da equipe de design e dos requisitos de conformidade regulamentar. Independentemente da plataforma escolhida, a implementação eficaz da verificação automática promete melhorar significativamente a precisão, a eficiência e a confiabilidade do processo de aprovação de projetos de prevenção contra incêndios (Nawari, 2019).

O processo de verificação automática de regras em projetos, especialmente em Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI), é um procedimento meticuloso que se desdobra em quatro etapas fundamentais, conforme descrito por Eastman et al. (2019) e Nawari (2018):

Interpretação de Regras e Estruturação Lógica para Aplicação: Esta etapa envolve a tradução detalhada das normas e regulamentos de construção em regras lógicas computacionais. Requer um profundo entendimento das

normativas para garantir que as regras sejam precisas, abrangentes e aplicáveis ao contexto do projeto. Essa tradução é crucial, pois forma a base sobre a qual a verificação é realizada.

Preparação do Modelo de Construção: Aqui, o foco é preparar o modelo digital do edifício, garantindo que contenha todas as informações necessárias para a verificação. Isso inclui dados detalhados sobre a geometria do edifício, materiais, especificações técnicas e outros aspectos relevantes. A precisão e a completude deste modelo são vitais para a eficácia da verificação automática.

Fase de Execução das Regras: Nesta fase, as regras estruturadas são aplicadas ao modelo de construção. O software de verificação processa o modelo, comparando-o com as regras para identificar conformidades ou discrepâncias. Esta etapa é crítica, pois determina a conformidade do projeto com as normas estabelecidas.

Geração de Relatórios dos Resultados da Verificação: Após a execução das regras, a plataforma gera relatórios detalhados que destacam as áreas de conformidade e as que necessitam de ajustes. Estes relatórios são essenciais para os engenheiros e arquitetos, pois fornecem insights valiosos sobre as modificações necessárias para atender às normas de segurança contra incêndios.

3.2.1 BIM (Building Information Modeling)

A digitalização envolve a transição de sistemas analógicos baseados em documentos para processos digitais orientados por dados. Desta forma, desde o início dos anos 1970, os sistemas CAD bidimensionais têm sido usados na representação digital de componentes de construção, utilizando softwares como RUCAP, Sonata, REFLEX, ArchiCAD e AutoCAD. A indústria da arquitetura e construção enfrentou limitações com a tecnologia CAD, como uso

inadequado de camadas, escalas incorretas, erros na interpretação da geometria, falta de detecção de conflitos, complexidade com múltiplas camadas, informações insuficientes sobre as dimensões do projeto e problemas de compatibilidade de versões. (MALAGNINO; CORALLO; LAZOI; ZAVARISE, 2022; NAWARI, 2018; SIDDIQUI; EWER; LAWRENCE et al., 2021)

O BIM transformou a indústria da construção ao permitir a visualização e análise de projetos em ambientes virtuais, identificando conflitos e erros nas fases de projeto, construção, operação e manutenção, e facilitando a colaboração entre disciplinas. As ferramentas de autoria BIM substituem processos tradicionais de CAD e papel, criando um banco de dados de objetos de construção utilizados desde a concepção até a execução. O BIM envolve impulsionadores de negócios, processos automatizados e padrões abertos de informações, focando na sustentabilidade e precisão das informações. Esse processo colaborativo e centralizado impacta positivamente clientes, projetistas, engenheiros, educadores, artesãos, construtoras e gerentes de instalações, facilitando a comunicação de projetos e a aprovação de autoridades responsáveis pela verificação de regras. (MALAGNINO; CORALLO; LAZOI; ZAVARISE, 2022; NAWARI, 2018; SIDDIQUI; EWER; LAWRENCE et al., 2021)

A introdução do conceito BIM, aliada à especificação de formato de dados abertos IFC para componentes de construção, estabeleceu um método padrão e amplamente aceito para a representação computacional de um edifício. A versão mais recente da especificação de modelo, IFC2x4 ou IFC 4, é atualmente reconhecida como padrão internacional ISO 16739. O IFC tornou-se o formato de dados padrão neutro para modelos de construção. (NAWARI, 2018)

O Industry Foundation Classes (IFC), mantido pela buildingSMART International, é a chave para a interoperabilidade entre diferentes ferramentas de criação de BIM de forma econômica e independente de formatos específicos

de produtos ou software. Registrado como padrão internacional ISO/IS 16739, o IFC padroniza, desambigua e garante consistência e abrangência nas descrições de projetos de construção. Portanto, o BIM tem potencial para impulsionar o desenvolvimento de sistemas automatizados ou semi-automatizados de verificação de conformidade de código para regulamentos de construção, melhorando a eficiência e precisão dos processos de verificação para projetistas e agências governamentais e locais. (NAWARI, 2018)

Embora todos os métodos de verificação automática de regras tenham seu próprio procedimento e especificações, a utilização do BIM é uma parte inseparável de todos os estudos. Em particular, como um padrão aberto, o IFC desempenha um papel fundamental na verificação de modelos BIM. (LEE; GHANNAD; DIMYADI et al., 2020)

3.2.2 Desafios gerais para implementação da Análise Automatizada

Os desafios gerais para a implementação da análise automatizada de projetos, conforme identificados na literatura, incluem:

Caixa Preta, Caixa Cinza e Caixa Branca: Muitos sistemas de verificação de conformidade de código operam como sistemas de caixa preta, com regras específicas de domínio ou codificadas, que enfrentam limitações devido ao alto custo de manutenção, dificuldade de modificação e ausência de um framework generalizado. A falta de transparência impede a verificação ou validação precisa do processo de verificação por especialistas de domínio. Em contraste, sistemas semiautomatizados como o Solibri Code Checker oferecem maior personalização e acessibilidade ao esquema interno (Amor e Dimyadi, 2021; Nawari, 2018; 2020; Ghannad, Lee, Dimyadi, Solihin, 2019).

Especificidade Extrema: As abordagens atuais são baseadas em estruturas proprietárias, com limitações como custos elevados de manutenção

e falta de suporte a padrões de dados abertos, dificultando o tratamento de regulamentações de construção subjetivas e ambíguas (Nawari, 2020).

Complexidade das Normas: As normas são geralmente genéricas e predefinidas em ambientes de caixa preta, limitando a personalização das regras para atender às necessidades específicas dos usuários. A variação de códigos e normas entre países e regiões aumenta o desafio, exigindo atualizações constantes (Lee, Ghannad, Dimyadi et al., 2020; Ghannad, Lee, Dimyadi, Solihin, 2019; Soliman-Junior, Tzortzopoulos, Baldauf et al., 2021; Amor e Dimyadi, 2021).

Interoperabilidade: Exige-se interoperabilidade entre projetistas, contratantes, clientes e fornecedores através de formatos de dados idênticos. A análise automatizada requer que os modelos de construção contenham informações corretas para a verificação (Amor e Dimyadi, 2021; Nawari, 2018).

Qualidade do BIM e Informações Suficientes: Segundo Nawari (2018), os modelos BIM destinados à verificação de conformidade automatizada requerem um nível de detalhe e informações mais rigorosos do que os desenhos 3D ou 2D comuns. Isso implica que os profissionais responsáveis pela criação destes modelos devem incluir informações detalhadas nos projetos. Os modelos BIM devem ser preparados com informações necessárias em um esquema bem definido e com um nível de detalhe apropriado, pois a qualidade dos dados no modelo BIM é essencial para a confiabilidade da verificação automatizada (Nawari, 2018; Amor e Dimyadi, 2021).

Diversas Formas de Modelagem: Diferentes abordagens para modelagem BIM resultam em representações variadas para construções semelhantes, dificultando a verificação automatizada (Amor e Dimyadi, 2021).

Alto Custo: Criar um modelo BIM completo e de alta qualidade representa um custo significativo, pois a verificação automatizada exige

informações detalhadas nos objetos, atributos e conjuntos de propriedades apropriados (Amor e Dimiyadi, 2021).

Tradução das Regras para Formato Computacional: Converter regras de um formato legível por humanos para um formato computacional é um desafio crítico para essas metodologias (Lee, Ghannad, Dimiyadi et al., 2020). Afirmação corroborada por é um desafio crítico apontado por Soliman-Junior, Tzortzopoulos, e Baldauf (2021) que afirmam que a tradução de informações regulatórias para expressões lógicas computadorizadas, mantendo o sentido original, é uma das principais dificuldades neste processo. Além disso, Amor e Dimiyadi (2021) abordam a complexidade das classificações das normas, ressaltando a falta de padronização e a dificuldade de integrá-las em sistemas de verificação automatizada.

Adoção Lenta de Avanços Digitais na Área de Segurança Contra Incêndio: A adoção lenta de tecnologias avançadas como o Building Information Modeling (BIM) no setor de segurança contra incêndio é desafiadora, devido à falta de conhecimento sobre BIM e à necessidade de padronização e regulamentações claras, conforme destacado por Malagnino, Corallo, Lazoi, Zavarise (2022).

3.3 POTENCIALIDADES DO CBMSC EM RELAÇÃO À ANÁLISE AUTOMATIZADA

O CBMSC tem um papel fundamental na segurança pública, focando na prevenção e combate a incêndios e pânico. Sua autoridade e responsabilidades são reforçadas pela Lei Complementar nº 724 de 2018, que estabelece a estrutura organizacional do CBMSC, e pela Lei Estadual nº 16.157, que define os requisitos para medidas de segurança contra incêndio em edificações e áreas de risco. Estas leis obrigam os responsáveis técnicos a

desenvolver e submeter Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) para aprovação do CBMSC, seguindo as Instruções Normativas estabelecidas.

Adicionalmente, o Decreto nº 1908, de 9 de maio de 2022, regulamenta a Lei nº 16.157 e estabelece procedimentos para a proteção da vida e do patrimônio com implementação de Sistemas e Medidas de Segurança contra Incêndio e Pânico, enfatizando a autodeclaração para atividades econômicas de baixo risco e a simplificação dos processos de concessão de atestados.

Desta forma, observa-se um movimento em direção à simplificação, desburocratização e à eficiência dos serviços do CBMSC, com um foco particular nos processos para a aprovação de projetos, sugerindo uma possibilidade para implantação futura da análise automatizada de PPCI no CBMSC.

Além do Decreto nº 1908 de 2022, a Lei Federal nº 13.874 de 2019 e a Lei Estadual nº 17.071 de 2017, apoiam essa tendência ao promover um ambiente mais eficiente para atividades econômicas e incentivando a simplificação de processos de análise e aprovação. O Plano Estratégico do CBMSC para 2018-2030, definido pela Portaria nº 80, 2018, reflete o compromisso da corporação com a excelência e inovação na prestação de serviços públicos, incluindo como um dos indicadores a implementação da análise digital de PPCI, que foi alcançado antes do prazo estipulado, demonstrando eficiência e comprometimento na realização de suas metas estratégicas.

Em 2020 foi lançado o Edital de Chamada Pública FAPESC Nº 33/2020, uma iniciativa colaborativa entre o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) e a Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina (FAPESC), que destaca a intenção do CBMSC em adotar tecnologias inovadoras para a análise de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI).

O Edital visava selecionar profissionais para o desenvolvimento de um sistema online para submissão e análise automática de PPCI, utilizando a verificação de regras na plataforma BIM para a criação de um processo mais eficiente e menos burocrático para análise de PPCI, incluindo os seguintes objetivos:

a) Classificar os artigos das Instruções Normativas do CBMSC em relação aos requisitos para sua parametrização e posterior criação de regras de verificação automatizada: Requisitos Não Aplicáveis em Projeto (NA), Requisitos Aplicáveis em Projeto e Não Parametrizáveis (ANP) e Requisitos Aplicáveis em Projetos e Parametrizáveis (AP).

b) Desenvolver regras de verificação com base nos artigos objetivos e criar uma biblioteca de objetos para uso dos responsáveis técnicos.

c) Criar biblioteca de objetos a ser disponibilizado aos responsáveis técnicos para elaboração de PPCI em BIM.

d) Testar a submissão de projetos preventivos feitos em diversos softwares de modelagem de informação de construção às regras desenvolvidas

e) Preparar o portal do CBMSC para receber e processar automaticamente os projetos preventivos, realizando a verificação de regras e fornecendo relatórios de indeferimento com as correções necessárias aos responsáveis técnicos.

Os profissionais selecionados foram Ramon Helder Rotava e Luiza de Aguiar Kasper que desenvolveram o Programa de Pesquisa denominado Inovação em Projetos Preventivos (PPCI) por meio da verificação automática de regras com o uso da Plataforma BIM, emitindo ao final do período um relatório final.

No relatório do Programa foram identificados listados os três tipos de requisitos presentes nas Instruções Normativas:

Requisitos Não Aplicáveis (NA): Estes requisitos, totalizando 511, são aqueles que não se aplicam diretamente ao projeto, como itens processuais,

orientações aos fabricantes, conceituações ou dados não contidos em um modelo BIM. Um exemplo clássico deste tipo de requisito é o Artigo 4º da IN 004, que trata de terminologias de segurança contra incêndio. Essas informações, por serem mais conceituais ou procedimentais, não têm aplicação direta no projeto de prevenção e segurança contra incêndio.

Requisitos Aplicáveis e Paramétricos (AP): Estes, somando 2450, representam a maioria dos requisitos catalogados. São aqueles que possuem parâmetros objetivos e mensuráveis, podendo ser verificados automaticamente em um projeto. Esses requisitos são fundamentais para a implementação de verificações automatizadas, como a altura máxima de instalação de extintores de incêndio, que deve ser um valor quantificável e preciso.

Requisitos Aplicáveis em projeto mas Não Paramétrico (ANP): Com um total de 262, estes requisitos são aplicáveis ao projeto, mas contêm um grau de subjetividade que impede a verificação automatizada. Um exemplo pode ser um requisito que fala sobre a localização de extintores de incêndio em locais de fácil acesso e visibilidade, mas sem especificar medidas ou parâmetros objetivos.

A distribuição desses requisitos mostra uma predominância clara dos Requisitos Aplicáveis e Paramétricos (AP), representando 76.0% do total. Isso indica uma forte tendência em direção à parametrização e objetividade nos requisitos das INs, facilitando a implementação de processos de verificação automatizada em projetos.

Por outro lado, a presença de requisitos NA e ANP destaca a necessidade de um equilíbrio entre automatização e análise manual, onde a interpretação humana e o julgamento continuam a ser fundamentais em certas áreas.

Os bolsistas conseguiram criar 222 regras para verificação automática, ou seja, 9,07% dos Requisitos Aplicáveis em Projeto e Parametrizáveis (AP) inicialmente catalogados foram traduzidos para um formato computacional.

A baixa porcentagem na criação requisitos verificados automaticamente deve-se principalmente às limitações do software Solibri, que utiliza templates de regras computacionais. Isso restringe a personalização e a versatilidade das regras, dificultando o atendimento de requisitos mais complexos. Além disso, a transição do CAD para o BIM introduz incompatibilidades na representação das informações nos projetos, uma vez que os requisitos foram originalmente concebidos para a metodologia CAD, criando desafios adicionais no processo de verificação automatizada.

Em relação a criação da biblioteca, metade dos objetos identificados que deveriam ser modelados e disponibilizados foram criados. Verificou-se a necessidade de interação com profissionais de diferentes áreas para aprimorar a intuitividade e a compatibilidade dos objetos com os diversos softwares existentes.

Os objetivos “d” e “e” não foram cumpridos, pois o Programa de Pesquisa, que teve duração de 24 meses, encerrou-se.

Entretanto, o relatório sugere propostas que incluem melhorar a equipe em tamanho e diversidade de habilidades principalmente em programação e BIM, além da necessidade de envolvimento mais setores do CBMSC neste processo, inclusive sugerindo assistência externa. Dependendo do sistema de análise escolhido para implementação (automatizado, híbrido ou autodeclaratório), estratégias e ferramentas diferentes serão necessárias.

Para execução do Programa de Pesquisa, o software Solibri Model Checker foi utilizado, porém foram identificadas alternativas, como a Solibri Developer Platform, para personalização de regras, e outras ferramentas para análise e otimização de modelos BIM.

3.4 DESAFIOS DO CBMSC EM RELAÇÃO À ANÁLISE AUTOMATIZADA

No Relatório Final do Programa de Pesquisa denominado Inovação em Projetos Preventivos (PPCI) por meio da verificação automática de regras com o uso da Plataforma BIM, foram identificados os seguintes desafios do CBMSC em relação a implementação:

Confiabilidade da Informação: Garantir a confiabilidade das informações em projetos de Prevenção e Combate a Incêndios (PPCI) submetidos para verificação automatizada é um desafio crítico. Existe o risco de projetistas manipularem ou cometerem erros na modelagem dos projetos, fazendo com que a máquina encarregada da checagem interprete erroneamente que o projeto está conforme as normas. Uma solução possível envolve a auditoria das propriedades e funções dos espaços nos modelos para assegurar sua correspondência com a realidade. Este problema destaca a dificuldade de transcrever e adaptar as verificações automáticas de regras, sugerindo o potencial uso de Inteligência Artificial para lidar com a complexidade e garantir a precisão das informações.

Padronização da Nomenclatura: É essencial padronizar a nomenclatura nas Instruções Normativas (INs) do CBMSC para garantir consistência e clareza. Atualmente, existem variações na forma como termos semelhantes são descritos em diferentes INs, como "área de circulação comum" e "área de comum acesso". Uma solução proposta é alinhar as nomenclaturas com a NBR 15965, norma brasileira para classificação de elementos da construção civil. Contudo, essa norma ainda não abrange todos os elementos específicos da área de segurança contra incêndio, indicando a necessidade de sua atualização ou expansão.

Legitimidade do modelo BIM como documento: No processo atual do CBMSC, os Projetos de Prevenção e Combate a Incêndios (PPCI) são submetidos em formato PDF, facilitando sua legitimação como documentos. Contudo, com a transição para a submissão de modelos BIM, é necessário estabelecer a legitimidade destes arquivos como documentos oficiais. Uma

solução potencial é o uso da tecnologia blockchain para registrar e travar as edições dos modelos. Além disso, pode ser útil implementar um Ambiente Comum de Dados (CDE), que gerencia e distribui documentos relevantes do projeto, e a classe IfcApproval do IFC, específica para dados de aprovação do projeto.

Diretrizes de modelagem para áreas que não são da Segurança Contra Incêndio. A resolução da questão das diretrizes de modelagem para disciplinas não relacionadas à segurança contra incêndios no contexto do BIM é complexa. Uma área que tem implicação direta com as normas de segurança contra incêndio é a modelagem da arquitetura. Desta forma, a colaboração e compatibilização entre as várias disciplinas de um projeto é essencial.

Requisitos para CAD versus requisitos para BIM: O relatório aborda um obstáculo significativo na transição de projetos de CAD para BIM. Foram reveladas várias incompatibilidades nos requisitos e metodologias de verificação de projetos. Problemas específicos incluem questões relacionadas à altura da edificação, área externa/interna, divisores físicos, largura de ambientes/corredores e identificação de pavimentos. Devido a essas incompatibilidades, as verificações dos requisitos tornam-se complexas, sugerindo a necessidade de alterar ou adaptar as normas existentes para se adequarem melhor à metodologia BIM.

Outros desafios próprios do CBMSC em relação a implementação da análise automatizada foram identificados na literatura:

Complexidade e Variedade das Normas: Em Santa Catarina, a legislação sobre Segurança Contra Incêndio e Pânico é extensa e complexa. Inclui a Lei Kiss e a Lei Federal nº 13.425 de 2017, estabelecendo diretrizes gerais de prevenção e combate a incêndios. A Lei Estadual nº 16.157 de 2013 e o Decreto Estadual nº 1.908 de 2022 detalham normas específicas para segurança contra incêndio e pânico. Outras leis regulamentam a segurança em eventos públicos e atividades de brigadistas, bem como padrões para áreas

recreativas aquáticas e piscinas. Há também leis que orientam microempresas e MEIs, além de 34 Instruções Normativas que cobrem uma ampla gama de diretrizes específicas. Essa diversidade de regulamentos representa um desafio considerável para sua aplicação e conformidade.

Essa profusão de regulamentos e a necessidade de constante atualização e interpretação, como argumentado por João Soliman-Junior et al. (2021) e Fenves et al. (1995), apresentam um desafio significativo. A natureza indeterminada dos requisitos regulatórios, com sua dependência de contexto e potencial para imprecisão e ambiguidade, dificulta a transição para processos automatizados de verificação de conformidade.

Etapas Múltiplas no Processo de Análise de PPCIs: O processo de análise de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) no CBMSC inclui várias etapas interligadas, começando com o preenchimento de formulários de solicitação, passando pelo pagamento de taxas e envio de documentação, até o recebimento de feedback. Apesar de alguns aspectos do processo terem sido digitalizados, a maior parte ainda é realizada de maneira tradicional e manual. Este método tradicional é caracterizado por sua natureza burocrática e demorada, conforme destacado no relatório FAPESC (2023). A complexidade e a lentidão desse processo não só atrasam a resposta, mas também demandam um acompanhamento detalhado e uma coordenação eficiente entre as diferentes áreas do CBMSC, resultando em um peso administrativo considerável.

4. DISCUSSÃO

O presente estudo realizou uma análise crítica dos desafios e potencialidades da análise automatizada de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) no contexto do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina

(CBMSC), com enfoque em como a automação pode aprimorar a eficiência e eficácia dos processos de análise. A pesquisa trouxe à tona diversas questões-chave que são cruciais para a compreensão do estado atual e das direções futuras para a segurança contra incêndios em edificações.

4.1 DESAFIOS DO PROCESSO ATUAL

O estudo identificou que o processo manual atual de análise de PPCI pelo CBMSC é caracterizado por sua lentidão, susceptibilidade a erros e falta de eficiência, corroborando com os achados de Silva e Arantes (2016) e Rodrigues (2015). Esta realidade não apenas atrasa o desenvolvimento de novos empreendimentos, mas também coloca em risco a segurança pública. A subjetividade e a variabilidade na interpretação dos requisitos regulatórios, conforme observado por Nawari (2020), destacam uma falta de padronização nas avaliações, gerando incertezas e inconsistências.

4.2 POTENCIAL DA ANÁLISE AUTOMATIZADA

A pesquisa apontou para as significativas vantagens da análise automatizada, incluindo maior precisão, eficiência e redução de custos operacionais. Conforme Eastman et al. (2009) e Nawari (2018, 2019), a análise automatizada oferece uma abordagem mais sistemática e consistente, minimizando erros humanos e interpretações subjetivas. No entanto, a pesquisa também destacou a necessidade de uma abordagem semiautomatizada, onde a análise automatizada é complementada pela expertise humana, especialmente para aspectos mais subjetivos da análise.

4.3 INTEGRAÇÃO COM TECNOLOGIAS EMERGENTES

O estudo ressaltou a importância da integração do BIM na análise de PPCI, apoiando a transição para processos de verificação automatizada. Os desafios identificados na implementação do BIM, como destacado por Malagnino et al. (2022), sublinham a necessidade de modelos BIM de alta qualidade e a tradução eficiente das regras normativas para formatos computacionais.

4.4 DESAFIOS ESPECÍFICOS PARA O CBMSC

Os desafios enfrentados pelo CBMSC na implementação da análise automatizada são multifacetados, incluindo a confiabilidade da informação, a padronização da nomenclatura, a legitimação de modelos BIM como documentos oficiais, e a compatibilidade das normas existentes com a metodologia BIM. Esses desafios refletem a complexidade inerente à transição para um sistema de análise mais moderno e eficiente.

4.5 IMPLICAÇÕES SOCIAIS E ECONÔMICAS

A transição para a análise automatizada de PPCI tem implicações significativas, não apenas em termos de eficiência operacional, mas também em termos de impacto social e econômico. A melhoria na qualidade do serviço prestado pelo CBMSC pode resultar em uma maior segurança para a comunidade, enquanto a maior transparência e padronização dos processos de análise podem contribuir para um ambiente construído mais seguro. A maior rapidez na análise pode trazer benefícios econômicos para os envolvidos.

5. CONCLUSÃO

A automação da análise de PPCI, seja total, com análise automatizada, ou parcial, com análise semiautomatizada, apresenta-se como uma solução promissora para superar os desafios enfrentados pelo CBMSC, permitindo a otimização do processo e a melhoria dos padrões de segurança contra incêndios. A implementação bem-sucedida, no entanto, exige uma abordagem estratégica que considere aspectos técnicos, normativos e organizacionais, garantindo a adaptação dos processos e a confiabilidade das análises. A pesquisa ressalta a necessidade de uma colaboração contínua entre desenvolvedores de tecnologia, profissionais de segurança contra incêndios e legisladores para que a transição para um modelo automatizado ou semiautomatizado, seja conduzida de forma eficaz e gere benefícios para todas as partes envolvidas.

REFERÊNCIAS

AMOR, R.; DIMYADI, J. **The promise of automated compliance checking**. Developments in the Built Environment, 5, p. 100039, 2021.

BRASIL. Lei n. 13.726, de 8 de outubro de 2018. **Racionaliza atos e procedimentos administrativos dos Poderes da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios e institui o Selo de Desburocratização e Simplificação**. Presidência da República (PR). Casa Civil (CC). Subchefia para Assuntos Jurídicos (SAJ). Distrito Federal (DF). 2018.

CAMICO, S.; COSTA, W.; BUZAR, M. **Amplitude da Legislação de Incêndio Brasileira: Efeitos da Liberdade Legislativa Constitucional**. Revista FLAMMAE, 9, p. 203-233, 2023.

CARON, J. V. **Deficiências nos projetos de prevenção contra incêndio e diretrizes para agilizar a sua análise e aprovação**. 2021. (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade

Federal de Santa Catarina. Disponível em:
<https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/226803>.

CBMSC. IN 001/DAT/CBMSC. **Da Atividade Técnica**. Florianópolis: 2019.

CBMSC. **Plano Estratégico 2018-2030**. Florianópolis, 2018.

DIMYADI, J.; AMOR, R. **Automated Building Code Compliance Checking - Where is it at?** 2013.

EASTMAN, C.; LEE, J.-m.; JEONG, Y.-s.; LEE, J.-k. **Automatic rule-based checking of building designs**. Automation in Construction, 18, n. 8, p. 1011-1033, 2009.

FENVES, S. J.; GARRETT, J. H.; KILICCOTE, H.; LAW, K. H. et al. **Computer representations of design standards and building codes: a U.S. perspective**. 1995.

FRANCA, F. W. d. **Método para verificação automática de regras utilizando BIM aplicado ao código de segurança contra incêndio e pânico do Paraná (CSCIP-PR)**. 2018. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil. Defesa: Curitiba, 14/05/2018.

GHANNAD, P.; LEE, Y.-C.; DIMYADI, J.; SOLIHIN, W. **Automated BIM data validation integrating open-standard schema with visual programming language**. Advanced Engineering Informatics, 40, p. 14-28, 2019.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

HERNANDEZ SAMPIERI, R.; FERNÁNDEZ COLLADO, C.; BAPTISTA LUCIO, M. P. **Metodologia da pesquisa**. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2013.

LEE, Y.-C.; GHANNAD, P.; DIMYADI, J.; LEE, J.-K. et al. **A Comparative Analysis of Five Rule-Based Model Checking Platforms**. In: Construction Research Congress 2020, 2020. p. 1127-1136.

MALAGNINO, A.; CORALLO, A.; LAZOI, M.; ZAVARISE, G. **The Digital Transformation in Fire Safety Engineering over the Past Decade Through Building Information Modelling: A Review**. Fire Technology, 58, n. 6, p. 3317-3351, 2022.

NAWARI, N. O. **A Generalized Adaptive Framework (GAF) for Automating Code Compliance Checking**. Buildings, 9, n. 4, p. 86, 2019.

NAWARI, N. O. **Building Information Modeling: Automated Code Checking and Compliance Processes**. CRC Press, 2018. ISBN 9781351200967.

NAWARI, N. O. **Generalized Adaptive Framework for Computerizing the Building Design Review Process**. 26, n. 1, p. 04019026, 2020.

PALUDO, A. V. **Administração pública-rev.**, atual. e ampl. 2016.

RODRIGUES, J. P. P. **UTILIZAÇÃO DE MODELOS BIM PARA VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE PROJETOS**. 2015. (Mestrado Integrado em Engenharia Civil) - Ciências da engenharia e tecnologias, Universidade do Porto.

ROMERO, J. M.; SCHEER, S. **Potencial da Implementação da BIM no Processo de Aprovação de Projetos de Edificação na Prefeitura Municipal de Curitiba**. SBQP2009. p. 583-590, 2009.

SANTA CATARINA. **Decreto nº 39, de 21 de Fevereiro de 2019. Institui o programa Governo sem Papel no âmbito da Administração Pública Estadual Direta e Indireta**. Diário Oficial o Estados de Santa Catarina, Poder Executivo, Florianópolis. 2019.

SANTA CATARINA. **Lei 16.157, de 07 novembro de 2013. Dispõe sobre as normas e os requisitos mínimos para a prevenção e segurança contra incêndio e pânico e estabelece outras providências**. Diário Oficial o Estados de Santa Catarina, Poder Executivo, Florianópolis. 2013.

SIDDIQUI, A. A.; EWER, J. A.; LAWRENCE, P. J.; GALEA, E. R. et al. **Building Information Modelling for performance-based Fire Safety Engineering analysis – A strategy for data sharing**. Journal of Building Engineering, 42, p. 102794, 2021.

SILVA, F.; ARANTES, E. **Proposta de verificação automática dos requisitos de projeto pelo uso de ferramentas de análise BIM aplicados a norma de desempenho**. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. 2016.

SILVA, F. P. d. A. e. **Verificação automática dos requisitos de projetos da norma de desempenho pela plataforma Bim Solibri Model Checker**. 2017.

SOLIMAN-JUNIOR, J.; TZORTZOPOULOS, P.; BALDAUF, J. P.; PEDO, B. et al. **Automated compliance checking in healthcare building design.** Automation in Construction, 129, p. 103822, 2021.

STEIN, S.; SELL, D.; GODINHO, M. **Melhoria contínua na segurança contra incêndio em edificações: a contribuição efetiva da gestão do conhecimento.** In: Firek Segurança contra incêndio e UNICAMP/FEC (Org). Segurança contra incêndio em edificações: recomendações. Vitória: Firek Segurança Contra Incêndio, 2018. p. 147 – 158. 2018.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação.** São Paulo: Cortez, 2009.

TRIBUNAL DE CONTAS DA UNIÃO (TCU). **Referencial básico do programa de inovação** / Tribunal de Contas da União. – Brasília: TCU, Instituto Serzedello Correa (ISC), Centro de Pesquisa e Inovação (Cepi), 2017.

WARREN, D. R.; SALEEB, N. **Improving Productivity by the Automation of Checking of 3D Parametric Modelling.** International Journal of Safety and Security Engineering, 10, n. 4, p. 441-450, 2020.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 3. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2005.