

ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE *LARGE LANGUAGE MODELS* (LLMs) NO APOIO À APROVAÇÃO DE PROJETOS DE ENGENHARIA CIVIL PELO CORPO DE BOMBEIROS DE SANTA CATARINA

Tatiane Almeida¹
Maico Fernando Wilges Carneiro²
Denise Ortigosa Stolf³
Cátia Capeletto⁴
Givanildo Martins de Quadros⁵

RESUMO

Este trabalho analisa a possibilidade da utilização de *Large Language Models* (LLMs), para auxiliar engenheiros civis no processo de execução de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI), no estado de Santa Catarina. Esta análise é realizada entre modelos de LLM pré-selecionados, por popularidade no período de aplicação, onde foi examinada a eficiência das resoluções perante leis e normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), e Instruções Normativas (IN) do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina (CBMSC). Apesar de estas novas tecnologias terem grande potencial para auxiliar e otimizar a produção dos Responsáveis Técnicos (RT), a conclusão é de que no momento da aplicação desta pesquisa, a precisão obtida pelas LLM's, ainda é baixa, necessitando de revisão dos RT, servindo como coleta de informações iniciais e não substitui a consulta a fontes oficiais, pois as normativas sofrem constantes atualizações. Os LLMs avaliados podem contribuir como ferramentas de suporte no processo de aprovação de projetos junto ao CBMSC, porém os índices de acerto observados, variando entre 41,11% e 52,22%, evidenciam a necessidade de supervisão técnica especializada para garantir a conformidade das análises realizadas.

Palavras-chave: LLM; CBMSC; Chatgpt; Gemini; Claude; bombeiros;

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil, vem se utilizando da tecnologia, e seus avanços, para otimizar tempo, e diminuir erros. Desde antiguidade, a tecnologia mesmo a analógica, vem surgindo, facilitando, e melhorando o trabalho, passando de ferramentas rudimentares, como ábacos, que foi substituído por calculadoras, posteriormente por computadores e atualmente pela Inteligência Artificial (IA). Projetar também passou por esta evolução do papel para o computador, se utilizando programas de desenho, atualmente em transição para Modelagem da Informação da Construção (*Building Information Modeling* - BIM).

¹ Graduanda em Engenharia Civil (UCEFF, 2025). E-mail: tatiane.almeida@uceff.edu.br

² Especialista em Engenharia e Qualidade de Software – Faculdade Mater Dei (Unimater) - E-mail: maico@uceff.edu.br

³ Docente da UCEFF.

⁴ Docente da UCEFF.

⁵ Docente da UCEFF.

Todos são exemplos de ferramentas que auxiliam o engenheiro, pois a engenharia é complexa, com muitas normas, que para tornar realidade um edifício, uma casa, ou mesmo um evento, existem muitas etapas a serem seguidas. Eventos culturais, como formaturas, casamentos, festas, precisam de autorizações, e necessitam seguir normas pré-estabelecidas, por órgãos competentes, como corpo de bombeiro, prefeitura. **As ferramentas de Inteligência Artificial (IA) que fazem uso de Grandes Modelos de Linguagem (do inglês *Large Language Models* - LLMs) como o ChatGTP da OpenAI™ e o Gemini do Google™ entre outros modelos atuais disponíveis no mercado podem ser utilizadas para auxiliar engenheiros civis no processo de aprovação de projetos pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina?**

Para responder esse questionamento foi necessário realizar um estudo comparativo entre os principais LLMs disponíveis atualmente para avaliar a eficiência e a precisão dessas ferramentas em suas versões gratuitas, para apoiar engenheiros civis no processo de aprovação de diferentes tipos de projetos pelo Corpo de Bombeiros de Santa Catarina (CBMSC); Mapear os processos típicos para aprovação de projetos no Corpo de Bombeiros de Santa Catarina (CBMSC); selecionar um conjunto de LLMs com versões gratuitas e consolidadas no mercado; elaborar um roteiro e um gabarito de dúvidas técnicas comuns no processo de aprovação; aplicar o roteiro nos LLMs selecionados, coletando, organizando e comparando as respostas através de uma métrica.

Esta pesquisa se justifica pelo fato que no ano de 2025 as empresas da área de IA movimentaram em torno de 6 bilhões de dólares (Zoting, 2025). Na construção de modelos de LLMs que possuem muitas vezes versões gratuitas além de pagas que podem ser utilizadas em diversas áreas. A engenharia civil pode se valer desses recursos principalmente para aprovação de projetos em entidades como o corpo de bombeiros, diminuindo o retrabalho para os engenheiros e acelerando o processo e reduzindo a possibilidade de erros. Isso se essas ferramentas realmente atingirem um total de acertos aceitáveis no seu uso, por isso a importância de pesquisas como essa que irá tentar mostrar de forma prática um comparativo entre diferentes ferramentas disponíveis no mercado.

A Engenharia Civil, historicamente caracterizada por processos manuais e intensivos em documentação, encontra-se em um momento tecnológico importante com a ascensão da Inteligência Artificial (IA) e, mais recentemente, dos *Large Language Models* (LLMs). A garantia da conformidade normativa é uma das etapas mais críticas e onerosas do ciclo de vida de um projeto, exigindo que engenheiros e arquitetos interpretem e apliquem um vasto e complexo corpo de leis, decretos e normas técnicas. No Brasil, o processo de aprovação de

projetos, em particular aqueles relacionados à segurança contra incêndio e pânico, como os conduzidos pelo Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) e órgãos congêneres, é um exemplo emblemático dessa complexidade.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir é apresentada a pesquisa bibliográfica que foi utilizada para a realização da pesquisa.

2.1 PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS NO CORPO DE BOMBEIROS

Neste capítulo, será apresentado como funciona o processo de aprovação de projeto preventivo contra incêndio (PPCI), no estado de Santa Catarina, as legislações utilizadas no estado, e os requisitos mínimos para cada situação, previstos nas instruções normativas do corpo de bombeiros de Santa Catarina Instruções Normativas (INs) do CBMSC.

2.1.1 Legislação de segurança contra incêndio em Santa Catarina

As diretrizes gerais da prevenção contra incêndio a nível nacional estão previstas nas Lei Kiss (Lei Federal nº 13.425, de 30 março de 2017). Que foi reformulada devido a tragédia ocorrida em Santa Maria, como aumentando a penalidade por superlotação em eventos (Brasil, 2017). Além da lei federal, no estado de Santa Catarina, as leis que definem os requisitos mínimos para prevenção e pânico estão na lei nº 16.157, de 07 de novembro de 2013 (Santa Catarina, 2013) e no decreto estadual nº 1.908, de maio de 2022 (Santa Catarina, 2022). Referente a eventos é regulamentada pela lei 15.124/2010 (Santa Catarina, 2010a) e no decreto nº 3.465, de agosto de 2010 (Santa Catarina, 2010b).

Com maior detalhamento o Corpo de Bombeiros de Santa Catarina, possui as normativas, são 35 normativas, que orientam os responsáveis técnicos e proprietários (CBMSC, [2024]).

2.1.2 Normas técnicas do CBMSC

As normas técnicas são orientações desde como classificar imóveis e eventos por ocupação, tamanho, carga de incêndio, níveis de riscos, e orienta como deve ser os sistemas preventivos obrigatórios para cada imóvel, situação.

2.1.3 TRAMITAÇÃO E ANÁLISE DE PROJETOS

Toda a tramitação para obtenção de alvará passa pelo sistema e-SCI, onde é colocado toda a informação sobre o imóvel/ evento, e onde toda a documentação deverá ser anexada.

2.1.3.1 Tipos de Análise

Conforme o tamanho, complexidade e carga de incêndio, terá um processo diferente, bem como isenção como é o caso de residências unifamiliares, escritórios de autônomos em residência própria até 200 m e 1 funcionário, profissional em coworking (no entanto a edificação não será isenta, mas é responsabilidade do administrador do edifício e não dos usuários individuais), sendo atividades de baixo risco, classificado pela norma como risco I (CBMSC, 2024a).

Atividade e imóveis de risco II e III não são isentas, porém tem uma análise focada em agilidade, e confiança (fé pública), pois fica a cargo da responsabilidade do profissional (responsável técnico), que irá informar sobre a atividade/ imóvel e os sistemas instalados, ou que serão instalados, no risco II informando via sistema, sem necessidade de projetos, apenas pela autodeclaração (Declaração e Termo de Responsabilidade - anexo G), pois são considerados de baixa complexidades. Nas atividades que se enquadram como risco III, será necessário o PPCI (Projeto Preventivo Contra Incêndio), para ter a liberação de construção, ou da atividade (CBMSC, 2024b).

Nos riscos IV e V são atividade de maior potencial de dano, devido a carga de incêndio/atividade que pode atingir uma área até maior que o próprio imóvel em questão. E ou número de pessoas, portanto, necessitando assim de maior atenção, e maiores exigências. Desta forma há obrigatoriedade de submeter o PPCI a análise do CBMSC, o que pode levar até 10 dias úteis para a análise (CBMSC, 2024a; CBMSC, 2024b).

Quadro 1 – Classificação para análise

Nível	Características	Análise
Risco I	Baixo risco, residências unifamiliares, escritórios na própria residência de até 200 m ² e até 1 funcionário.	Isenta
Risco II	Área até 750 m ² , GLP até 190 kg, limite de 250 l de líquido inflamável em área interna, e 20 m ³ em área externa. Local com reunião de público, com até 100 pessoas ambiente fechado e até 200 pessoas em ambiente aberto.	Responsável técnico - RT
Risco III	Alto risco, edificações maiores de 12 m, com área maior de 750 m ² e menores de 5000 m ² . Carga de incêndio até 300	Responsável técnico - RT
Risco IV	Alto risco, edificações com área maior de 5000 m ² ,	CBMSC

Nível	Características	Análise
Risco V	Ocupação de alto dano humano, material e ambiental. Carga de incêndio alta (maior de 2.280 MJ/m ²), Locais como armazenamento ou produção de explosivos, armas, líquidos inflamáveis (acima de 1000 L em área interna).	CBMSC

Fonte: (IN 1- Parte 1)

2.1.3.2 Sistemas Exigidos

Conforme a complexidade da edificação/ evento os sistemas preventivos podem ser em maior ou menor quantidade, quanto mais complexo/maior risco, mais sistemas preventivos serão necessários. Uma edificação térrea, com amplas saídas tem menor risco, que um edifício com vários andares, sendo que quanto mais andares, maiores medidas de segurança são necessárias.

Uma edificação multifamiliar de até 4 andares, pode ter uma escada comum, já para um edifício maior é exigido que se instale uma escada com maiores recursos, como antecâmara, pressurização, dutos de extração de fumaça, heliporto ou elevador de emergência, compartimentação variando conforme ocupação, altura e área construída. Pois um edifício maior ou de uma ocupação especial como hospital, casas noturnas possuem maiores dificuldades na evacuação, sendo necessário as medidas adicionais, para aumentar a segurança na evacuação, isolando o sinistro da rota de fuga vertical (CBMSC, 2024b).

Sendo os Sistemas e Medidas de Segurança Contra Incêndio e Pânico (SMSCI), alguns destes sistemas são tão essenciais para a proteção, que são chamados de vitais, e indispensáveis mesmo nos classificados como baixo risco, no entanto podem variar conforme a classificação do imóvel e sua ocupação.

Alguns dos SMSCI vitais mais frequentes são:

- a) Sistemas Preventivos por Extintores (SPE);
- b) Sistema de Iluminação de Emergência (SIE);
- c) Sinalização para Abandono de Local (SAL);
- d) Saídas de emergência;
- e) Instalações elétricas de baixa tensão;
- f) Controle de Materiais de Acabamentos e Revestimento (CMAR);

2.2 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA ENGENHARIA CIVIL

A aplicação da IA na Engenharia Civil tem se expandido rapidamente, abrangendo desde a otimização de projetos estruturais e o planejamento de obras até a gestão de riscos e a manutenção preditiva.

2.2.1 Aplicações Gerais de IA em Processos Técnicos e Administrativos

Historicamente, a IA na Engenharia Civil focou em tarefas de classificação, regressão e otimização. Contudo, a evolução para a IA Generativa e os LLMs abriu novas fronteiras, especialmente na interface entre a linguagem natural e os dados técnicos. A IA tem demonstrado potencial significativo na redução de erros e no aumento da eficiência ao automatizar tarefas repetitivas e sujeitas a falhas humanas, como a análise e a interpretação de documentos extensos.

2.2.2 O Contexto da Automação e o CBMSC

Como a busca por uma maior agilidade na análise de projetos é uma demanda crescente em órgãos públicos, o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) reconhece o potencial da análise automatizada e semiautomatizada de Projetos Preventivos Contra Incêndio (PPCI) como um caminho para garantir a precisão e a consistência na aplicação das Normas Técnicas (NTs). E de acordo com Dutra e Dias (2024) a automação, neste contexto, visa otimizar o fluxo de trabalho, que envolve a submissão, a análise e a vistoria, reduzindo o tempo de resposta e os custos associados ao processo. A aplicação de LLMs insere-se diretamente nesse cenário, atuando como um intermediário inteligente na interpretação dos requisitos técnicos e normativos.

2.3 FUNDAMENTOS E APLICAÇÕES DE *LARGE LANGUAGE MODELS* (LLMs)

Os LLMs, como o GPT (OpenAI), Gemini (Google), e Claude (Anthropic), são modelos de aprendizado profundo pré-treinados em vastas quantidades de texto, o que lhes confere uma notável capacidade de compreender, resumir, traduzir e gerar linguagem natural.

2.3.1 Aplicações em Análise de Normas e Conformidade Técnica

Segundo Madireddy *et al.* (2025) a principal aplicação dos LLMs no domínio da Engenharia Civil é o *Automated Code Compliance Checking* (ACC). Tradicionalmente, o ACC

envolve a tradução manual de normas e regulamentos em regras computáveis. Os LLMs simplificam essa etapa crítica ao:

- a) Interpretar o Texto Regulatório: Os modelos conseguem analisar o texto legal e normativo, identificando as cláusulas e os requisitos técnicos relevantes.
- b) Gerar Regras Computáveis: Podem ser utilizados para gerar scripts ou regras lógicas (por exemplo, em Python) que podem ser aplicadas diretamente a modelos BIM para verificar a conformidade do projeto (Madireddy *et al.*, 2025).
- c) Extrair Informação Estruturada: LLMs podem extrair dados estruturados de documentos não estruturados (normas, relatórios) e integrá-los a sistemas de informação do projeto (Madireddy *et al.*, 2025).

Os mesmos autores ainda demonstraram que um sistema baseado em LLMs é capaz de reduzir o tempo e o esforço necessários para a verificação de conformidade, melhorando a precisão na identificação de violações em dimensões de cômodos, uso de materiais e posicionamento de objetos em projetos.

2.4 COMPARATIVO ENTRE MODELOS DE LLMS

A literatura acadêmica recente aponta para a escassez de *benchmarks* padronizados e públicos que comparem modelos comerciais (ChatGPT, Gemini, Claude) em termos de precisão e acurácia para tarefas específicas de conformidade normativa em Engenharia Civil (Iversen, 2024). A avaliação de desempenho deve ir além da métrica de *log-likelihood* e focar na capacidade do modelo de manter a precisão quase perfeita exigida pela verificação de código (AEC Foundry, 2025).

A comparação entre os modelos disponíveis deve, portanto, focar em critérios qualitativos de aplicabilidade:

Quadro 2 - Comparativo entre LLMs

Critério	Descrição	Relevância para Conformidade Normativa
Precisão	Capacidade de fornecer respostas factualmente corretas e livres de "alucinações".	Crítica. Um erro na interpretação de uma norma pode levar a falhas de segurança e responsabilidade legal.
Confiabilidade	Consistência na resposta e capacidade de justificar a saída com base nas fontes.	Alta. Exige sistemas que integrem o LLM com bases de conhecimento confiáveis.
Integração	Facilidade de conexão com plataformas BIM e Grafos de Conhecimento.	Alta. A aplicação prática depende da capacidade de interagir com o modelo digital do projeto.

Critério	Descrição	Relevância para Conformidade Normativa
Atualização	Frequência de atualização do modelo de linguagem e sua base de conhecimento.	Média. Normas técnicas evoluem, exigindo que o modelo se adapte a novos regulamentos (Madireddy <i>et al.</i> , 2025).

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

2.5 LIMITAÇÕES E SOLUÇÕES PARA A CONFIABILIDADE

A principal limitação dos LLMs é a sua natureza probabilística, que pode gerar informações incorretas (alucinações), o que é inaceitável para a análise de projetos no CBMSC. Além disso, os modelos demonstram dificuldade em desenvolver um conhecimento procedural genuíno, essencial para a aplicação de normas que envolvem cálculos complexos e sequências lógicas (AEC Foundry, 2025).

Para mitigar essa limitação, a pesquisa propõe a integração de LLMs com Grafos de Conhecimento Híbridos (HKGs) (Nakhaee *et al.*, 2024). Nessa abordagem, o LLM atua na interpretação da linguagem natural da norma, mas a verificação da conformidade é realizada sobre uma base de conhecimento estruturada e validada (o HKG), garantindo maior confiabilidade e rastreabilidade da decisão.

Quadro 3 - Comparativo das bibliografias

Autor(es)	Ano	Tipo de estudo	Aplicação ou foco	Resultados principais
Madireddy <i>et al.</i>	2025	Artigo Científico	<i>LLM-Driven Code Compliance Checking em BIM</i>	Sistema integra LLMs (ChatGPT, Claude, Gemini, Llama) para interpretar códigos e gerar scripts de verificação, reduzindo tempo e melhorando precisão.
Nakhaee <i>et al.</i>	2024	Artigo de Conferência	Visão para ACC unificando HKGs e LLMs	Propõe <i>framework</i> para superar a limitação de confiabilidade das LLMs ao integrá-las com Grafos de Conhecimento Híbridos.
Dutra e Silva Dias	2025	Artigo/Relatório	Desafios e Potencialidades da Análise Automatizada de PPCI no CBMSC	Identifica a automação e semiautomação como caminho para precisão e consistência no CBMSC, criando o contexto para a aplicação de LLMs.
Joffe <i>et al.</i>	2025	Artigo de Conferência	<i>Framework</i> para responder perguntas sobre códigos e normas	Propõe metodologia para calcular a precisão das respostas de LLMs (log-likelihood) para melhor benchmarking em conformidade.
Avila <i>et al.</i>	2025	Artigo Científico	Dataset para Análise Estática com LLMs em Engenharia Estrutural	Criação de um dataset para estabelecer benchmarks responsáveis e de alta precisão em domínios de alto risco.

Fonte: Elaborado pelo autor (2025)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo descreve, os procedimentos práticos que foram adotados para execução da pesquisa proposta.

A pesquisa seguiu um caráter indutivo pois partiu-se da observação e análise de dados concretos, neste caso, as respostas fornecidas pelos LLMs, para, a partir delas, identificar padrões, tendências e possíveis relações que possam gerar inferências gerais sobre a aplicabilidade dessas ferramentas no processo de aprovação de projetos pelo CBMSC. O método indutivo é justificado porque o estudo não parte de uma teoria previamente comprovada, mas busca construir conclusões e proposições teóricas a partir da análise empírica dos resultados observados.

A investigação foi classificada como exploratória, uma vez que buscou compreender um fenômeno ainda pouco estudado: o uso de grandes modelos de linguagem como apoio à aprovação de projetos de engenharia civil pelo CBMSC. O caráter exploratório justificou-se porque o estudo visa levantar informações, identificar padrões iniciais e compreender possibilidades de aplicação prática dessas ferramentas, sem a pretensão de testar hipóteses prévias ou estabelecer relações causais. Assim, o foco está na descoberta, na observação detalhada das respostas dos modelos e na formulação de percepções que possam orientar futuras pesquisas mais aprofundadas.

O delineamento adotado foi experimental, estruturado de forma a testar o desempenho de diferentes LLMs sob condições controladas e reproduzíveis. O experimento consistiu na aplicação de um mesmo conjunto de *prompts* (roteiro de perguntas padronizadas) a cada modelo de linguagem selecionado, garantindo igualdade de condições, mesmo ambiente de teste, sequência de execução e parâmetros técnicos quando disponíveis. Cada modelo foi avaliado individualmente, registrando-se suas respostas.

As saídas foram comparadas a um gabarito técnico previamente validado pela pesquisadora, com pontuação objetiva atribuída a cada item. Esse delineamento experimental buscou medir a precisão, consistência e aplicabilidade das respostas geradas, permitindo identificar diferenças de desempenho entre os LLMs testados.

Para realizar a pesquisa foram definidos os seguintes instrumentos de coleta de dados:

- a) Levantamento documental: coleta das instruções técnicas, manuais e normativas vigentes do CBMSC aplicáveis ao tipo de projeto em estudo (eventos temporários,

edificações residenciais e comerciais, instalações elétricas e de proteção contra incêndio);

- b) Utilização das LLMs, para construir um *prompt* padrão e completo, solicitando a cada LLM, que cria se um *prompt set*, que seria um auxiliar sênior de engenharia, com a resposta de todas as LLMs, foi reformulando um *prompt* padrão utilizando as melhores sugestões e aprimoramento;
- c) Após criou-se um segundo *prompt set*, na forma de um roteiro de perguntas: para isso foi elaborado um conjunto padronizado de perguntas técnicas comuns no processo de aprovação de projeto. O roteiro foi construído em etapas: a análise documental das exigências do CBMSC para identificar requisitos normativos tipicamente questionados; elaboração final do roteiro com tipos diferentes de projetos e suas especificações técnicas relevantes para auxiliar na construção das perguntas disponibilizadas no Apêndice A.
- d) Gabarito (respostas-padrão): construção do gabarito técnico pela pesquisadora responde cada item do roteiro sem ver as respostas dos modelos. Cada resposta do gabarito foi registrada com referências normativas;
- e) Registro e captura de respostas dos LLMs: desenvolvimento de uma rotina padronizada para interagir com cada LLM: abertura de sessão limpa, envio do *prompt* padronizado, coleta da resposta textual, captura de eventuais citações normativas geradas pelo modelo. Todas as saídas foram armazenadas em uma planilha para auxiliar na análise. Quando o modelo oferecia múltiplas alternativas, só foi registrada a primeira resposta gerada;
- f) Ferramentas e *softwares*: utilização direta de *prompts* enviados aos LLMs por meio de suas interfaces web, registrando manualmente as respostas geradas em planilha com isso foi necessário utilizar um navegador web (optou-se pelo Google® Chrome em sua versão mais recente) e para facilitar o registro em planilha se utilizou o Google® Sheets das ferramentas do Google® Drive. Não foram utilizados softwares adicionais de análise qualitativa, uma vez que todo o processo ocorreu por meio da interação direta com as ferramentas de IA limitando-se à coleta e organização das respostas em planilhas para posterior análise estatística e comparativa.

A população foi constituída de LLMs com grande penetração no mercado e que possuísem versões gratuitas.

Para amostragem estratificada por tipo de projeto, foram selecionadas edificações residenciais e comerciais fixas e projetos para eventos temporários (shows, formaturas, festas).

Em seguida foi construído um questionário com 45 perguntas equilibradas entre questões normativas objetivas e questões interpretativas.

Para a amostra de LLMs a seleção baseada em critérios pré-definidos (popularidade e uso no Brasil, acessibilidade de versão gratuita, suporte em português, atualização recente e manutenção ativa). Indicativamente incluir-se-ão modelos reconhecidos de mercado que possuam versões acessíveis (por exemplo, versões públicas de ChatGPT, Google Gemini, e outros modelos comerciais ou academicamente relevantes), mas a lista final foi registrada no experimento com as versões exatas testadas (nome da versão e data de acesso):

- a) Avaliação quantitativa (comparativa) através de métrica por item: cada resposta do LLM foi comparada ao gabarito e pontuada segundo um protocolo padronizado com critérios e pesos. Proposta de escala: 0 = incorreto ou enganoso; 0,5 = parcialmente correto (omissões relevantes); 1 = correto e completo.
- b) Análise qualitativa: codificação temática das respostas abertas buscando identificar padrões de erro (ex.: interpretações equivocadas de requisitos; falta de atualização normativa; respostas excessivamente genéricas). Foi utilizada análise de conteúdo com codificação pela pesquisadora e apresentação dos principais resultados no capítulo que segue.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para realização da pesquisa foi utilizado o próprio sistema de LLM para construção de um *prompt* que demonstrasse as necessidades de um engenheiro civil para solicitar informações completas ao realizar os questionários, esse *prompt* contou com as seguintes regras:

- a) A LLM deveria se comportar como especialista na área de projeto preventivo contra incêndio (PPCI);
- b) Para isso, precisaria utilizar as normas técnicas da ABNT e as instruções normativas do corpo de bombeiros de Santa Catarina;
- c) Deveria identificar a norma aplicável antes de prosseguir com a resposta;
- d) A linguagem deveria ser técnica, porém acessível;
- e) A LLM deveria alertar sobre erros graves de imediato;

Como a resposta deveria ser estruturada:

- a) A obrigatoriedade de referenciar todas as respostas;

- b) Responder sempre no papel de especialista em PPCI;

Esse prompt completo encontra-se no Apêndice A;

Seguido disso foi necessário construir um questionário completo com 45 perguntas abertas sobre:

- a) Eventos temporário, de porte variados;
- b) Exigências de sistemas preventivos em postos de saúde, hospitais, creches, escolas;
- c) Classificação dos imóveis/eventos conforme a ocupação;
- d) Necessidade ou isenção de alvarás;
- e) Dimensionamentos de saídas de emergências;
- f) Dimensionamento de reserva técnica;
- g) Indicação dos sistemas preventivos;
- h) Indicação do tipo de escada;
- i) Sistema iluminação de emergência;
- j) Sistema hidráulico preventivo;
- k) Sistema preventivo por extintores.

Esse questionário com seu gabarito encontra-se no Apêndice B. Finalmente foram selecionados 5 LLMs disponíveis com acesso gratuito, que foram definidos através pesquisa usando Google, como os mais acessados durante o último ano.

Dessa lista foram escolhidos:

- a) ChatGPT (Estados Unidos da América);
- b) Qwen (República Popular da China);
- c) Gemini (Estados Unidos da América);
- d) Claude (Estados Unidos da América);
- e) Grok (Estados Unidos da América);
- f) Deepseek (República Popular da China).

Para aplicação do questionário todos os modelos foram utilizados com os seguintes critérios:

- a) Todos os modelos dispunham de versões gratuitas, mas com possibilidade de *login* para armazenamento do histórico das respostas;
- b) Foi inserido o prompt citado Apêndice A, para garantir a consistência das respostas dos modelos;
- c) Seguido disso, em um intervalo de no máximo 10 minutos, foram inseridos nos 5 modelos o questionário completo com as 45 perguntas, isso ocorreu no dia 22 de maio de 2026 das 18h30m às 18h40m;
- d) Foram coletadas todas as respostas geradas pelos modelos e foi feita a correção objetiva baseada no gabarito original.

Após cada modelos emitir a resposta ao questionário, foi realizada a coleta de toda a informação dos mesmos em um arquivo de texto pronto para a correção e ao final chegou-se aos seguintes resultados por modelo:

Tabela 1 - Resultados dos modelos

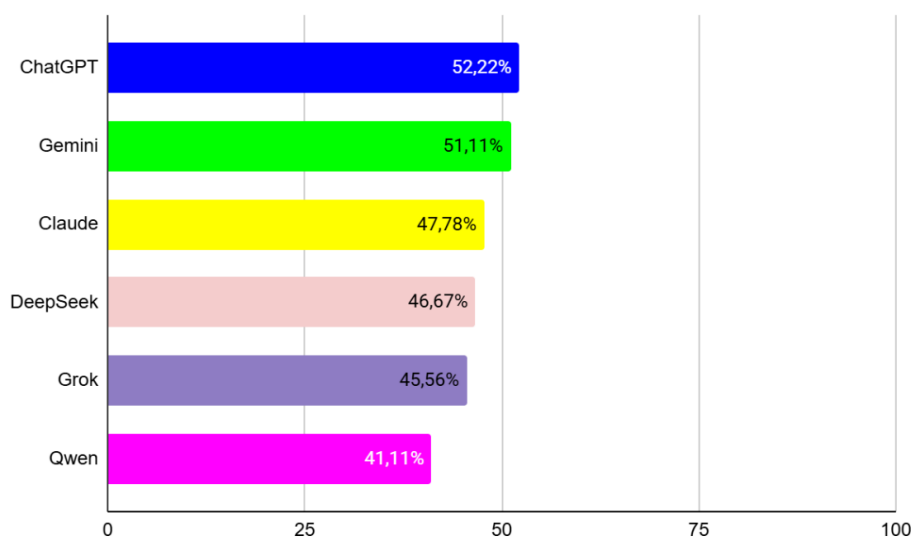
Pergunta	ChatGPT	Claude	Gemini	Qwen	Grok	DeepSeek
1	1	0,5	1	0,5	0,5	0
2	1	1	1	1	1	1
3	0,5	0,5	0,5	0	0	0
4	1	0,5	1	0,5	1	0,5
5	1	0	0	0,5	0	0,5
6	1	0	0	0	1	0
7	1	1	1	1	1	1
8	1	0,5	1	1	0	1
9	1	1	1	1	1	1
10	1	0,5	1	0,5	1	0,5
11	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
12	0,5	0,5	0,5	1	0	0,5
13	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
14	1	1	1	0,5	1	1
15	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
16	0,5	1	0,5	0	0,5	0
17	1	1	0	1	1	1
18	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
19	1	1	1	0	0,5	0,5
20	0	0	0	0	0	0,5
21	1	0,5	0,5	0,5	1	1
22	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
23	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	1	1	0

Pergunta	ChatGPT	Claude	Gemini	Qwen	Grok	DeepSeek
25	0	0	0	0	0	0
26	1	1	0,5	1	1	1
27	0	0	0	0	0	0
28	1	1	1	1	1	1
29	0,5	0,5	0,5	0	0,5	0,5
30	1	1	1	0,5	1	1
31	0,5	0	0,5	0	0,5	0,5
32	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
33	0	0	1	0	0	0
34	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,5
35	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5
36	0	0	0	0	0	0
37	0,5	1	0,5	0,5	0,5	0,5
38	0	0	0	0	0	0
39	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
40	0	0	0	0	0	0
41	0,5	0,5	1	1	0,5	0,5
42	0	0	0,5	0	0	0,5
43	0	1	0	0	0	1
44	0	0	1	0	0	0
45	0	0	0	0	0	0
TOTAL	23,5 (52,22%)	21,5 (47,78%)	23 (51,11%)	18,5 (41,11%)	20,5 (45,56%)	21 (46,67%)

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Para auxiliar na visualização dos resultados foi construído gráfico que segue:

Figura 1 - Comparativo entre os diferentes LLMs



Fonte: Dados da pesquisa (2026).

As respostas geradas pelos modelos podem ser visualizadas no Apêndice C.

4.1 ANÁLISE QUALITATIVA DOS LLMS

Ao final da avaliação à conclusão é que neste momento a IA, não é competente o suficiente para ser um assistente de engenharia, o que não impede, que num futuro próximo, seja possível, em razão de que estão em atualização constante. Atualmente podem ser usadas, mas com cautela e revisão, sendo um auxiliar para encontrar respostas mais rápido, porém deve-se buscar a referência para revisão. Possivelmente, alguns pontos podem-se utilizar para melhorar a precisão, como textos curtos, perguntas unitárias pois a IA consegue processar melhor poucas perguntas por vez, melhorando a eficiência, mas não isentando a conferência.

4.1.1 ChatGPT

Ao utilizar o ChatGPT da OpenAI, pode-se notar que mesmo utilizando no *prompt* inicial que deveria se ater a normas aplicadas no estado de Santa Catarina, e sempre referenciar todas as respostas, a LLM não referenciou todas as respostas, utilizou algumas fontes não confiáveis ou desatualizadas e normas de fora do estado. Algumas respostas eram superficiais, ou com palavras que não passavam credibilidade como possivelmente. Houve perguntas que a LLM não respondeu. No entanto foi a LLM que melhor pontuou, talvez por serem respostas curtas, a probabilidade de erro foi diminuída, no entanto não é uma LLM (ao menos na versão gratuita), que entrega as respostas mais completas ou com informações extras.

Um exemplo que pode ser citado é na Questão 44. “Num posto de saúde, tem se instalado uma placa de sinalização de saída á 19 m de visualização, qual seria as dimensões mínimas aceitas para esta placa de saída?” A respostas se encontra na página 8 da IN 13 (CBMSC, 2022) cita que:

Figura 2 - Dimensões de SAL

Anexo A - Dimensões da SAL

Tabela 1 – Dimensões da SAL ^{1,2}

Dimensões da SAL	
 Medidas em milímetros (L x H) ³	Distância de visualização (em metros)
200 x 100 mm	6,3 m
240 x 120 mm	7,6 m
300 x 150 mm	9,5 m
400 x 200 mm	12,6 m
600 x 300 mm	19 m
700 x 350 mm	22,1 m
1000 x 500 mm	31,6 m
NOTAS 1 A tabela 1 apresenta valores de referência para algumas medidas predefinidas. 2 As dimensões utilizadas são exemplos de algumas medidas encontradas no mercado brasileiro. Outras dimensões podem ser utilizadas, sempre levando em consideração o cálculo de distância máxima de visualização. 3 Legenda: L = largura e H = altura	

Fonte: Adaptado de ABNT NBR 16.820:2020.

Fonte: Adaptado de CBMSC (2022)

No entanto a resposta do ChatGpt foi:

Figura 3 - Resposta do ChatGPT

44. Placa saída – visualização 19 m

Conforme NBR 13434:

$$L = D \cdot 20 \quad L = \frac{D}{20} \quad L = 20D$$

Para:

$$D = 19 \text{ m} \quad D = 19 \text{ m} \quad D = 19 \text{ m}$$

Resultado:

$$L \approx 0,95 \text{ m} \quad L \approx 0,95 \text{ m} \quad L \approx 0,95 \text{ m}$$

Fonte: Dados da pesquisa (2025)

Demonstrando assim, que o ChatGPT, não foi capaz de chegar a um resultado satisfatório.

4.1.2 Claude

Ao aplicar a LLM da Anthropic, o Claude observou-se alguns diferenciais gerou um arquivo em formato .doc, percebeu-se que o modelo poderia analisar memórias e plantas (não foi feito o teste porque não poderia ser feito comparativo com as outras LLM's que não possuem essa opção). Todas as respostas foram referenciadas (norma utilizada), no entanto não

o modelo informou de qual site a informação foi retirada, não podendo assim verificar a confiabilidade da fonte consulta pela LLM. Todos os retornos foram apresentados com justificativas e dicas, de forma bastante completa, porém nem todas foram corretas, o que pode levar ao usuário a uma falsa confiabilidade. Ocorreram alguns erros grosseiros, como um caso específico de erro na divisão da ocupação. O modelo teve muita dificuldade em interpretar dados em tabelas, e por esse motivo acabou errando diversos cálculos.

Como exemplo na questão 42. “Quais são os parâmetros mínimos de um posto de saúde, que torna obrigatório a utilização de alarme automático de incêndio?”.

Segundo a IN1 parte 2 (CBMSC, 2024b), postos de saúde pertencem ao Grupo H, e todos os pertencentes ao grupo H, necessitam de alarme de incêndio. No entanto o Claude respondeu na questão 42;

Figura 4 - Resposta do ChatGTP

Questão 42: Parâmetros mínimos de um posto de saúde que tomam obrigatório o alarme automático de incêndio.

Conforme IN 14/CBMSC e NBR 17240:2010:

Para o Grupo I (saúde – postos de saúde, ambulatórios, clínicas):

Parâmetro	Limiar para exigência do SDAI
Área total construída	$\geq 500 \text{ m}^2$
Número de pavimentos	≥ 2 pavimentos (qualquer área)
Presença de leitos de internação (I-1)	Qualquer área – alarme sempre obrigatório
Centro cirúrgico / UTI	Qualquer área – alarme sempre obrigatório
UPA (Unidade de Pronto Atendimento)	Qualquer área – alarme sempre obrigatório

Resumo: posto de saúde sem leitos, térreo e com área $< 500 \text{ m}^2$ pode ficar isento. Acima de 500 m^2 ou com qualquer nível de internação → alarme obrigatório.

► IN 14/CBMSC – Detecção e Alarme | NBR 17240:2010 | IN 1/CBMSC – Grupo I

Fonte: Dados da pesquisa (2026)

Cometeu um erro grosseiro, identificando como grupo I, e informa que poderia ficar isento por ter área menor de 500 m^2 , podendo levar ao profissional ao erro, pois é obrigatório a todos do Grupo H.

4.1.3 Gemini

Na aplicação Gemini do Google, verificou-se que a foi apontado a norma utilizada, mas não informando o site buscado. Um erro que pode ser citado foi o de apontar a norma incorreta, na referência. Observou-se que ao copiar as respostas para arquivos .doc do Microsoft Word e

mesmo do Google Docs, as fórmulas foram apresentadas desconfiguradas, dificultando a interpretação do usuário.

Figura 5 - Resposta do Gemini do Google®

44. Dimensões mínimas para placa de sinalização de saída visível a 19 metros

- **Fundamentação:** IN 12/CBMSC e NBR 13434.
- **Fórmula de dimensionamento:** $A \geq \frac{L^2}{2000}$, onde L é a distância de visualização.
 - $A \geq \frac{19^2}{2000} = \frac{361}{2000} = 0,1805 \text{ m}^2$.
- **Dimensão da placa:** Para alcançar uma área de aproximadamente $0,18 \text{ m}^2$, se adotarmos uma proporção retangular padrão ($2:1$ de base e altura), a placa deverá ter dimensões aproximadas mínimas de $60 \text{ cm} \times 30 \text{ cm}$.

Fonte: Dados da Pesquisa (2026)

Como ponto positivo, o modelo apresentou além de respostas objetivas, respostas com soluções e boas justificativas. Entretanto em algumas questões em que a resposta era uma lista de itens, a LLM não conseguiu informar todos. Além de também errar cálculos por dificuldade em interpretar tabelas.

4.1.4 Qwen

O modelo aberto chinês Qwen foi o que apresentou menor desempenho, teve dificuldade em interpretar tabelas, confundiu palavras parecidas ocasionando erro na resposta. Classificou uma das ocupações de forma incorreta, e transferiu este erro para questões sequenciais. De ponto positivo, esse modelo referenciou e apontou a origem das respostas, trouxe informações adicionais nas respostas.

Na questão 16 - “Numa escola com 3 pavimentos, 350 m^2 , em cada pavimento, com capacidade para atender 800 alunos por turno, como será sua classificação perante ao CBMSC?”.

Ao responder a LLM Qwen cometeu erro básico classificando a edificação de forma errônea. Como visto na figura que segue.

Figura 6 - Resposta do Qween

16. Escola (3 pavimentos, 350m²/pav, 800 alunos/turno)	
• Classificação (IN-01 Parte 2):	
○ Ocupação: E-5 (Escolar geral)	
○ documentoscblmsc.cblm.sc.gov.br	
○	
○ Nível de risco: Médio (carga de incêndio 30-120 kg/m²)	
○ Complexidade: Alta (≥3 pavimentos + >500 pessoas)	

Fonte: Dados da Pesquisa (2026)

A pergunta fala em escola, e não em creche, que segundo a IN 1 parte 2, deverá ser classificada como E1, ao contrário da resposta do Qween, que classificou a ocupação como E5.

Figura 7 - Dados da norma

E	Educacional e cultura física	E-1	Escola em geral
		E-2	Escola especial
		E-3	Espaço para cultura física
		E-4	Centro de treinamento profissional
		E-5	Pré-escola
		E-6	Escola para portadores de deficiências

Fonte: Adaptado (CBMSC, 2024b)

4.1.5 Grok

Quanto a aplicação do modelo Grok da empresa XAI (antigo Tweeter), não teve todas as respostas referenciadas, e para as que foram não foi indicado a origem. Em algumas repostas indicou a normativa correta, no entanto não foi capaz de calcular apesar de ter encontrado a fórmula correta. Ainda apresentou perguntas não respondidas, e as respostas no geral foram curtas, em sua maioria sem informações complementares, ou justificativas, em algumas, apesar de acertar a resposta errou na justificativa. Quando a resposta se encontrava em tabelas não conseguiu ter uma clara interpretação.

Na questão 20. Em escolas qual o caminhamento máximo até os extintores? IN 6, informa duas respostas conforme o tipo de extintor escolhido, sob rodas ou portatil, sendo 30 m no máximo para extintor portátil e 45 m para extintor sob rodas, porém a resposta do Grok foi:

Figura 8 - Resposta do Grok:

20. Caminhamento máximo até extintores em escolas

15 metros (IN 6 - Extintores).

Fonte: Dados da Pesquisa (2026)

4.1.6 DeepSeek

A LLM chinesa Deepseek, foi a que mais demorou para gerar as respostas, no entanto demonstra o raciocínio utilizado, esse modelo possui uma aba onde pode ser verificado as fontes pesquisadas, ele foi capaz de orientar o usuário para verificar o site. Em algumas respostas foi mostrado o link para acessar a fonte pesquisada. Para as questões com cálculo, realizou parcialmente o passo a passo. Quando a questão exigia lista de itens, como os sistemas preventivos de uma ocupação específica, não foi capaz de apresentar todos os sistemas exigidos para aquela ocupação. Foi deficitário em analisar tabelas contidas nas IN.

No geral os modelos tiveram mais erros em comum que acertos, a maior dificuldade é com tabelas, e notas (quando tem um número ou asterisco, indicando que possui uma observação para aquele apontamento), as LLM's não conseguem ligar a nota ao conteúdo e acabam por ignorar as mesmas. Todas as LLM's tiveram dificuldade com as tabelas. A maioria teve dificuldade em interpretar e aplicar as fórmulas.

Além disso, instruções normativas, leis constantemente sofrem alteração, por este motivo é de suma importância que a busca seja em sites oficiais para que seja sempre o mais atual, no entanto não é algo que a LLM leva em consideração.

Conclui-se como resposta da questão problema de que pode auxiliar no dia a dia do engenheiro, desde que as respostas sejam conferidas, pois a porcentagem de acerto ainda está muito abaixo do necessário, como pode ser verificado na Figura 1. Contudo as LLM's estão em constante atualizações, o que possa no futuro a se tornar um auxiliar mais competente, que possa agilizar o tempo e produção.

Na questão 6: “Numa comunidade haverá uma festa religiosa, a ser realizada no centro comunitário, cujo espaço é de 12 m de frente e 24 m de profundidade, qual a lotação máxima permitida segundo a IN24, do CBM SC, considerando uma porta principal de 3m x 3m (de elevação), e a porta lateral de 2,1 m x 2m?”.

A resposta do Deepseek foi:

Figura 9 - Resposta do Deedseek:**6. Centro comunitário (12x24 m, área 288 m²): lotação máxima (IN 24) considerando portas (3 m e 2,1 m)?**

De acordo com o Anexo da IN 24:

- Cálculo pela área: $288 \text{ m}^2 / 0,70 \text{ m}^2 \text{ por pessoa} = 412 \text{ pessoas}$.
- Verificação pelas portas (IN 09): A largura total das portas é de $3,0 \text{ m} + 2,1 \text{ m} = 5,1 \text{ m}$. Capacidade de escoamento: $5,1 \text{ m (Largura)} / 0,60 \text{ m (Unidade de Passagem UP)} = 8,5 \text{ UPs} \cong 8 \text{ UPs}$. $8 \text{ UPs} \times 75 \text{ pessoas por UP} = 600 \text{ pessoas}$.
- Lotação máxima: 412 pessoas (a área é o fator limitante).

Fonte: Dados da Pesquisa (2026)

A resposta deveria ser segundo a IN 1 Parte 2 e IN9: 576 pessoas, pois com área de 288 m² vezes 2 pessoas por metro quadrado dariam 576, poderia diminuir caso o espaço seja ocupado por mesas e cadeiras, o que não está informado na questão.

Figura 10 - Dados da norma

F	Local de Reunião de Público	F-5	Arte cênica e auditório	Teatros em geral, cinemas, óperas, auditórios de estúdios de rádio e televisão, auditórios em geral e assemelhados
		F-6	Clubes sociais e diversão	Salões de festa (buffet), centro de eventos, restaurantes dançantes, clubes sociais, bingo, bilhares, tiro ao alvo, boliche e assemelhados
		F-7	Construção provisória	Circos, palcos, estruturas temporárias diversas
		F-8	Local para refeição	Restaurantes, lanchonetes, bares, cafés, refeitórios, cantinas e assemelhados
		F-9	Recreação pública	Jardim zoológico, parques recreativos e temáticos, parques aquáticos e assemelhados
F ^{3,9}	F-3 F-6 ¹⁰ F-7	2 pessoas/m ² da área para público		

10 Em locais onde existam mesas e cadeiras para refeição em conjunto com pistas de dança, ou similares, como: restaurantes, "restaurantes dançantes", salão de festas, entre outros, o parâmetro para cálculo de população é de 1 pessoa por 0,67 m² de área.

Fonte: Adaptado de CBMSC (2024b)

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para resolução da pesquisa foi feito um processo de levantamento das normativas do Corpo de Bombeiros de Santa Catarina. Seguido disso foi construído um questionário completo, gabaritado com 45 questões para aplicação dos LLMs. Utilizando os conceitos de prompts de LLMs foi feito um prompt completo para ser aplicado previamente nos modelos antes da execução do questionário.

Foi feita a seleção de 6 modelos de LLMs sendo os mais utilizados atualmente, incluindo modelos abertos disponíveis por empresas chinesas. E feito isso foi realizada a execução da pesquisa aplicando o prompt seguido do questionário.

Após cada um dos modelos apresentarem suas respostas, foi feita a correção de cada um dos questionários com nota e análise qualitativa e quantitativa. Depois os dados foram tabulados e apresentados no capítulo de resultados.

Entre as principais dificuldades encontradas na realização desta pesquisa, destaca-se a recente consolidação dos Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs) como tecnologia aplicada. Apesar de a Inteligência Artificial já estar amplamente difundida em diferentes áreas do conhecimento, a literatura científica relacionada aos LLMs ainda se encontra em processo de expansão, com número reduzido de estudos de longo prazo, referências consolidadas e protocolos padronizados de validação. Tal cenário é ainda mais pronunciado na Engenharia Civil, onde as investigações sobre a aplicação desses modelos permanecem incipientes, resultando em limitações quanto à disponibilidade de trabalhos de referência, métricas de avaliação e estudos comparativos que possam servir de base para análises mais abrangentes.

Como sugestão de pesquisas futuras, recomenda-se a reaplicação do mesmo questionário, utilizando versões mais recentes dos modelos de linguagem e ampliando o escopo para ferramentas com recursos computacionais mais avançados, incluindo versões pagas. Considerando a rápida evolução dos LLMs, espera-se que novas capacidades sejam incorporadas, possibilitando resultados mais precisos e consistentes em tarefas relacionadas à análise documental e à interpretação de requisitos normativos.

Além disso, apesar dos desafios para IA, um campo promissor para estudos futuros consiste na avaliação da capacidade dessas ferramentas em analisar plantas baixas, projetos arquitetônicos, projetos preventivos contra incêndio e memoriais descritivos, identificando possíveis inconsistências, não conformidades e oportunidades de melhoria antes da submissão aos órgãos competentes.

A integração entre modelos multimodais, capazes de processar simultaneamente textos, imagens e desenhos técnicos, pode representar um avanço significativo no suporte aos profissionais de engenharia civil envolvidos em processos de aprovação junto ao Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina. Também seria relevante investigar a utilização dessas ferramentas como sistemas de apoio à decisão, comparando seu desempenho com o de profissionais experientes na interpretação das Instruções Normativas do CBMSC, bem como avaliar o impacto dessas tecnologias na redução do tempo de análise, na diminuição de retrabalhos e no aumento da qualidade dos projetos submetidos para aprovação.

REFERÊNCIAS

AEC FOUNDRY. **Can AI Really Read Your Building Plans?** Introducing AECV-Bench. 2025. Disponível em: <https://www.aecfoundry.com/blog/can-ai-really-read-your-building-plans-introducing-aecv-bench>. Acesso em: 29 out. 2025.

AVILA, C. et al. Toward Responsible AI in High-Stakes Domains: A Dataset for Building Static Analysis with LLMs in Structural Engineering. **Data**, v. 10, n. 11, p. 169, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2306-5729/10/11/169>. Acesso em: 29 out. 2025.

BRASIL. **Lei n.º 13.425, de 30 de março de 2017**. Estabelece diretrizes gerais sobre medidas de prevenção e combate a incêndio e a desastres em estabelecimentos, edificações e áreas de reunião de público; altera as Leis nºs 8.078, de 11 de setembro de 1990, e 10.406, de 10 de janeiro de 2002 – Código Civil; e dá outras providências. **D.O.U. de 31/03/2017, p. 1**. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13425.htm. Acesso em: 10 out. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **Instruções Normativas**. Florianópolis, SC, [2024]. Disponível em: <https://www.cbm.sc.gov.br/sci/instrucoes-normativas>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **Norma de Segurança Contra Incêndio**. IN 1 - parte 1. PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVO PROCESSOS GERAIS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO. Florianópolis, SC, 2024a. Disponível em: <https://documentoscblmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/adfd8f664673ae1aa04792c18dd2e178.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **Norma de Segurança Contra Incêndio**. IN 1 - parte 2. PROCEDIMENTOS ADMINISTRATIVOS. SISTEMAS E MEDIDAS DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO. Florianópolis, SC, 2024b. Disponível em: <https://documentoscblmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/0ed63c2310e9ed077a61e82e65fc65e0.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2025.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **Instrução Normativa 13: Sinalização para Abandono de Local (SAL)**. Florianópolis: CBMSC, 2022. Disponível em: <https://documentoscblmsc.cbm.sc.gov.br/uploads/3a2b751318ef2adf0e14e1d1c1bee904.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2026.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DE SANTA CATARINA (CBMSC). **Instruções Normativas**. Florianópolis, SC, [2024]. Disponível em: <https://www.cbm.sc.gov.br/sci/instrucoes-normativas>. Acesso em: 10 nov. 2025.

DUTRA, D. S.; DIAS, J. da S. Desafios e potencialidades do Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) em relação à análise automatizada de projetos preventivos contra incêndio. **Revista Científica do Corpo de Bombeiros Militar de Pernambuco**, Recife, v. 10, n. 32, ed. esp. II, 2024. ISSN 2359-4829. Disponível em: https://www.revistaflammae.com/_files/ugd/08765e_48dd9177b9c94964b1d8e99890c93249.pdf. Acesso em: 29 out. 2025.

IVERSEN, O. **Leveraging large language models for BIM-based automated compliance checking of building regulations**. 2024. Dissertação (Mestrado) – Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, 2024. Disponível em: <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmlui/handle/11250/3149999>. Acesso em: 29 out. 2025.

JOFFE, I.; FELOBES, G.; ELGOUHARI, Y. The framework and implementation of using large language models to answer questions about building codes and standards. In: **Computing in Civil Engineering**. American Society of Civil Engineers, 2025.

JUSTINO, S. H. **Análise dos fluxos e mapeamento dos processos dos projetos de prevenção contra incêndio (PPCI) em unidades multifamiliares junto ao corpo de bombeiros militar de santa catarina**. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança Contra Incêndio e Pânico) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2023. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/248193>. Acesso em: 29 out. 2025.

MADIREDY, Soumya et al. Large Language Model-Driven Code Compliance Checking in Building Information Modeling. **Electronics**, v. 14, n. 11, p. 2146, 2025. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2079-9292/14/11/2146>. Acesso em: 29 out. 2025.

NAKHAE, Ali; ELSHANI, Diellza; WORTMANN, Thomas. A Vision for Automated Building Code Compliance Checking by Unifying Hybrid Knowledge Graphs and Large Language Models. In: **Design Modelling Symposium Berlin**. Springer, Cham, 2024. p. 445-457. Disponível em: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-68275-9_36. Acesso em: 29 out. 2025.

SANTA CATARINA. **DECRETO Nº 1.908, DE 9 DE MAIO DE 2022**. Regulamenta a Lei nº 16.157, de 2013, que dispõe sobre as normas e os requisitos mínimos para a prevenção e segurança contra incêndio e pânico e estabelece outras providências. Florianópolis, 9 de maio de 2022. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/sc/decreto-n-1908-2022-santa-catarina-regulamenta-a-lei-n-16157-de-2013-que-dispoe-sobre-as-normas-e-os-requisitos-minimos-para-a-prevencao-e-seguranca-contraincendio-e-panico-e-estabelece-outras-providencias>. Acesso em: 05 set. 2025.

SANTA CATARINA. **DECRETO Nº 3465, DE 19 DE AGOSTO DE 2010**. Regulamenta a lei nº 15.124, de 19 de janeiro de 2010, que fixa exigências mínimas de segurança para estabelecimentos ou eventos de grande concentração pública e regula a atividade de brigadista particular no estado. Florianópolis, 19 de agosto de 2010b. Disponível em: <https://leisestaduais.com.br/sc/decreto-n-3465-2010-santa-catarina-regulamenta-a-lei-n%C2%BA-15124-de-19-de-janeiro-de-2010-que-fixa-exigencias-minimas-de-seguranca-para-estabelecimentos-ou-eventos-de-grande-concentracao-publica-e-regula-a-atividade-de-brigadista-particular-no-estado>. Acesso em 10 set. 2025.

SANTA CATARINA. **LEI Nº 16.157, DE 7 DE NOVEMBRO DE 2013**. Dispõe sobre as normas e os requisitos mínimos para a prevenção e segurança contra incêndio e pânico e estabelece outras providências. Florianópolis, 7 nov. 2013. Disponível em: <https://leis.alesc.sc.gov.br/ato-normativo/18572>. Acesso em: 05 set. 2025.

SANTA CATARINA. **LEI Nº 15.124, de 19 de janeiro de 2010**. Fixa exigências mínimas de segurança para estabelecimentos ou eventos de grande concentração pública e regula a atividade de brigadista particular no Estado de Santa Catarina. Florianópolis, 19 de janeiro de

2010a. Disponível em: <https://leis.ale.sc.gov.br/ato-normativo/17141>. Acesso em: 10 set. 2025.

ZOTING, Shivani *et al.* **Large Language Model Market Size, Share and Trends 2025 to 2034**. Precedence Research, 2025. Disponível em: <https://www.precedenceresearch.com/large-language-model-market>. Acesso em: 05 nov. 2025.