

**CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL
DEPARTAMENTO DE ENSINO, PESQUISA, CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DIRETORIA DE ENSINO
CENTRO DE ESTUDOS DE POLÍTICA, ESTRATÉGIA E DOCTRINA
CURSO DE ALTOS ESTUDOS PARA OFICIAIS**

TEN-CEL QOBM/Comb. DANILLO ALVIN MENDES E SILVA



**A POSSIBILIDADE DO USO ESTRATÉGICO DA INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA DE INOVAÇÃO NA SEGURANÇA
CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO: UMA ABORDAGEM APLICADA AO
DESEG/CBMDF**

**BRASÍLIA
2025**

TEN-CEL QOBM/Comb. **DANILLO ALVIN MENDES E SILVA**

**A POSSIBILIDADE DO USO ESTRATÉGICO DA INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA DE INOVAÇÃO NA SEGURANÇA
CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO: UMA ABORDAGEM APLICADA AO
DESEG/CBMDF**

Artigo científico apresentado ao Centro de Estudos de Política, Estratégia e Doutrina como requisito para conclusão do Curso de Altos Estudos para Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federa.

Orientador: TEN-CEL RRm QOBM/Comb. **IVONALDO ALMEIDA GUIMARÃES**

**BRASÍLIA
2025**

TEN-CEL QOBM/Comb. **DANILLO ALVIN MENDES E SILVA**

**A POSSIBILIDADE DO USO ESTRATÉGICO DA INTELIGÊNCIA
ARTIFICIAL COMO FERRAMENTA DE INOVAÇÃO NA SEGURANÇA
CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO: UMA ABORDAGEM APLICADA AO
DESEG/CBMDF**

Artigo científico apresentado ao Centro de Estudos de Política, Estratégia e Doutrina como requisito para conclusão do Curso de Altos Estudos para Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federa.

Aprovado em: ____/____/____.

BANCA EXAMINADORA

RODRIGO BRANDÃO DE ARAUJO – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Presidente

RODRIGO ALMEIDA FREITAS – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Membro

IGOR MUNIZ DA SILVA – Ten-Cel. QOBM/Comb.
Membro

IVONALDO ALMEIDA GUIMARÃES – Ten-Cel. RRm QOBM/Comb.
Orientador

RESUMO

Esta pesquisa analisa a viabilidade do uso estratégico da inteligência artificial (IA) para a gestão do conhecimento técnico e normativo no Departamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico (DESEG) do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF). Adota-se uma abordagem aplicada, de caráter exploratório-explicativo, e método dedutivo. Como procedimentos, realiza revisão de literatura; levantamento do panorama nacional de uso de IA nos Corpos de Bombeiros por meio de questionários, e a análise qualitativa de estudos de caso com a empresa TARGET e o Tribunal de Contas da União (TCU); análise documental com ferramenta de IA do tipo Geração Aumentada por Recuperação (RAG) aplicada a pareceres técnicos do DESEG; e um estudo comparativo de desempenho entre militares (analistas de projetos e agentes fiscalizadores) e IA. O levantamento, com 26 corporações, indica elevado interesse institucional (92,31%), porém estágio inicial de adoção: 65,38% não utilizam IA, 26,92% estão em estudo e 7,69% em implementação, sendo que nenhuma instituição conseguiu ainda viabilizar um sistema corporativo de inteligência artificial. Os estudos de caso evidenciam ganhos de eficiência, padronização e apoio decisório (TARGET e ChatTCU), e ressaltam requisitos de segurança da informação, validação humana e gestão de dados. Na análise documental, a RAG mostrou limitações com grande volume (191 documentos) e bom desempenho com amostra reduzida (42 pareceres), permitindo extrair estatísticas gerenciais de grande informação para a gestão documental do DESEG. No teste comparativo de desempenho, que mensurou a acurácia e o tempo de resposta de uma ferramenta de IA do tipo RAG em contraste com analistas de projetos e agentes fiscalizadores do CBMDF ao responderem questões normativas de complexidade variada, os resultados demonstraram que a IA alcançou uma acurácia geral superior (81,25%) à média dos especialistas humanos (73,63%) além de um expressivo ganho de tempo nas respostas das perguntas (18 minutos e 15 segundos). A análise qualitativa revelou que, enquanto os militares mostraram proficiência em questões de consulta direta, a performance da IA foi superior em tarefas de carga cognitiva, como a interpretação de notas de exceção em normas e a execução de cálculos complexos. Conclui-se que a adoção de IA é viável e recomendável para sistematizar e recuperar conhecimento técnico-normativo no DESEG, com potencial de reduzir tempos de análise, mitigar erros e apoiar a tomada de decisão, desde que acompanhada de políticas de governança de dados, capacitação e validação técnica. Recomenda-se a realização de projeto-piloto institucional, definição de diretrizes de contratação e expansão do uso de ferramentas de IA para o DESEG e demais setores do CBMDF.

Palavras-chave: Administração pública. Gestão do Conhecimento normativo. Inteligência Artificial. Normas Técnicas. Segurança Contra Incêndio.

ABSTRACT

This research analyzes the feasibility of strategically using artificial intelligence (AI) for the management of technical and normative knowledge within the Department of Fire and Panic Safety (DESEG) of the Military Fire Brigade of the Federal District (CBMDF). It adopts an applied, exploratory-explanatory approach and a deductive method. The procedures include a literature review; a national survey on AI use in Brazilian Fire Brigades; a qualitative analysis of case studies with the company TARGET and the Federal Court of Accounts (TCU); a document analysis using a Retrieval-Augmented Generation (RAG) AI tool applied to DESEG's technical reports; and a comparative performance study between military personnel (project analysts and inspection agents) and the AI. The survey of 26 fire departments indicates high institutional interest (92.31%) but an early stage of adoption, as 65.38% do not use AI, 26.92% are in the study phase, and 7.69% are in implementation, with no institution having yet managed to deploy a corporate artificial intelligence system. The case studies show gains in efficiency, standardization, and decision support (TARGET and ChatTCU) and highlight the requirements for information security, human validation, and data management. In the document analysis, the RAG tool showed limitations with a large volume of documents (191) but performed well with a reduced sample (42 reports), allowing for the extraction of valuable managerial statistics for DESEG's document management. In the comparative performance test, the results demonstrated that the AI achieved a higher overall accuracy (81.25%) than the human experts (73.63%), in addition to a significant time gain in answering the questions (18 minutes and 15 seconds). The qualitative analysis revealed that while military personnel showed proficiency in direct-query questions, the AI's performance was superior in high-cognitive-load tasks, such as interpreting exception clauses in norms and performing complex calculations. It is concluded that the adoption of AI is feasible and recommended to systematize and retrieve technical-normative knowledge in DESEG, with the potential to reduce analysis times, mitigate errors, and support decision-making, provided it is accompanied by data governance policies, training, and technical validation. Recommendations include conducting an institutional pilot project, defining procurement guidelines, and expanding the use of AI tools to DESEG and others sectors of the CBMDF.

Keywords: Artificial Intelligence. Fire Safety. Normative Knowledge Management. Public Administration. Technical Standards.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
2 DESENVOLVIMENTO	9
2.1 Revisão de literatura	9
2.1.1 Conceito e entendimento da Inteligência Artificial.....	10
2.1.1.1 Conceito geral de Inteligência Artificial	10
2.1.1.2 A evolução da Inteligência Artificial.....	12
2.1.1.3 Utilização de geração aumentada por recuperação (RAG) como ferramenta de IA14	
2.1.2 Aplicação da Inteligência Artificial no setor público.....	15
2.1.2.1 A Inteligência Artificial na gestão do conhecimento	15
2.1.2.2 A utilização da Inteligência Artificial nos setores públicos do Brasil.....	16
2.1.2.3 Desafios encontrados na implementação da IA no setor públicos	17
2.2 Metodologia	19
2.2.1 Classificação da pesquisa	19
2.2.2 Classificação segundo os procedimentos técnicos	20
2.2.2.1 Pesquisa bibliográfica.....	20
2.2.2.2 Levantamento.....	20
2.2.2.3 Estudo de caso.....	21
2.2.2.4 Análise Documental.....	21
2.2.2.5 Estudo de caso comparativo: Desempenho Humano vs. IA.....	22
2.3 Resultados e discussão	22
2.3.1 Análise do panorama atual dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil.....	23
2.3.1.1 Interesse institucional e estágio de adoção da IA	23
2.3.1.2 Desafios encontrados na implementação da IA.....	26
2.3.1.3 Governança da IA dentro das instituições.....	26
2.3.2 Análise das entrevistas com o estudo de caso: A solução de IA da empresa TARGET e do Tribunal de Contas da União (TCU).....	27
2.3.2.1 Arquitetura, funcionalidades e aplicação.....	27
2.3.2.2 Benefícios concretos e desafios enfrentados.....	29
2.3.2.3 Governança e confiança na informação.....	30
2.3.3 Levantamento de dados por meio de pareceres técnicos.....	31
2.3.4 Teste comparativo de desempenho entre IA e analistas de projetos e agentes	

fiscalizadores.....	35
2.3.4.1 Resultado de assertividade e tempo do teste comparativo de aplicado.....	46
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	48
REFERÊNCIAS.....	51
APÊNDICES	54

1 INTRODUÇÃO

A inteligência artificial (IA) tem desempenhado um papel cada vez mais estratégico no aprimoramento da gestão pública, especialmente em áreas que demandam análise de grandes volumes de dados e decisões baseadas em conhecimento técnico-normativo. Essa ferramenta vem sendo implementada em órgãos do setor público do Brasil de forma a gerar eficiência, celeridade e melhor desempenho de serviços prestados à sociedade.

O Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (CBMDF) ainda não utiliza ferramentas de IA de forma a auxiliar nos serviços prestados por parte do Departamento de Segurança Contra Incêndio (DESEG). Setor esse que desempenha funções estratégicas dentro da corporação como realização de vistorias técnicas, criação e elaboração de normas técnicas, análises de projetos de segurança contra incêndio e perícias de incêndio. Todas essas atividades demandam vasto conhecimento normativo e técnico que é utilizado tanto pelas equipes especializadas quanto pela sociedade que fazem parte do sistema de prevenção contra incêndio

Apesar da existência de tecnologias emergentes como a inteligência artificial, com crescentes aplicações em outras instituições públicas para organização e recuperação de conhecimento especializado, o DESEG ainda não dispõe de uma solução estruturada que explore esse potencial. Há, portanto, uma lacuna entre a demanda por eficiência e inovação na segurança contra incêndio e a ausência de ferramentas capazes de organizar, integrar e disponibilizar o conhecimento técnico de forma inteligente. A dificuldade de acesso e consulta a normas, pareceres e laudos técnicos afeta diretamente não apenas os agentes fiscalizadores, mas também projetistas e a população que precisa de orientações claras e padronizadas. A possibilidade de uma ferramenta que permita uma consulta técnica mais eficiente, acessível e assertiva traz um avanço tecnológico fundamental para as atividades de segurança contra incêndio e pânico.

A partir dessa constatação, formula-se o seguinte problema de pesquisa: **É viável a utilização da inteligência artificial para contribuir na gestão do conhecimento técnico e normativo no âmbito do DESEG/CBMDF?**

Neste cenário, a presente pesquisa se justifica por propor uma abordagem estratégica e inovadora para o uso da inteligência artificial na gestão do conhecimento técnico-normativo do DESEG/CBMDF. A capacidade da IA de organizar grandes volumes de dados, identificar padrões e gerar respostas automatizadas pode ser aplicada para qualificar o acesso às normas técnicas, pareceres e informações críticas no contexto das atividades do DESEG. A adoção de soluções baseadas em inteligência artificial pode representar um avanço institucional importante, contribuindo para reduzir o tempo de tramitação de processos, padronizar exigências, auxílio em dúvidas da sociedade e realização de buscas automáticas dos conhecimentos normativos.

Ao investigar fundamentos teóricos, experiências institucionais e a viabilidade de implantação de uma ferramenta de IA, o trabalho visa subsidiar decisões da alta gestão da Corporação, contribuindo para o cumprimento de objetivos do Planejamento Estratégico 2025–2030, com foco em inovação, eficiência institucional e excelência no atendimento à sociedade.

Para garantir resultados relevantes para a futura utilização do uso de IA nos serviços prestados pelo DESEG, esse estudo tem como objetivo geral: analisar a possibilidade do uso estratégico da inteligência artificial como ferramenta de gestão do conhecimento técnico e normativo no âmbito do DESEG/CBMDF. Para que esse propósito fosse alcançado, os seguintes objetivos específicos foram definidos:

1. Estudar os fundamentos da inteligência artificial aplicados à gestão do conhecimento técnico-normativo, elencando seus benefícios estratégicos e os principais desafios enfrentados em sua adoção.
2. Investigar experiências de uso de inteligência artificial em instituições públicas ou correlatas para gestão e alcance do conhecimento normativo.
3. Analisar a capacidade de uma ferramenta de Inteligência Artificial em extrair informações estratégicas e estatísticas a partir de documentos não estruturados, como os pareceres técnicos normativos do Departamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico - DESEG do CBMDF.
4. Aplicar e comparar o desempenho de uma ferramenta de Inteligência Artificial do tipo RAG com o desempenho de analistas de projetos e agentes

fiscalizadores do CBMDF na consulta e resposta a questões técnicas e normativas, mensurando métricas de tempo e acurácia.

É importante destacar que a pesquisa não focou na forma e nos meios como o CBMDF deve realizar a contratação de um sistema de inteligência artificial. Esse desafio ainda precisa ser estudado, representando um desdobramento natural deste trabalho. A condução dessa próxima etapa caberá a equipes de planejamento interdisciplinar, compostas por militares do DESEG e da DITIC e do DEAF, para que o CBMDF possa institucionalizar a aquisição contratual da ferramenta.

Dessa forma, a delimitação do escopo do estudo focou em destacar se a utilização da ferramenta é possível dentro do contexto técnico do DESEG, e quais as possíveis utilizações para o desenvolvimento da gestão dos processos do departamento.

2 DESENVOLVIMENTO

O desenvolvimento dessa pesquisa aborda a revisão de literatura, na qual o conceito de IA e a sua aplicação à gestão pública foram estudados; a metodologia que definiu os procedimentos utilizados para chegar aos objetivos esperados; e, por fim, as análises dos resultados e a discussão dos elementos obtidos durante a busca de conhecimento deste trabalho.

2.1 Revisão de literatura

A inteligência artificial é definida como a capacidade de sistemas computacionais em simular comportamentos inteligentes, como aprendizado, raciocínio e tomada de decisão. Nas últimas décadas, sua aplicação estratégica em ambientes complexos tem ganhado destaque por permitir a automação de tarefas cognitivas, a análise de grandes volumes de dados e a geração de recomendações otimizadas (Russell; Norvig, 2020).

A fim de contextualizar e fundamentar este estudo, a revisão bibliográfica abordará dois grandes eixos temáticos. O primeiro eixo trata do conceito e entendimento da Inteligência Artificial, revisitando definições clássicas e modernas, bem como sua evolução histórica e os principais paradigmas tecnológicos

associados. O segundo eixo foca na aplicação da Inteligência Artificial no setor público, examinando como essa tecnologia vem sendo utilizada para otimizar processos de gestão, quais são as dificuldades encontradas para sua utilização e como a ferramenta pode promover inovação e melhorar a oferta de serviços à sociedade.

2.1.1 Conceito e entendimento da Inteligência Artificial

2.1.1.1 Conceito geral de Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial pode ser definida como o ramo da ciência da computação que se ocupa do desenvolvimento de sistemas capazes de realizar tarefas que, até recentemente, dependiam da inteligência humana, como aprendizado, raciocínio, percepção e tomada de decisões. Em outras palavras, é um sistema que processa informações com um propósito (Dignum, 2019). Segundo Russell e Norvig (2020), a IA é o estudo de agentes que percebem seu ambiente e agem de forma a maximizar suas chances de sucesso. Essa definição amplia a ferramenta para além da simples automação, incorporando também aspectos de adaptação, estratégia e comportamento inteligente.

Para Russell e Norvig (2020), a IA pode ser compreendida sob quatro perspectivas distintas: sistemas que agem como humanos, pensam como humanos, pensam racionalmente e agem racionalmente. Cada uma dessas abordagens representa diferentes tradições dentro da área e orienta distintas estratégias de desenvolvimento.

A abordagem dos sistemas que agem como humanos está relacionada à tentativa de reproduzir comportamentos observáveis em pessoas, como comunicação em linguagem natural, tomada de decisões e capacidade de aprendizado adaptativo. Já a perspectiva que busca pensar como humanos está ancorada em modelos cognitivos e psicológicos, incluindo introspecção, observação comportamental e até técnicas de neuroimagem para compreender e simular processos mentais (Russell; Norvig, 2020).

Na vertente da IA que pensa racionalmente, o foco está no raciocínio lógico e formal, por meio do uso de regras e inferências válidas que permitem a resolução de problemas com base em proposições e conclusões plausíveis. Por sua vez, a ideia de agir racionalmente está ligada à construção de agentes autônomos capazes de tomar decisões e executar ações com base na percepção do ambiente, adaptando-se dinamicamente para atingir metas estabelecidas.

Nesse sentido, um sistema inteligente é definido como um agente que percebe seu ambiente por meio de sensores e age sobre esse ambiente por meio de atuadores, com o objetivo de maximizar seu desempenho com base em uma função de objetivos, portanto procura-se não replicar a mente humana, mas construir sistemas eficazes que tomam decisões inteligentes diante de situações complexas, com base em dados, lógica e adaptabilidade (Russel; Norvig, 2020).

Não obstante, a Inteligência Artificial pode ser classificada em três métodos: IA simbólica, IA conexionista e IA evolucionária. Esses métodos estão relacionados às diferentes formas de modelar e operacionalizar o comportamento inteligente das máquinas, refletindo também a evolução histórica da área.

A IA simbólica, dominante nas décadas de 1970 e 1980, utiliza lógica formal para representar conhecimento, sendo eficaz em domínios com regras bem definidas, como sistemas especialistas (Russel; Norvig, 2020).

A IA conexionista, por sua vez, é representada pelas redes neurais artificiais. Inspirada na arquitetura do cérebro humano, essa abordagem constitui a base para técnicas modernas de *machine learning* e *deep learning*, nas quais o conhecimento é adquirido a partir do reconhecimento de padrões em grandes volumes de dados. Seu uso tem se mostrado eficiente em tarefas de classificação, previsão e processamento de linguagem natural (Goodfellow; Bengio; Courville, 2016).

Já a IA evolucionária apoia-se em princípios da biologia evolutiva, utilizando algoritmos genéticos e outras estratégias baseadas em seleção natural para buscar soluções otimizadas por meio de ciclos sucessivos de variação e adaptação. Essa abordagem é particularmente útil em problemas de planejamento e otimização de sistemas complexos (Eiben; Smith, 2015).

Eiben e Smith (2015) destacam que esses paradigmas não são mutuamente exclusivos. Nas aplicações contemporâneas, observa-se um movimento crescente em direção à IA híbrida, na qual abordagens simbólicas são integradas a redes neurais e a algoritmos evolucionários, ampliando o poder explicativo, adaptativo e decisório dos sistemas inteligentes.

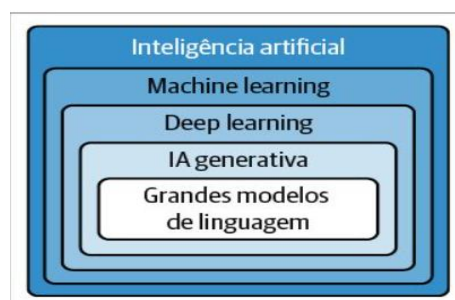
2.1.1.2 A evolução da Inteligência Artificial

A história da Inteligência Artificial remonta à década de 1950, quando Alan Turing propôs a ideia de que máquinas poderiam pensar e criar soluções a partir de problemas lógicos. Em 1956, o termo “inteligência artificial” foi estabelecido oficialmente durante a Conferência de Dartmouth, nos Estados Unidos, sendo considerada o marco fundador da área (Russel; Norvig, 2020).

Russell e Norvig (2020) destacam que nas décadas seguintes, o desenvolvimento da IA passou por períodos de entusiasmo e estagnação, conhecidos como “invernos da IA”. Inicialmente dominada por métodos simbólicos (baseados em regras lógicas), a IA foi sendo transformada com o advento de novas técnicas, como redes neurais e sistemas especialistas. A partir dos anos 2000, a Inteligência Artificial passou por uma transformação impulsionada por três fatores principais: o aumento da capacidade de processamento computacional, a disponibilidade massiva de dados (*big data*) e os avanços em algoritmos de aprendizado.

A partir disso para entender sua evolução, Taulli (2024) destacou que a IA é o termo mais abrangente que engloba os sistemas que conseguem representar tarefas com qualidades semelhantes à inteligência humana, conforme figura 1 abaixo.

Figura 1 – Abrangência da Inteligência Artificial



Fonte: Taulli (2024)

O primeiro passo foi o desenvolvimento e a consolidação de técnicas como o *machine learning* (aprendizado de máquina), que consiste em treinar modelos a partir de dados, permitindo que esses sistemas aprendam com exemplos e façam previsões ou decisões com base em novos dados (Domingos, 2018).

O próximo salto evolutivo foi dado com o *deep learning* (aprendizado profundo), um subcampo do *machine learning* baseado em redes neurais artificiais com múltiplas camadas. Essas redes são capazes de extrair características complexas de dados não estruturados, como imagens, sons e textos, superando métodos tradicionais em tarefas de classificação, reconhecimento e interpretação semântica (Goodfellow; Bengio; Courville, 2016).

Foi dentro dessa revolução do *deep learning* que surgiu um novo marco: as inteligências artificiais generativas. Essas tecnologias são baseadas em modelos generativos, especialmente os Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLMs), capazes de produzir texto, imagens, códigos, e outros formatos de conteúdo (Taulli, 2024). Entre os modelos mais emblemáticos estão o GPT-3 e o GPT-4, desenvolvidos pela OpenAI, que deram origem a sistemas como o ChatGPT, lançados ao público em 2022.

Esses modelos utilizam arquiteturas de *transformers*, que revolucionou a forma como as redes neurais lidam com sequências de dados, especialmente na área de Processamento de Linguagem Natural (PLN). O GPT-3, por exemplo, foi treinado com centenas de bilhões de palavras, resultando em uma IA capaz de compreender contextos complexos e gerar respostas com coerência textual surpreendente (Brown *et al.*, 2020).

Com o lançamento do ChatGPT, os modelos generativos passaram a impactar diretamente setores como educação, saúde, segurança pública, administração pública e inovação organizacional. No setor público, sua adoção está em expansão, com aplicações em resposta automática a solicitações de cidadãos, suporte normativo, produção de documentos técnicos e análise de pareceres (Malvestiti *et al.*, 2024).

2.1.1.3 Utilização de geração aumentada por recuperação (RAG) como ferramenta de IA

A Geração Aumentada por Recuperação (*Retrieval-Augmented Generation – RAG*) é uma técnica que combina os recursos de geração de linguagem natural dos modelos de linguagem de grande escala (*LLMs*) com a recuperação contextual de dados externos. Sua principal finalidade é superar limitações típicas dos *LLMs*, como falta de atualização, incapacidade de acessar dados proprietários e propensão a “alucinações” (respostas falsas com aparência plausível) (Databricks, 2024).

A RAG é utilizada para complementar os dados de um *LLM* utilizando de fontes de conhecimentos e documentos pré-existentes que podem ser adicionados à tecnologia de maneira externa. Esses arquivos anexados servem como referência para aumentar a precisão e confiabilidade das respostas da IA. (Oracle, 2024)

A aplicação de RAG exige a construção de bases vetoriais, repositórios especializados em armazenar vetores numéricos que representam semanticamente textos. Por meio de *embedding models*, os documentos e as perguntas dos usuários são convertidos em vetores e comparados matematicamente. Esse processo permite a recuperação semântica, ou seja, baseada em significado e não apenas em palavras-chave. A técnica é particularmente útil para “consultar documentos”, como políticas internas, pareceres técnicos ou legislações (Databricks, 2024).

Dentre os benefícios da utilização de um RAG estão seu caráter de fator precisão, custo-benefício, controle para os desenvolvedores, privacidade e soberania de dados. A precisão trata sobre a possibilidade de a RAG conceder a um *LLM*, fontes confiáveis e que trazem especificamente o assunto a ser abordado, diminuindo a chance de que a IA responda com informações incorretas ou tendenciosas. O custo-benefício está sobre a movimentação de informações necessárias em uma plataforma de IA por *LLM* com relação a uma plataforma de RAG, onde “em vez de transmitir um documento de referência completo de uma só vez a um *LLM*, a RAG envia apenas as partes mais relevantes desse material, diminuindo o tamanho das consultas e aumentando a eficiência”. (Red Hat, 2024, p.4).

A RAG também permite o controle para os desenvolvedores, onde a coleta de feedback e a solução de problemas se torna mais acessível ao usuário. Por fim, a

privacidade e soberania de dados diz respeito à possibilidade que dados sensíveis permaneçam hospedados em hardware próprio (Red Hat, 2024).

2.1.2 Aplicação da Inteligência Artificial no setor público

2.1.2.1 A Inteligência Artificial na gestão do conhecimento

A aplicação da Inteligência Artificial no setor público tem se intensificado nas últimas décadas, motivada pela necessidade de tornar os serviços governamentais mais eficientes, responsivos e centrados no cidadão. As tecnologias de IA oferecem aos governos novas possibilidades de atuação, incluindo automação de processos burocráticos, análise preditiva, melhoria da gestão de conhecimento (GC) e suporte à tomada de decisão baseada em dados (Malvestiti *et al.*, 2024).

Para Malvestiti *et al.* (2024), essa gestão do conhecimento pode ser entendida como um processo que envolve a criação, compartilhamento, o armazenamento e aplicação de conhecimento. Assim, observa-se duas principais perspectivas. A primeira é chamada de fluxo no desenvolvimento organizacional, que promove um aumento do conhecimento com base no armazenamento e maior repositório de informações. A segunda é o fluxo baseado em processos, que aborda a contribuição tecnológica de informações as quais permitem a estimulação da criatividade e criação de novos conhecimentos valorados. Os autores ainda salientam que a essência da GC é permitir que o conhecimento esteja disponível para aqueles que desejam usá-lo.

No campo da gestão do conhecimento dentro das instituições públicas, a IA tem sido utilizada para facilitar a criação, o armazenamento, a recuperação e a disseminação de informações relevantes. Ferramentas inteligentes permitem identificar rapidamente normas aplicáveis, analisar documentos extensos e recomendar pareceres ou decisões com base em documentos normativos preexistentes (Malvestiti *et al.*, 2024). Essa capacidade é especialmente estratégica em setores que lidam com alta complexidade normativa, como a segurança contra incêndio e pânico, objeto deste estudo.

Malvestiti *et al.* (2024) apontam uma série de fatores que podem ser desenvolvidos a partir da utilização da IA pelos gestores públicos. A facilitação da inovação é um ponto abordado, permitindo que as organizações extraíam percepções de suas operações diárias, que podem ser usadas para produzir novas práticas inovadoras. Sugere-se a utilização da IA para uso de plataformas digitais que facilitem o compartilhamento do conhecimento tácito e explícito da organização.

Outro fator apontado é a inovação em governança e participação do cidadão. Os autores destacam que a IA está sendo usada para facilitar o envolvimento dos cidadãos com a organização pública, seja por meio da coleta de feedback da população seja por meio de ferramentas que permitam mais agilidade da comunicação com os serviços oferecidos pela organização. Destacam-se o uso de sistemas de processamento de linguagem natural para atendimento ao cidadão, chatbots para serviços de informação, algoritmos de aprendizado de máquina para análise de risco e priorização de serviços, além de ferramentas para monitoramento em tempo real e auditoria inteligente de processos administrativos (Malvestiti *et al.*, 2024).

Um terceiro fator apontado que pode ser desenvolvido é a superação de desafios estruturais, onde a integração entre IA e a GC podem atenuar os desafios relacionados a burocracias dos serviços públicos e a fragmentação de informações. Permitir centralizar e sistematizar o conhecimento faz com que os agentes públicos tenham acesso mais rápido e confiável às informações necessárias (Malvestiti *et al.*, 2024).

Conforme apontam Russell e Norvig (2020), a IA proporciona aos gestores públicos a possibilidade de lidar com a crescente complexidade dos problemas contemporâneos ao oferecer suporte analítico avançado, capacidade preditiva e automação de tarefas cognitivas que antes demandavam grande esforço humano.

2.1.2.2 A utilização da Inteligência Artificial nos setores públicos do Brasil

A IA tem sido empregada como uma ferramenta estratégica para otimizar a gestão pública, melhorar a prestação de serviços ao cidadão e promover maior transparência e eficiência nos processos administrativos. Segundo Ventura e Jung (2023), o uso de sistemas de IA no setor público brasileiro, especialmente no

Judiciário, representa um marco na busca por maior celeridade processual e racionalização do trabalho humano.

Dentre os casos já utilizados de sucesso encontra-se o trabalho realizado pela Controladoria-Geral da União (CGU) e Tribunal de Contas da União (TCU), onde a IA é utilizada para análise de licitações e editais com o intuito de procurar fraudes e outras irregularidades. O sistema chamado de ALICE (Acrônimo de Análise de Licitações e Editais) utiliza do cruzamento de dados de editais, diário oficial da união, sites de licitações e permite gerar automaticamente mensagens de alerta para a gestão dos órgãos quanto ao risco de contratação e evitar o dispêndio de recursos da União mediante cancelamento ou suspensões de pregões desnecessários ou com indícios de fraudes (Ventura; Jung, 2023).

Outro exemplo da utilização de ferramentas IA é o sistema Victor, desenvolvido pelo Supremo Tribunal Federal (STF) em parceria com a Universidade de Brasília (UnB). O projeto representa uma das iniciativas mais avançadas em IA no setor público nacional (Costa, 2020; Ventura; Jung, 2023). Victor foi concebido com o objetivo de acelerar a tramitação de processos no STF, especialmente por meio da triagem automatizada de recursos extraordinários.

A ferramenta é capaz de ler automaticamente todos os recursos que chegam ao tribunal e identificar aqueles vinculados a temas de repercussão geral — tarefa que antes podia levar até dois anos para ser concluída manualmente. Entre outras funcionalidades, destacam-se a conversão de imagens em texto, a separação e classificação de peças processuais, e a antecipação do juízo de admissibilidade com base na repercussão geral (Costa, 2020).

Além da celeridade, a adoção do Robô Victor proporcionou impactos significativos na alocação de recursos humanos, permitindo que servidores fossem realocados para atividades mais complexas e estratégicas e isso resultou em ganhos de eficiência e racionalização de esforços institucionais (Costa, 2020).

2.1.2.3 Desafios encontrados na implementação da IA no setor públicos

Embora a inteligência artificial apresente inúmeras possibilidades para modernização da administração pública, sua implementação enfrenta desafios de

ordem técnica, organizacional, ética e cultural. A adoção dessas tecnologias não se resume à aquisição de softwares ou à automação de tarefas, mas implica uma reestruturação profunda na maneira como as instituições gerenciam conhecimento, tomam decisões e interagem com a sociedade (OECD, 2023).

Um dos principais entraves está relacionado à qualidade dos dados utilizados. Como os sistemas de IA aprendem a partir de grandes volumes de dados, a existência de bases fragmentadas, desatualizadas ou enviesadas pode comprometer a eficácia e a imparcialidade dos resultados gerados. Welsh (2020) alerta que os sistemas de *machine learning* treinados com dados humanos tendem a refletir os vieses culturais, sociais e institucionais presentes nas bases originais, o que representa um risco especialmente sensível em contextos públicos que exigem equidade e isonomia.

Nesse sentido, Dignum (2019) aponta a importância da aprendizagem das ferramentas de inteligência, ou seja, cada ferramenta deve ser orientada para gerar um certo resultado. Não seria viável então alimentar uma IA com informações e normativas que divergem daquelas trabalhadas pela organização e esperar resultados plausíveis. Em outras palavras, essa IA organizacional necessita de treinamento prévio e constante para gerar dados.

O Guia da Secretaria de Governo Digital (SGD) desenvolvido pelo Serviço Federal de Processamento de Dados (SERPRO), com a participação dos demais membros do Núcleo de IA do Governo, destaca que um aspecto essencial para a adoção responsável de inteligência artificial generativa na administração pública está na escolha entre modelos fechados e abertos. Os modelos fechados, geralmente desenvolvidos por grandes empresas como OpenAI, Google e Anthropic, oferecem soluções otimizadas, com desempenho elevado em tarefas generalistas, sendo amplamente utilizados por meio de plataformas comerciais. Esses modelos são acessíveis, demandam menor infraestrutura local e são eficientes em aplicações como assistentes virtuais, geração de textos e automação de atendimentos. Contudo, operam como “caixas-pretas”, com pouca transparência e pouca margem para customização, além de geralmente exigirem o envio de dados para servidores externos, o que implica riscos à privacidade, soberania dos dados e conformidade com a Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD) (Brasil, 2023).

Os modelos abertos, como os desenvolvidos pela Meta, Mistral AI ou DeepSeek, permitem maior controle, customização e auditabilidade, podendo ser executados em servidores locais. Essa característica os torna particularmente atrativos para instituições públicas que trabalham com informações sensíveis ou desejam construir soluções mais alinhadas aos seus contextos normativos e operacionais (Brasil, 2023).

De acordo com a *Recommendation of the Council on Artificial Intelligence* da OCDE (2019), governos devem assegurar que o uso da IA respeite princípios como transparência, segurança, proteção de dados e supervisão humana, sendo fundamental que a infraestrutura crítica do Estado, inclusive seus dados técnicos e operacionais, seja tratada com responsabilidade proporcional ao seu risco estratégico.

Além disso, conforme destaca Dignum (2019), o compartilhamento de dados com plataformas externas pode expor vulnerabilidades institucionais, seja por falhas na anonimização, seja pela possibilidade de uso indevido dos dados para fins comerciais, políticos ou de vigilância. A autora enfatiza que a adoção de IA em contextos governamentais exige uma política clara de governança de dados, com critérios definidos sobre o que pode ou não ser compartilhado, auditado e reutilizado por terceiros.

Por isso é importante considerar que a implantação da IA exige planejamento estratégico e liderança institucional comprometida com a inovação. A experiência internacional demonstra que os melhores resultados ocorrem quando o uso da IA está alinhado a metas organizacionais claras, monitorado por indicadores de desempenho e integrado a políticas públicas sustentáveis (Wirtz; Muller, 2019).

2.2 Metodologia

2.2.1 Classificação da pesquisa

Quanto à natureza do trabalho, conforme a classificação dada por Prodanov e Freitas (2013), o trabalho é uma pesquisa do tipo aplicada uma vez que procurou-se gerar produtos e processos com finalidade imediata para utilização no CBMDF, além de utilizar conhecimentos e tecnologias existentes para elaboração.

A fim de alcançar os objetivos propostos neste artigo, o método utilizado na pesquisa foi o dedutivo. Conforme Gil (2008) destaca, esse método parte de princípios verdadeiros para chegar a conclusões formais. Isso implica dizer que o levantamento de informações, dados e resultados colhidos durante a pesquisa apontaram para a solução do problema relacionado à possibilidade do uso da IA para gerar resultados práticos na gestão normativa do DESEG.

Quanto à classificação do nível da pesquisa de acordo com seu objetivo, este trabalho é do tipo exploratório e explicativo, pois visa proporcionar informações sobre o assunto investigado e o aprimoramento da possibilidade da utilização da IA, além de buscar experimentalmente a utilização da ferramenta no CBMDF (Prodanov; Freitas, 2013; Gil, 2017).

Quanto à abordagem, a pesquisa é quali-quantitativa porque mede o desempenho com números (acurácia e tempo) e, ao mesmo tempo, analisa qualitativamente o contexto e os motivos através de entrevistas e análise de documentos (Assis, 2009).

2.2.2 Classificação segundo os procedimentos técnicos

2.2.2.1 Pesquisa bibliográfica

Foi feita uma pesquisa bibliográfica para entender os conceitos básicos de Inteligência Artificial, buscando em livros referências sobre a aplicação e evolução da ferramenta. Assim como buscou-se entender, por meio de outros estudos de pesquisa, quais foram os resultados da utilização de ferramenta de IA nos setores públicos.

2.2.2.2 Levantamento

Foi realizado questionário, entre os dias 01 de julho até o dia 3 de agosto de 2025, com todos os Corpos de Bombeiros do Brasil, a fim de avaliar se alguma corporação já realiza o uso de ferramentas de IA ou está desenvolvendo seu uso para auxiliar na gestão normativa dos processos das áreas técnicas de Segurança Contra Incêndio.

2.2.2.3 Estudo de caso

De forma complementar ao trabalho, foi estruturada uma entrevista com um gestor da área de inteligência artificial de uma plataforma que realiza a divulgação de normas da ABNT – Empresa Target, assim como uma entrevista com a equipe de desenvolvimento de tecnologia em IA do TCU. Essas entrevistas foram de suma importância para entender as possibilidades já existentes do uso de IA tanto no setor privado quanto no setor público.

2.2.2.4 Análise Documental

Para alcançar o terceiro objetivo deste trabalho, esta etapa da pesquisa consistiu na análise da capacidade da Inteligência Artificial em processar e sistematizar informações de pareceres técnicos normativos do DESEG, que são documentos internos com um vasto conhecimento não estruturado. O objetivo deste teste foi ir além da simples busca factual, avaliando se a ferramenta seria capaz de extrair informações estratégicas e estatísticas, capazes de auxiliar a tomada de decisão do comando da Corporação.

É importante destacar que a ferramenta escolhida para realizar esse teste se deu devido às limitações tecnológicas inerentes às plataformas de IA disponíveis. Como o DESEG possui um total de 191 pareceres técnicos catalogados, ferramentas mais conhecidas, como o ChatGPT da OpenAI e o Gemini do Google, possuem uma capacidade de análise restrita a um número limitado de arquivos por vez, o que inviabilizou o processamento de um grande volume de documentos. Dessa forma, uma ferramenta de IA do tipo RAG, o NotebookLM, foi utilizada no teste.

As questões formuladas para a ferramenta de IA visaram verificar a sua capacidade de realizar análises temáticas e estatísticas, fazendo o levantamento e classificação dos pareceres gerados; a análise do resultado real dos pareceres estudados; o vínculo com o plano estratégico na solução para o aprimoramento dos serviços técnicos e a relevância que os estudos podem fornecer a tomada de decisões dos gestores do DESEG.

2.2.2.5 Estudo de caso comparativo: Desempenho Humano vs. IA

Para alcançar o quarto objetivo de comparar o desempenho humano e da IA, a pesquisa adotou uma abordagem de estudo de caso comparativo. Um questionário foi aplicado a todos os 21 analistas de projetos e todos os 20 agentes fiscalizadores do CBMDF.

Este instrumento, de natureza quantitativa, foi um teste de conhecimento sobre questões técnicas e normativas da área aplicado aos 41 militares. As perguntas do teste técnico foram elaboradas com base em um conjunto de normas e instruções técnicas do CBMDF, exigindo respostas objetivas. Os militares puderam consultar livremente qualquer documento ou norma necessários para a resolução das questões (com exceção ao uso de IA) e, durante a aplicação, foi medido o tempo que cada militar levou para responder todas as perguntas. As respostas também foram avaliadas quanto à sua acurácia, ou seja, a conformidade com as normativas vigentes.

Paralelamente, as mesmas questões técnicas foram submetidas a ferramenta de Inteligência Artificial do tipo RAG. A ferramenta escolhida foi a IA NotebookLM da empresa Google, em sua versão paga. A tecnologia é capaz de fornecer informações específicas sobre documentos que são anexados a ela. Possui a capacidade de criar um banco de informações com até 300 arquivos anexados. Como o CBMDF possui 35 normas técnicas, a ferramenta foi capaz de absorver 100% dos normativos.

A IA foi testada de forma controlada, e foram registradas as respostas geradas e o tempo computacional e humano necessário para produzir e obter as soluções das referidas questões. Por fim, os dados de tempo e acurácia de ambos os grupos – os militares e a IA – foram comparados para analisar a eficiência e a precisão de cada um na gestão do conhecimento técnico-normativo.

2.3 Resultados e discussão

Para atingir os objetivos da pesquisa, este capítulo foi estruturado em quatro etapas. Inicialmente, foi realizada um levantamento junto aos Corpos de Bombeiros Militares de todo o Brasil, com o intuito de analisar o panorama atual de uso e a percepção dos militares sobre ferramentas de IA nos serviços de segurança contra incêndio e pânico. Em seguida, a pesquisa aprofundou-se por meio de um estudo de

23 caso, com a realização de entrevistas junto à empresa TARGET, e outra com o núcleo de tecnologia do TCU, organizações os quais atuam como um benchmark de sucesso na gestão de normas, buscando identificar desafios e benefícios práticos de uma solução similar.

A terceira etapa consistiu na análise da capacidade da IA de processar e sistematizar informações de pareceres técnicos normativos do DESEG. Foram então aplicadas questões que demandam da IA a extração de dados e a geração de respostas estatísticas, demonstrando sua aptidão para lidar com a gestão do conhecimento em formato de texto não estruturado.

Posteriormente, e de forma a consolidar os achados anteriores com dados concretos, foi conduzido um teste comparativo de desempenho. Uma ferramenta do tipo RAG foi submetida a questões normativas, e seus resultados foram comparados com o desempenho de militares que atuam na área. Esta etapa teve como foco mensurar o tempo e a acurácia de ambos os grupos, fornecendo dados empíricos sobre a viabilidade técnica e a eficiência de uma solução baseada em IA.

2.3.1 Análise do panorama atual dos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil.

A análise dos dados coletados por meio do questionário aplicado a todos os Corpos de Bombeiros Militares do Brasil – que contou com 26 instituições respondentes para as questões iniciais sobre interesse e uso de IA – revelou um panorama sobre o cenário atual e as perspectivas futuras da adoção da Inteligência Artificial (IA) na segurança contra incêndio e pânico. As informações obtidas permitiram compreender o nível de interesse institucional, os principais desafios enfrentados na implementação e as áreas mais visadas para a aplicação dessa tecnologia, fornecendo subsídios para cumprir os objetivos propostos pelo estudo.

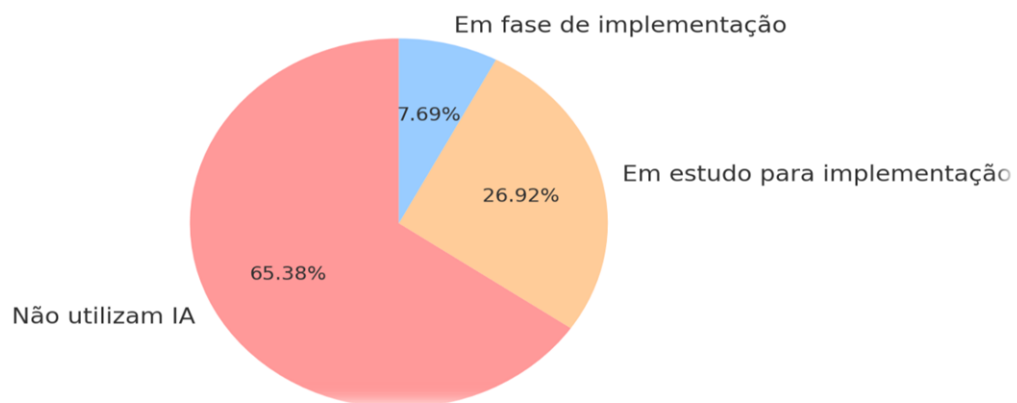
2.3.1.1 Interesse institucional e estágio de adoção da IA

Os resultados do questionário indicam um alto interesse institucional na adoção de ferramentas de IA por parte das corporações de bombeiros. Conforme os dados, 92,31% das instituições (24 de 26) demonstraram algum nível de interesse em adotar IA. Desse total, 23,08% (6 instituições) consideram a IA como uma prioridade alta,

enquanto a grande maioria, 69,23% (18 instituições), tem interesse, mas ainda sem previsão definida para a implementação. Apenas 3,85% (1 instituição) não possui interesse e 3,85% (1 instituição) não soube informar. Esse cenário reflete um reconhecimento generalizado do potencial da IA que destaca a capacidade da tecnologia em otimizar os processos prestados pelos setores de segurança contra incêndio.

Apesar do expressivo interesse, a adoção efetiva da IA ainda se encontra em fases iniciais na maioria das instituições brasileiras. O Gráfico da figura 2 demonstra que 65,38% (17 instituições) ainda não utilizam IA em seus processos relacionados à segurança contra incêndio e pânico. Um percentual significativo de 26,92% (7 instituições) já se encontra em fase de estudo para implementação de soluções, e 7,69% (2 instituições) já estão em fase de implementação. Contudo, nenhuma instituição ainda conseguiu viabilizar um sistema oficial de inteligência artificial.

Figura 2 – Gráfico do o uso de ferramentas de IA nos corpos de Bombeiro Militares do Brasil



Fonte: O autor

Para as instituições que já utilizam ou estão estudando a implementação de IA (9 instituições no total), os objetivos que mais motivam a adoção da tecnologia estão fortemente relacionados à busca por eficiência e modernização dos serviços. Os principais objetivos citados foram: modernizar o serviço (7 menções), automatizar tarefas repetitivas (6 menções) e aumentar a padronização técnica (5 menções). Outras avaliações importantes incluíram reduzir tempo de análise (4 menções) e melhorar o acesso do público externo (4 menções). Esses fatores demonstram que,

na visão dos gestores dos Corpos de Bombeiros dos diferentes Estados, a utilização da IA pode atenuar os desafios relacionados à burocracia e fragmentação de informações nos serviços públicos.

Não obstante, as 9 instituições que já estão na fase de desenvolvimento para utilização de ferramentas de IA indicam um foco claro na otimização da interação com o público e na gestão do conhecimento técnico. As áreas mais citadas para o uso da IA são: atendimento ao público externo (8 menções) e análise de projetos de segurança contra incêndio (5 menções). Outras áreas mencionadas foram elaboração de pareceres técnicos (2 menções), gerenciamento de dados normativos (2 menções), realização de vistorias técnicas (1 menção) e análise de dados estatísticos (1 menção).

É importante destacar os dois Estados que citaram estar na fase de implementação. O Corpo de Bombeiros Militar do Paraná (CBMPR) apontou que a implementação está voltada para a realização de atendimento ao público por meio de uma ferramenta de Chatbot do Whatsapp, o qual visa a solução de problemas simples da população sem a necessidade de interação humana. Já o Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina (CBMSC) apontou que a implantação está voltada ao uso das ferramentas já desenvolvidas no mercado, como: Chat GPT, Gamma App, Collect chat. A inovação a ser implementada é o uso institucionalizado dessas ferramentas de IA em interfaces que permitam aos usuários a terem respostas viáveis para questões de segurança contra incêndio.

Não obstante, cabe ressaltar que o CBMDF possui implementado o sistema de Chatbot do aplicativo Whatsapp. Tal ferramenta é desenvolvida para fornecer respostas pré-programadas ao usuário externo. Trata-se então de uma codificação realizada pela equipe técnica que visa orientar a busca de informações gerais sobre a segurança contra incêndio no CBMDF, buscas como: qual o telefone da diretoria de investigação; qual o horário de atendimento das diretorias, entre outros. Ou seja, não é um serviço de inteligência artificial generativa, escopo deste trabalho.

2.3.1.2 Desafios encontrados na implementação da IA

A pesquisa evidenciou que a implementação da IA no setor de segurança contra incêndio e pânico enfrenta uma série de desafios diversos. Isso sugere que não há um desafio predominante, mas sim uma gama de obstáculos que as instituições enfrentam. Os desafios mais comuns, com base nas respostas, incluem:

- **Custos:** Mencionados de diversas formas, como "custo das ferramentas de terceiros", "custo de investimento em hardware de alta performance", "custos e sustentabilidade da solução" e "assinaturas das ferramentas". A "questão orçamentária" e a "dificuldade financeira" também foram citadas, reforçando que o aspecto financeiro é um entrave significativo.
- **Mão de obra e Conhecimento:** A "falta de qualificação" e a "falta de conhecimento das ferramentas e funcionalidades" foram apontadas como barreiras importantes. Destacando a importância da aprendizagem e do treinamento constante para que as ferramentas de IA gerem resultados plausíveis e alinhados aos objetivos organizacionais.
- **Questões Técnicas e Administrativas:** Desafios como a "contratação de API para uso de LLM e controle de parâmetros para evitar alucinações" foram mencionados, evidenciando as complexidades técnicas. A "prioridade da TI nos processos estratégicos institucionais", "desenvolvimento das ferramentas", "capacitação interna e mudança cultural" também foram citados. Essas questões administrativas e culturais são cruciais para a integração bem-sucedida da IA.

2.3.1.3 Governança da IA dentro das instituições.

A pesquisa aponta para uma lacuna na governança da IA dentro das corporações. A maioria das instituições, 61,54% (16 instituições), não possui uma política interna que regule o uso de IA. Uma parcela significativa de 34,62% (9 instituições) "não sabe informar" sobre a existência de tal política, e apenas 3,85% (1 instituição) a têm "em elaboração". A ausência de políticas claras representa um risco, especialmente no que tange à privacidade, soberania dos dados e conformidade com a LGPD (Brasil, 2023), e vai de encontro às recomendações da OECD (2019) sobre a

necessidade de transparência, segurança e supervisão humana no uso da IA.

Os dados levantados pela pesquisa evidenciam um cenário ainda embrionário, mas com potencial de crescimento e grande interesse institucional. Para isso é primordial o incentivo à formulação de políticas internas, investimento em formação técnica e adoção de tecnologias compatíveis com os requisitos de segurança, transparência e responsabilidade pública.

2.3.2 Análise das entrevistas com o estudo de caso: A solução de IA da empresa TARGET e do TCU

Complementando a pesquisa quantitativa aplicada aos Corpos de Bombeiros, realizou-se uma análise de dois estudos de caso para aprofundar o entendimento prático do uso de IA na gestão de conhecimento normativo. O primeiro foi uma entrevista com o coordenador de Inteligência Artificial da empresa TARGET, uma referência no setor privado para a gestão de normas técnicas. A relevância deste caso reside no fato de que a empresa atua como um *benchmark* de sucesso, oferecendo um exemplo das funcionalidades e desafios que uma ferramenta similar poderia enfrentar no CBMDF.

O segundo estudo de caso foi uma entrevista com o Núcleo de Inteligência Artificial (NIA) do TCU, que detalhou a implementação e o uso da ferramenta ChatTCU, um dos principais sistemas de IA do setor público brasileiro. A análise conjunta desses dois casos, um privado e um público, permite validar o objetivo desse trabalho e identificar benefícios e desafios em diferentes contextos de aplicação.

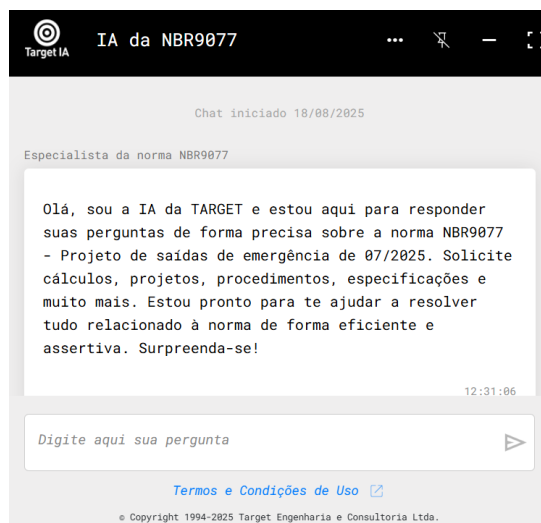
2.3.2.1 Arquitetura, funcionalidades e aplicação

Na entrevista com a empresa TARGET, foi abordado que a solução em IA, denominada Target IA, está em operação desde 2024 e é direcionada a um público-alvo que se alinha com o contexto do CBMDF, incluindo engenheiros, arquitetos e projetistas. A arquitetura da ferramenta, embora confidencial, é baseada em uma combinação de tecnologia interna com a integração a Modelos de Linguagem de Grande Escala (LLM) de terceiros, o que demonstra que a construção de uma solução robusta pode se beneficiar de tecnologias existentes no mercado.

Diferentemente de uma busca tradicional por palavra-chave, a Target IA permite que os usuários façam perguntas em linguagem natural, obtendo respostas precisas, contextualizadas e extraídas diretamente de normas técnicas. Sua função principal é automatizar o processo de consulta, interpretação e aplicação de normas, otimizando o tempo e a eficiência dos profissionais que dela dependem. A equipe confirmou, ainda, que a arquitetura da solução permite a customização para órgãos públicos com normativas próprias, como o DESEG, sendo que a solução já foi implementada em outras instituições públicas com ganhos concretos de agilidade e segurança jurídica.

A figura abaixo demonstra como é a interação da Target IA com o usuário, onde ao acessar cada normativa específica a ferramenta é capaz de fazer uma análise voltada ao conteúdo exposto.

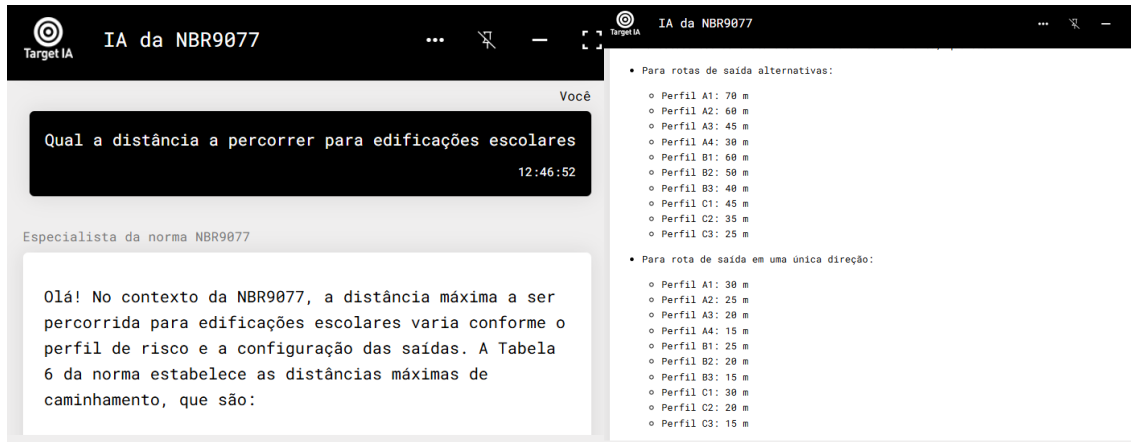
Figura 3 – Demonstração da TARGET IA



Fonte: Área do usuário Target

A figura 4 é um exemplo do resultado do uso da ferramenta dentro de uma norma específica. Demonstrando que a inteligência é capaz de fornecer dados resultados de tabelas normativas, facilitando a busca de informações e o auxílio prático para entendimento mais rápido da legislação.

Figura 4 – Pergunta e resposta utilizando a Target IA



Fonte: Área do usuário Target

De forma análoga, a experiência do TCU com o ChatTCU ilustra uma aplicação robusta no setor público. A ferramenta utiliza modelos de linguagem disponibilizados por três grandes provedores de nuvem (Azure, AWS e Google). Seu público-alvo é prioritariamente interno, incluindo ministros, auditores e servidores, mas seu impacto é ampliado pela disponibilização do código-fonte para outros órgãos da Administração Pública, permitindo que a tecnologia seja adaptada a outras necessidades.

Seu propósito central é facilitar a consulta a normativos, jurisprudência, documentos processuais do sistema e-TCU e outros conteúdos relevantes para o trabalho técnico e administrativo do Tribunal, além da funcionalidade de suporte na interpretação de informações complexas, como auditorias e relatórios, além da capacidade da geração de minutas de atas de reunião e de votos.

O ChatTCU também oferece funcionalidades avançadas, como a capacidade de resumir peças processuais e documentos técnicos, e a possibilidade de o usuário realizar o upload de seus próprios arquivos para fazer perguntas sobre o conteúdo específico desses documentos. A ferramenta também pode ser alimentada com documentos específicos de diferentes áreas de atuação, o que demonstra a flexibilidade de sua arquitetura.

2.3.2.2 Benefícios concretos e desafios enfrentados

A experiência da TARGET forneceu dados concretos que corroboram a tese de que a IA pode gerar ganhos substanciais de eficiência e qualidade. A empresa

observou a redução de até 99% no tempo de resposta a dúvidas normativas, a eliminação de erros por interpretação incorreta e o aumento da produtividade técnica das equipes. Estes resultados reforçam as expectativas de benefícios identificadas na pesquisa com os analistas do CBMDF. No entanto, a TARGET também sublinhou os desafios que foram apontados na pesquisa quantitativa, como a dificuldade em lidar com a interpretação precisa de normas complexas e a resistência inicial de usuários acostumados a métodos manuais.

Esses resultados encontram eco na experiência do setor público com o ChatTCU. Os benefícios concretos observados pelo Tribunal incluem maior eficiência, pela redução do tempo para localizar informações; celeridade na análise de documentos e normativos; e um aumento da qualidade do trabalho, com maior precisão e confiabilidade das análises. Os principais desafios enfrentados pelo TCU, por outro lado, foram garantir a segurança da informação ao usar provedores de nuvem, a necessidade de capacitação dos servidores para que compreendessem as capacidades e limitações da ferramenta, e a superação da resistência inicial de alguns usuários em relação à tecnologia, o que foi superado com treinamento contínuo e demonstração dos benefícios da ferramenta aos usuários.

2.3.2.3 Governança e confiança na informação

Em termos de governança, a entrevista com a TARGET abordou aspectos cruciais para a adoção de uma ferramenta segura no setor público. A empresa confirmou a existência de uma camada de validação humana especializada para garantir que as respostas da IA estejam alinhadas com os documentos oficiais, prática que reforça o resultado da pesquisa quantitativa, na qual a maioria dos analistas afirmou a necessidade de revisão dos resultados. Além disso, a TARGET utiliza uma infraestrutura híbrida com criptografia e controle de acesso, em conformidade com a LGPD, demonstrando que é possível implementar soluções que protejam a soberania da informação.

O TCU, por sua vez, adota um modelo de governança adaptado às suas necessidades como órgão público. Para garantir a segurança, foram firmadas cláusulas contratuais com os provedores de nuvem, assegurando que os dados enviados não sejam armazenados nem utilizados para treinamento. O controle é

reforçado pelo gerenciamento dos *logs* da aplicação exclusivamente pela equipe do TCU. A validação das respostas é realizada pelos próprios usuários, que podem fornecer feedback diretamente na ferramenta, o qual é então analisado pela equipe técnica para o aprimoramento contínuo do ChatTCU.

Em síntese, a experiência da empresa TARGET e do TCU valida a viabilidade técnica e os benefícios potenciais da aplicação de IA para a gestão do conhecimento normativo. Os desafios enfrentados no controle de informações de documentos elaborados pelo tribunal foram superados por meio de acordos com os provedores da tecnologia, o que destaca a necessidade de um planejamento estratégico para a implementação de uma solução na Corporação. Ambos os estudos de caso oferecem um sólido embasamento prático positivo para a pergunta problema desse trabalho acadêmico, sendo que os benefícios encontrados demonstram uma melhora significativa no controle e gestão normativa de suas atividades. Além disso, a equipe do TCU aponta que o código-fonte da ferramenta está disponível para compartilhamento com outros órgãos da Administração Pública.

2.3.3 Levantamento de dados por meio de pareceres técnicos

Este item apresenta os resultados da terceira etapa da pesquisa, focada na análise da capacidade da Inteligência Artificial em lidar com a gestão do conhecimento não estruturado. O objetivo deste teste foi ir além da simples consulta normativa, avaliando se a ferramenta pode ser utilizada para extrair informações estatísticas e de relevância estratégica, capazes de auxiliar a tomada de decisão do comando da Corporação.

No entanto, o desempenho inicial da plataforma NotebookLm, ao ser alimentada com o total de 191 arquivos, não foi satisfatório, gerando dados inconsistentes. Conforme observado na figura 05 abaixo, ficou claro que a ferramenta não é capaz de analisar com veracidade as informações anexadas nessa quantidade de arquivos. Foi observado que, mesmo sendo 191 pareceres técnicos, ao fazer o levantamento estatístico a IA conseguiu fazer a análise de somente 55 arquivos distintos. Esse fato demonstra claramente uma limitação computacional da inteligência, fazendo com que o levantamento de informações ocorra de forma limitada pela quantidade de arquivos anexados à plataforma.

Figura 5 - Quadro da análise de 191 Pareceres Técnicos por meio da IA

Pergunta feita ao NotebookLM	Relevância estratégica
Questão 01 - Dentre todas as 191 fontes anexadas nesse notebook, quantos pareceres existem?	Possuir conhecimento do total de pareceres anexados à ferramenta.
Resposta questão 01	
Com base exclusivamente nas informações contidas nos 191 trechos de documentos anexados nesta conversa, identifiquei 55 Pareceres Técnicos distintos ou documentos de aprovação que funcionam como pareceres.	

Fonte: O autor.

Para superar essa limitação e viabilizar a análise, foi escolhida uma alternativa metodológica de forma a limitar a amostra para um número que a ferramenta fosse capaz de fazer uma análise verdadeira. Dessa forma, foram selecionados os pareceres técnicos gerados dentro do intervalo dos últimos 24 meses pelo DESEG, somando um total de 42 documentos anexados.

A partir dessa nova amostra as questões foram formuladas, conforme a figura 6, e com base no Plano Estratégico do CBMDF, buscando verificar a capacidade da IA em sistematizar o conhecimento contido nos pareceres e, assim, gerar insights para a gestão.

Figura 6 - Quadro da análise de 42 Pareceres Técnicos por meio da IA

Pergunta feita ao NotebookLM	Relevância estratégica
Questão 01 - Dentre todas as 42 fontes anexadas nesse notebook, quantos pareceres existem?	Possuir conhecimento do total de pareceres anexados à ferramenta.
Resposta questão 01	
Com base na análise das 42 fontes fornecidas, confirmo que existem 42 Pareceres Técnicos distintos entre os documentos anexados.	
Questão 02 - De todos os 42 pareceres técnicos analisados, quantos possuem solução "favorável" e quantos possuem solução "desfavorável"?	Possuir conhecimento da taxa de aprovação de demandas oriundas dos conselhos técnicos.
Resposta questão 02	
A estatística dos pareceres é a seguinte: <ul style="list-style-type: none"> • Pareceres Favoráveis: 25 • Pareceres Desfavoráveis: 13 • Pareceres Mistos: 4 Total de pareceres analisados: 42.	

<p>Questão 03 - De todos os 42 pareceres técnicos analisados, quais são os sistemas que mais geraram necessidade de consulta ao Conselho Técnico?</p>	<p>Possuir conhecimento de quais sistemas de combate a incêndio demandam maiores questionamentos decisórios do conselho técnico.</p>
<p>Resposta questão 03</p>	
<p>Com base na análise dos pareceres técnicos fornecidos, a distribuição geral das discussões e decisões por sistema ou medida de combate a incêndio é a seguinte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Chuveiros Automáticos (SPK): 14 pareceres. • Saídas de Emergência: 13 pareceres. • Hidrante de Parede: 10 pareceres. • Detecção e Alarme de Incêndio: 3 pareceres. • População (limitação): 2 pareceres. • Sistemas de Pressurização de Escadas: 2 pareceres. • Brigada de Incêndio: 1 parecer. • Central de GLP: 1 parecer. • Características Construtivas / Classificação: 1 parecer. • Porta Corta-Fogo: 1 parecer. • Sistemas de Supressão Automática (Inovador): 1 parecer 	
<p>Questão 04 – De todos os 42 pareceres técnicos analisados, quais são os tipos de serviço encontrados?</p>	<p>Possuir conhecimento sobre quais tipos de projetos demandam maiores análises do conselho técnico, seja de projeto de arquitetura ou de incêndio.</p>
<p>Resposta questão 04</p>	
<p>Com base na sua solicitação, analisei o campo "TIPO DE SERVIÇO" em todos os 42 pareceres técnicos fornecidos. Abaixo está a classificação e a contagem de cada tipo de serviço, agrupados conforme suas categorias principais:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Projeto de Segurança Contra Incêndio: 27 pareceres <ul style="list-style-type: none"> Projeto de Segurança Contra de Incêndio e Pânico de Modificação: 15 ocorrências Projeto de Segurança Contra de Incêndio e Pânico: 10 ocorrências Projeto de Segurança Contra incêndio e pânico de bem tombado: 1 ocorrência Projeto de Segurança Contra Incêndio: 1 ocorrência • Projeto de Arquitetura: 14 pareceres <ul style="list-style-type: none"> Projeto arquitetônico: 1 ocorrência Projeto arquitetônico de edificação construída, sem licenciamento e passível de regularização: 5 ocorrências Projeto arquitetônico de obra inicial: 6 ocorrências Projeto arquitetônico de edificação em área não regularizada: 1 ocorrência Projeto de arquitetura de obra inicial: 1 ocorrência • Análise de contestação: 1 parecer <ul style="list-style-type: none"> Análise de contestação: 1 ocorrência <p>O total de pareceres analisados é de 42, e as classificações acima somam o mesmo número.</p>	
<p>Questão 05 – Analisando todos os 42 pareceres técnicos, qual informação acha relevante para uma gestão estratégica do alto comando do CBMDF?</p>	<p>Compreender pontos de críticos nos processos de aprovação de projetos de arquitetura e de incêndio.</p>
<p>Resposta questão 05</p>	
<p>Com base na análise dos 42 pareceres técnicos fornecidos e considerando as suas finalidades e os tipos de serviço, algumas informações relevantes para a gestão estratégica do alto comando do CBMDF podem ser destacadas:</p>	

Predominância de Análises de Projeto de Segurança e Arquitetura, com Foco em Modificações e Regularizações:

- A maior parte dos pareceres refere-se a "Projeto de Segurança Contra Incêndio" (27 ocorrências), sendo a maioria (15) para "Modificação", e uma parcela significativa para "Projeto Arquitetônico" (14 ocorrências), com 5 delas para "Edificação Construída, sem Licenciamento e Passível de Regularização" e 6 para "Obra Inicial". Apenas 1 parecer é de "Análise de Contestação".
- Insight Estratégico: Isso indica que uma parte considerável do trabalho do CBMDF está focada na adequação de edificações existentes e na regularização, não apenas em projetos de obras novas. A gestão pode focar em otimizar os processos para essas situações específicas, que tendem a ser mais complexas devido às limitações de infraestrutura e a necessidade de conciliar legislações de diferentes épocas.

Fonte: O autor.

Ao analisar um novo bloco do NotebookLm, agora com 42 fontes, foi percebido que foi possível colher novas informações que agora estão de acordo com os arquivos que foram anexados. Na primeira pergunta a ferramenta foi capaz de identificar os 42 pareceres técnicos diferentes. Já na segunda pergunta foi dado início a uma análise de gestão dos documentos, onde foi informado a quantidade de pareceres que possuem caráter favorável, a quantidade de solução desfavorável e a quantidade de resultados mistos. Fato esse que demonstra qual o cenário estatístico das soluções fornecidas pelo Conselho Técnicos do DESEG.

A resposta da IA para a terceira pergunta, que solicita o levantamento dos sistemas de combate a incêndio mais recorrentes em decisões técnicas, demonstrou a capacidade da ferramenta em realizar a categorização e a sistematização de informações. Identificando que os sistemas de chuveiros automáticos, saídas de emergência e hidrante de parede demandam elevado trabalho do conselho técnico.

Essa capacidade de categorização é de extrema relevância, pois valida a tese de que a IA pode extrair conhecimento estratégico do vasto volume de pareceres, sem a necessidade de uma leitura manual exaustiva. Com tais avaliações é possível perceber, por exemplo, que a falta de atualização da norma de hidrante de parede, Norma Técnica 04/2000-CBMDF, implica em uma grande quantidade de pareceres técnicos.

Não obstante a pergunta 03 em conjunto com a pergunta 04 podem trazer a demonstração de que edificações antigas e edificações de modificações estão relacionadas a um alto número de solicitações de adequação de sistemas complexos, como de chuveiros automáticos. Essa visibilidade pode gerar estudos para a gestão das normas a fim de avaliar portarias e regulamentações que sejam mais claras na

questão das adaptações estruturais, uma vez que, a própria entrada de um pedido de conselho técnico, ocorre quando as normativas não deixam claro como solucionar o imbróglio jurídico.

Em suma, e com base nos questionários realizados é possível compreender que a ferramenta possui uma limitação de arquivos possíveis de serem interpretados quando agrupados. Contudo, ao ajustar a amostra, resultados relevantes são obtidos, sejam eles estatísticos ou mesmo sobre análises qualitativas dos documentos produzidos.

A capacidade de gestão e avaliação dos documentos gerados podem fornecer informações importantes para as tomadas de decisões no âmbito estratégico da segurança contra incêndio, seja para orientar os pontos onde estão acontecendo a maior demanda, seja para auxiliar nas ações futuras a serem traçadas pelas diretorias.

2.3.4 Teste comparativo de desempenho entre IA e analistas de projetos e agentes fiscalizadores.

Este item apresenta os resultados do estudo de caso comparativo de desempenho entre os militares analistas de projetos e agentes fiscalizadores do CBMDF e a ferramenta de Inteligência Artificial NotebookLM. A análise buscou mensurar a eficiência e a precisão de ambos os grupos na consulta e resposta a questões técnicas e normativas.

O questionário do apêndice D aplicado, foi estratificado nos quadros das figuras 7, 8 e 9 abaixo, conforme as respostas das perguntas realizadas. Os quadros possuem as respostas humanas de forma agrupadas, com porcentagem de respostas corretas na cor preta e porcentagem de respostas erradas nas cores vermelha. Posteriormente, apresenta as respostas geradas pela ferramenta de IA. Na sequência os resultados foram discutidos, avaliando o tempo médio de resposta e a acurácia das respostas de cada grupo, com o intuito de fornecer dados empíricos para a avaliação da viabilidade técnica e da aplicabilidade de uma solução de IA na gestão do conhecimento do DESEG.

Figura 7 - Quadro do teste de conhecimento técnico-normativo – Texto da norma

Questão 01
Quais devem ser as dimensões mínimas do abrigo das bombas do sistema de hidrante de parede?
Resposta humana questão 01
<ul style="list-style-type: none"> • 1,50m × 1,50m × 1,50m → 33 respostas (80,49%) <li style="padding-left: 20px;">1,40m × 0,50m → 4 respostas (9,76%) <li style="padding-left: 20px;">1,50m × 1,50m → 2 respostas (4,88%) <li style="padding-left: 20px;">1,40m × 1,50m → 1 resposta (2,44%) <li style="padding-left: 20px;">2,20m × 1,50m × 2,50m → 1 resposta (2,44%)
Resposta IA questão 01
<p>As bombas de incêndio do sistema de hidrantes devem ser localizadas em um abrigo com dimensões mínimas de 1,50m x 1,50m x 1,50m.</p> <p>Para o acesso a este abrigo, as dimensões mínimas devem ser de 1,40m x 0,50m. Se o acesso for por alçapão, as dimensões mínimas são de 0,70m x 0,70m</p>
Questão 02
Em quais situações devem existir extintores portáteis extras na edificação?
Resposta humana questão 02
<ul style="list-style-type: none"> • Quando a edificação possuir riscos especiais → 39 respostas (95,12%) <li style="padding-left: 20px;">Líquidos combustíveis → 2 respostas (4,88%)
Resposta IA questão 02
<p>De acordo com a Norma Técnica nº 003/2015-CBMDF (NT03), extintores portáteis extras devem existir na edificação quando ela possuir riscos especiais.</p> <p>Esses riscos especiais incluem, mas não se limitam a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Casas de caldeiras • Casas de força elétrica • Casas de bomba • Queimadores • Casas de máquinas • Central de GLP • Galerias de transmissão • E similares. <p>A proteção desses locais com extintores portáteis extras é exigida independentemente da proteção geral da edificação.</p> <p>Além disso, para riscos especiais que estão situados em recintos fechados, os extintores portáteis devem ser instalados na parte externa, a uma distância máxima de 5 metros da entrada desses riscos.</p>
Questão 03
Qual deve ser a distância máxima entre o emissor e o receptor em detectores lineares de fumaça?
Resposta humana questão 03
<ul style="list-style-type: none"> • 100 m (e conforme fabricante) → 34 respostas (82,93%) <li style="padding-left: 20px;">7,5 m → 2 respostas (4,88%) <li style="padding-left: 20px;">3,75 m → 2 respostas (4,88%) <li style="padding-left: 20px;">15 m → 2 respostas (4,88%) <li style="padding-left: 20px;">30 m → 1 resposta (2,44%)

Resposta IA questão 03
Conforme a Norma Técnica nº 23/2020-CBMDF (NT-23), a distância entre o emissor e o receptor/refletor em detectores lineares de fumaça não pode exceder a distância máxima citada nas especificações documentadas pelo fabricante . No entanto, essa distância nunca pode ultrapassar 100 metros
Questão 04
Qual a distância máxima a ser percorrida em edificações que são do tipo de cobertura de sapê?
Resposta humana questão 04
<ul style="list-style-type: none"> • 15 m → 36 respostas (87,80%) <li style="padding-left: 20px;">Branco → 3 respostas (7,32%) <li style="padding-left: 20px;">10 m → 1 resposta (2,44%) <li style="padding-left: 20px;">20 m → 1 resposta (2,44%)
Resposta IA questão 04
Conforme a Norma Técnica nº 30/2024-CBMDF, para edificações com cobertura de sapê, a distância máxima a ser percorrida para a saída da edificação não pode ser superior a 15 metros

Fonte: O autor.

Na análise da figura 7, percebe-se que as questões foram elaboradas com base em consulta direta à normativa; ou seja, não foi necessário consultar as tabelas normativas nem elaborar cálculos matemáticos para obter as respostas corretas. Diante disso, percebeu-se que as respostas geradas pelos analistas de projetos e agentes fiscalizadores apresentaram respostas incorretas, tendo uma porcentagem de assertividade de 86,5%. Por outro lado, por estarmos tratando de uma consulta ao texto normativo, a ferramenta de IA conseguiu obter 100% de assertividade durante as quatro perguntas.

Ao analisar tais perguntas, fica claro que o uso de ferramentas de IA, quando bem orientadas, pode favorecer os serviços prestados pelos analistas. Utilizar a IA para solucionar questões de fácil resolução pode aumentar a assertividade das ações dos militares, reduzindo erros em consultas normativas e padronizando entendimentos.

Figura 8 - Quadro do teste de conhecimento técnico-normativo – Raciocínio e entendimento de tabelas normativas

Questão 05
Qual deve ser a RTI para uma edificação do risco B1 com área de 5000m ² ?
Resposta humana questão 05
<ul style="list-style-type: none"> • 9.600 L → 33 respostas (80,49%) <ul style="list-style-type: none"> Branco → 2 respostas (4,88%) 12.300 L → 1 resposta (2,44%) 13.200 L → 1 resposta (2,44%) 12.600 L → 1 resposta (2,44%) 36.600 L → 1 resposta (2,44%) 6.600 L → 1 resposta (2,44%) 120 L → 1 resposta (2,44%)
Resposta IA questão 05
<p>Para uma edificação do risco B1 com área de 5000m², a Reserva Técnica de Incêndio (RTI) deve ser de 9.600 litros.</p> <p>O cálculo é feito da seguinte forma, conforme a Norma Técnica nº 004/2000-CBMDF (NT 004/2000-CBMDF):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. RTI base para risco B1: A Tabela 1 da norma estabelece um volume mínimo de 6.600 litros para edificações de risco B1 com área construída de até 2.500m². 2. Acréscimo por área: Para edificações com área superior a 2.500m², a Tabela 2 indica que, a cada 100m² a mais (ou fração), deve ser acrescida uma quantidade de água específica. <ul style="list-style-type: none"> ◦ A área da edificação em questão é de 5.000m². ◦ O excesso de área em relação aos 2.500m² é de 5.000m² - 2.500m² = 2.500m². ◦ Para o risco B1, a Tabela 2 prevê um acréscimo de 120 litros a cada 100m². ◦ Cálculo do acréscimo: (2.500m² / 100m²) * 120 litros = 25 * 120 litros = 3.000 litros. 3. RTI total: Soma-se o volume base ao acréscimo: 6.600 litros + 3.000 litros = 9.600 litros.
Questão 06
Qual é a classificação do risco de incêndio e o código do risco para aeroportos?
Resposta humana questão 06
<ul style="list-style-type: none"> • Risco B-2 → 41 respostas (100%)
Resposta IA questão 06
<p>Com base na Norma Técnica nº 02/2016-CBMDF (NT02), a classificação do risco de incêndio para edificações do tipo aeroporto é alto.</p> <p>A Tabela 2 do Anexo A da NT02, que determina o risco de incêndio de acordo com as ocupações e usos, lista explicitamente "aeroporto" na coluna de "Risco Alto". No entanto, os trechos das fontes fornecidas não atribuem um código de risco específico (como B1, C1, etc.) diretamente à ocupação "aeroporto". Ele é classificado diretamente sob a categoria geral de "Risco Alto".</p> <p>Esta classificação de risco é utilizada como requisito para a definição do isolamento de risco em edificações e áreas de risco e também pode ser empregada no dimensionamento de extintores e hidrantes de parede</p>
Questão 07
Qual deve ser a distância mínima entre as projeções de duas edificações do tipo B-2 para que elas sejam consideradas isoladas?

Resposta humana questão 07
<ul style="list-style-type: none"> • 5m → 41 respostas (100%)
Resposta IA questão 07
Conforme a Norma Técnica nº 02/2016-CBMDF (NT02), a distância mínima entre as projeções de duas edificações do tipo B-2, para que sejam consideradas isoladas, é de 5,0 metros .
Questão 08
Qual deve ser a distância máxima a ser percorrida até extintores portáteis classe A em edificações de risco Alto?
Resposta humana questão 08
<ul style="list-style-type: none"> • 15 m → 37 respostas (90,24%) • 10 m → 3 respostas (7,32%) • 25 m → 1 resposta (2,44%)
Resposta IA questão 08
Conforme a Norma Técnica nº 003/2015-CBMDF (NT03), a distância máxima a ser percorrida até o extintor portátil para combate a fogos da classe A em edificações de risco Alto deve ser de 15 metros . A Tabela 3 da NT03 detalha as distâncias máximas a serem percorridas para extintores portáteis das classes de fogo A e B, de acordo com o risco da edificação ou área de risco
Questão 09
Qual deve ser a distância máxima entre detectores de fumaça quando a largura do ambiente é de 2m?
Resposta humana questão 09
<ul style="list-style-type: none"> • 12,4 m → 36 respostas (87,80%) • 8 m → 3 respostas (7,32%) • 6 m → 1 resposta (2,44%) • 0 → 1 resposta (2,44%)
Resposta IA questão 09
Conforme a Norma Técnica nº 23/2020-CBMDF (NT-23), a distância máxima entre detectores pontuais de fumaça em um ambiente com largura de 2 metros deve ser de 12,40 metros .
Questão 10
Quais devem ser os sistemas para uma edificação do grupo 08 que tenha área de 6000m ² e altura de 2m?
Resposta humana questão 10
<ul style="list-style-type: none"> • Todos os sistemas (saídas, sinalização, iluminação, extintores, hidrantes, alarme, detecção, chuveiros/SPK e SPDA) → 25 respostas (60,98%) • Parcial (faltando pelo menos 1 sistema do pacote completo) → 15 respostas (36,59%) • Branco → 1 resposta (2,44%)
Resposta IA questão 10
Para uma edificação classificada no grupo 08 (Comércio de grande porte) com área de 6000m² e altura de 2m , os sistemas de segurança contra incêndio que devem ser implementados, conforme a Norma Técnica nº 01/2016-CBMDF (NT-01), são os seguintes: Classificação da Edificação:
<ul style="list-style-type: none"> • Quanto à Ocupação: Grupo 08 - Comércio de grande porte. • Quanto à Altura: Com 2m, a edificação é classificada como Edificação térrea (Código B), pois

sua altura é inferior a 3m.

• **Quanto à Área Total Construída:** Com 6000m², a edificação é classificada como **área total grande (Código H2)**, por estar entre 5000m² e 7000m².

Sistemas de Segurança Contra Incêndio Exigidos:

As medidas de segurança contra incêndio são exigidas conforme a ocupação e uso da edificação. Para o Grupo 08 (Comércio de grande porte), os sistemas são:

- **Saídas de emergência:** São exigidas para edificações do Grupo 08.
- **Sinalização de segurança contra incêndio:** É exigida para edificações do Grupo 08.
- **Iluminação de emergência:** É exigida para edificações do Grupo 08.
- **Extintores de incêndio:** São exigidos para edificações do Grupo 08.
- **Hidrantes:** A instalação é exigida quando a área da edificação for **superior a 1200m²**. Como a área é de 6000m², este sistema é **obrigatório**.
- **Alarme de incêndio:** A instalação é exigida quando a área da edificação for **superior a 1200m²**. Como a área é de 6000m², este sistema é **obrigatório**.
- **Detecção automática:** A instalação é exigida quando a área da edificação for **superior a 5000m²**. Como a área é de 6000m², este sistema é **obrigatório**. A detecção também é exigida se a edificação possuir vãos com área superior a 3000m² que não tenham compartimentação horizontal resistente ao fogo por no mínimo 02 horas, independentemente da altura da edificação.
- **Chuveiros automáticos:** A instalação é exigida quando a área da edificação for **superior a 5000m²**. Como a área é de 6000m², este sistema é **obrigatório**. Os chuveiros automáticos também são exigidos se a edificação possuir vãos com área superior a 3000m² que não tenham compartimentação horizontal resistente ao fogo por no mínimo 02 horas, independentemente da altura da edificação.
- **Sistema de proteção contra descargas atmosféricas (SPDA):** A instalação é exigida quando a área da edificação for **superior a 1200m²**. Como a área é de 6000m², este sistema é **obrigatório**.
- **Central de GLP:** É uma exigência aplicável às edificações comerciais (Grupo 08). Caso a edificação utilize Gás Liquefeito de Petróleo canalizado, os requisitos da Norma Técnica específica (NT-05/2021-CBMDF) devem ser atendidos

Questão 11

Quais devem ser os sistemas para uma edificação do tipo mista que é composta por um residencial multifamiliar e um comercial que possuam, no total, altura de 20m e área de 50.000m²?

Resposta humana questão 11

- Todos os sistemas com ressalva — detecção e chuveiros apenas na parte comercial → 7 respostas (17,07%)
- Inconclusivo/depende – Depende da área do comercial → 2 respostas (4,88%)
- **Todos os sistemas → 26 respostas (63,41%)**
- **Parcial — falta ao menos 1 sistema a ser mencionado → 6 respostas (14,63%)**

Resposta IA questão 11

Para uma edificação mista (Grupo 51), com residencial multifamiliar (Grupo 02) e comercial (Grupo 08), que possua **altura de 20m** e **área total de 50.000m²**, os sistemas de segurança contra incêndio exigidos pela Norma Técnica nº 01/2016-CBMDF (NT-01) seriam:

- **Saídas de emergência** [NT-01].
- **Sinalização de segurança contra incêndio** [NT-01].
- **Iluminação de emergência** [NT-01].
- **Extintores de incêndio** [NT-01].
- **Hidrantes** [NT-01].
- **Alarme de incêndio** [NT-01].
- **Sistema de Proteção Contra Descargas Atmosféricas (SPDA)** [NT-01].
- **Central de GLP** (se aplicável, para a parte comercial) [NT-01, NT-05].

É importante notar que, apesar do grande porte da edificação e da presença de ocupação comercial

de risco alto (Grupo 08), a NT-01 prevê uma **exceção específica para edificações mistas que incluem o Grupo 02 (residencial multifamiliar)**. Nesses casos, a exigência de **detecção automática e chuveiros automáticos** segue os critérios do Grupo 02, que só os tornam obrigatórios para alturas superiores a 60m. Como a edificação tem 20m de altura, esses dois sistemas **não seriam obrigatórios** [NT-01].

Fonte: O autor.

A figura 8 reúne questões que exigem interpretação normativa, seja por leitura direta de tabelas/requisitos (questões 6, 7, 8 e 9) seja por aplicação de cálculo (questão 5 – RTI). Na questão 5, 80,49% das respostas humanas atingiram o valor correto (9.600 L) e a IA também acertou o dimensionamento, evidenciando utilidade operacional da ferramenta para agilidade e conferência de cálculos normativos.

Na questão 6, entretanto, a IA apresentou interpretação incompatível ao nivelar o “aeroporto” apenas como “Risco Alto” sem associar o código de risco utilizado no contexto do questionário (enquanto os respondentes humanos uniformizaram “B-2”). Isso sinaliza que, mesmo em tarefas aparentemente simples de tabela, a IA pode incorrer em imprecisões de enquadramento e gerar respostas incorretas.

Na questão 11, tanto a IA quanto parte dos respondentes incorreram em erro quanto à exceção normativa de detecção/chuveiros para o residencial multifamiliar em edificações mistas. Trata-se de ponto sensível e fonte recorrente de dúvida, reforçando que o uso da IA requer validação crítica por parte dos analistas e fiscalizadores quando houver exceções ou regras de sobreposição entre ocupações.

Em síntese, o desempenho indica que a IA é especialmente eficaz em tarefas de cálculo e leitura direta (RTI, distâncias, espaçamentos), mas demanda cautela em enquadramentos de ocupação/código e exceções normativas — cenários nos quais a formação continuada e a checagem cruzada com as normas permanecem indispensáveis.

Figura 9 - Quadro do teste de conhecimento técnico-normativo – Questões sobre tabelas e cálculos de saídas de emergência

Questão 12
Edificações do código Y e que possuem uma única saída e sem chuveiros automáticos devem possuir qual distância máxima a serem percorridas?
Resposta humana questão 12

<ul style="list-style-type: none"> • 20 m → 31 respostas (75,61%) • 20/35 m (depende da detecção) → 5 respostas (12,20%) (<i>sem detecção = 20 m; com detecção = 35 m</i>) <ul style="list-style-type: none"> 35 m → 2 respostas (4,88%) 15 m → 2 respostas (4,88%) 60 m → 1 resposta (2,44%)
Resposta IA questão 12
<p>Conforme a Norma Técnica nº 10/2015-CBMDF (NT-10), que trata das Saídas de Emergência, a Tabela 6 - Distâncias máximas a serem percorridas fornece as informações necessárias.</p> <p>Para uma edificação do código Y (edificações em que a propagação ao fogo é difícil) que possui saída única e sem chuveiros automáticos, a distância máxima a ser percorrida é de 20,00 m</p>
Questão 13
<p>Qual o número mínimo de saídas e tipos de escadas para subsolos em uma edificação do grupo 10, com área de pavimento código J, e altura da edificação código A3?</p>
Resposta humana questão 13
<ul style="list-style-type: none"> • 2 PFP → 36 respostas (87,80%) • 2 Saídas → 3 respostas (7,32%) • 1 NE → 1 resposta (2,44%) • Branco → 1 resposta (2,44%)
Resposta IA questão 13
<p>Para uma edificação do Grupo 10 (Serviços profissionais – Agências bancárias), com área de pavimento de subsolo código J (área de pavimento de subsolo inferior a 750 m²), e altura da edificação código A3 (altura ascendente maior ou igual a 6m, a partir do 3º pavimento de subsolo), a Norma Técnica nº 10/2015-CBMDF (NT-10) estabelece o seguinte para o número mínimo de saídas e tipos de escadas para subsolos:</p> <p>De acordo com a Tabela 11 - Número mínimo de saídas e tipos de escadas para subsolos, na seção correspondente a "Serviços prof. (Grupos 09 a 12)", com dimensão em planta "J" e altura "A3 / A4":</p> <ul style="list-style-type: none"> • Número mínimo de saídas: 2. • Tipo de escadas: PFP (escada à prova de fumaça pressurizada). <p>Além disso, a Nota (5) da Tabela 11 reforça que, para edificações que possuam altura ascendente superior a 6m (que é o caso do código A3), é necessário o uso de escadas PFP. Escadas PFP devem ser completamente pressurizadas</p>
Questão 14
<p>Qual o número mínimo de saídas e tipos de escadas para edificações do tipo igreja, área de maior pavimento de 300m², altura total de 7m e que tenha ainda área total da edificação de 700m²?</p>
Resposta humana questão 14
<ul style="list-style-type: none"> • 1 NE (uma escada não enclausurada) → 6 respostas (14,63%) • 1 EP (uma escada protegida/enclausurada/à prova de fumaça) → 23 respostas (56,10%) • 2 EP (duas saídas por escadas protegidas) → 8 respostas (19,51%) • Branco → 2 respostas (4,88%) • "1" (sem especificar tipo) → 1 resposta (2,44%) • "2" (sem especificar tipo) → 1 resposta (2,44%)
Resposta IA questão 14
<p>Com base nas fontes fornecidas, para determinar o número mínimo de saídas e os tipos de escadas para uma edificação com as características informadas, é necessário seguir as classificações e exigências da Norma Técnica nº 10/2015-CBMDF.</p>

Primeiramente, vamos classificar a sua edificação conforme as tabelas presentes nas fontes:

1. **Classificação quanto à Ocupação:** Uma igreja se enquadra no **Grupo 19 (Templos religiosos)**, dentro da categoria "Concentração de público".
2. **Classificação quanto à Área Total Construída (St):** Com uma área total de 700 m², a edificação é classificada como "**Com área total muito pequena**" (**Código F**), pois $St < 750 \text{ m}^2$.
3. **Classificação quanto à Área do Maior Pavimento (Sp):** Com uma área de maior pavimento de 300 m², a edificação é classificada como "**Com pequeno pavimento**" (**Código L**), pois $Sp < 750 \text{ m}^2$.
4. **Classificação quanto à Altura (h):** Com uma altura total de 7 m, a edificação é classificada como "**Edificação baixa**" (**Código C2**), pois $h \geq 6 \text{ m}$. A altura da edificação é definida como a diferença de cota entre o logradouro público e o piso do último pavimento.

Com base nessas classificações, a Tabela 10-A da NT nº 10/2015-CBMDF (cruzando Grupo 19, Dimensão em planta L e Altura C2) indica a exigência de 1 (uma) saída e escada do tipo Enclausurada Protegida (EP).

No entanto, é crucial observar a **Nota 3 da Tabela 10**, que estabelece uma condição específica que altera essa exigência:

"Em edificações com área total muito pequena (P), isto é, com área total inferior a 750 m², admite-se o uso de escadas NE [Escada Não Enclausurada]".

Como a área total da edificação da igreja é de 700 m², ela se enquadra na classificação "Com área total muito pequena" ($St < 750 \text{ m}^2$) e, portanto, pode se beneficiar da flexibilização prevista na Nota 3.

Assim, a resposta correta, considerando todas as informações das fontes, é:

- **Número Mínimo de Saídas: 1 (uma) saída.**
- **Tipo de Escada Exigida: Escada Não Enclausurada (NE).**

Questão 15

Qual a largura de porta, acessos e escadas para uma edificação do grupo 06, que possua área de maior pavimento de 600m²?

Resposta humana questão 15

- Porta 1,0 / Acesso 1,20 / Escada 2,20 → 13 respostas (31,71%)
 - 1,20 m (valor isolado, sem especificar porta/acesso/escada) → 5 respostas (12,20%)
 - Branco → 4 respostas (9,76%)
 - 100 U / 100 → 2 respostas (4,88%)
 - 1,00 m → 2 respostas (4,88%)
 - Portas/Acessos 1,10 / Escadas 1,84 → 1 resposta (2,44%)
 - Acessos 1,20 / Escadas 1,84 → 1 resposta (2,44%)
 - Porta 0,80 / Acesso 1,10 / Escada 1,10 → 1 resposta (2,44%)
 - Portas/Acessos 1,10 / Escadas 2,20 → 1 resposta (2,44%)
 - 0,80 m → 1 resposta (2,44%)
 - Porta 0,80 / Acesso 1,20 / Escada 2,20 → 1 resposta (2,44%)
 - Porta 1,0 / Acesso 2,0 / Escada 2,20 → 1 resposta (2,44%)
 - Porta 1,20 / Acesso 1,20 / Escada 2,20 → 1 resposta (2,44%)
 - Porta 1,0 / Escada 2,20 (parcial, sem acesso) → 1 resposta (2,44%)
 - 2 UP → 1 resposta (2,44%)
 - 1,1m (isolado) → 1 (2,44%)
 - 1,20m, 1,20m, 1,65m → 1 (2,44%)
 - Porta 2up - Acesso 2up - 4up → 1 (2,44%)
 - 2 unidades de passagem, 1,50m → 1 (2,44%)

Resposta IA questão 15

Para uma edificação do **Grupo 06 (Comércio de pequeno porte)** com **área de maior pavimento de 600m²**, as larguras de portas, acessos e escadas devem ser calculadas com base na Norma Técnica nº 10/2015-CBMDF (NT-10), seguindo os passos de dimensionamento por população e capacidades das unidades de passagem.

1. Cálculo da População (P):

- Para o Grupo 06 (Comerciais), a população é calculada com base em **uma pessoa por 3,0 m² de área**.

- Considerando a área do maior pavimento de 600m²:

- $P = 600 \text{ m}^2 / 3,0 \text{ m}^2/\text{pessoa} = \mathbf{200 \text{ pessoas}}$.

2. Capacidade da Unidade de Passagem (C):

- A "unidade de passagem" (U.P.) é fixada em **0,55 m**.

- Para o Grupo 06, a capacidade da unidade de passagem é:

- Para **Acessos e Descargas**: $C = 100 \text{ pessoas/U.P.}$

- Para **Escadas e Rampas**: $C = 60 \text{ pessoas/U.P.}$

- Para **Portas**: $C = 100 \text{ pessoas/U.P.}$

3. Cálculo do Número de Unidades de Passagem (N = P/C) e Largura Mínima:

- A largura das saídas (acessos, escadas, descargas, etc.) é dada pela fórmula $N = P/C$, arredondado para o número inteiro superior.

- As larguras mínimas em geral são de **1,20 m** para ocupações gerais.

- **Para Acessos e Descargas:**

- $N = 200 \text{ pessoas} / 100 \text{ U.P.} = 2 \text{ U.P.}$

- $\text{Largura calculada} = 2 \text{ U.P.} * 0,55 \text{ m/U.P.} = 1,10 \text{ m.}$

- Como a largura mínima para acessos em corredores de uso público e com extensão superior a 10m é de 1,50m, e para acessos com extensão até 10m é de 1,20m, e a largura geral mínima é 1,20 m, a largura a ser adotada é a maior entre a calculada e as mínimas.

- **Largura dos acessos e descargas: 1,20 m.**

- **Para Escadas e Rampas:**

- $N = 200 \text{ pessoas} / 60 \text{ U.P.} = 3,33 \text{ U.P.}$

- Arredondando para o próximo número inteiro superior: $N = 4 \text{ U.P.}$

- $\text{Largura calculada} = 4 \text{ U.P.} * 0,55 \text{ m/U.P.} = \mathbf{2,20 \text{ m.}}$

- Esta largura é superior ao mínimo geral de 1,20 m.

- **Largura das escadas e rampas: 2,20 m.**

- **Para Portas:**

- $N = 200 \text{ pessoas} / 100 \text{ U.P.} = 2 \text{ U.P.}$

- $\text{Largura calculada} = 2 \text{ U.P.} * 0,55 \text{ m/U.P.} = 1,10 \text{ m.}$

- A largura mínima para portas para duas unidades de passagem é de **1,00 m**, mas a largura **geral mínima para saídas é de 1,20 m.**

- **Largura das portas: 1,20 m.**

Em resumo, para uma edificação do Grupo 06 com área de maior pavimento de 600m²:

- **Largura de Acessos e Descargas: 1,20 m.**

- **Largura de Escadas e Rampas: 2,20 m.**

- **Largura de Portas: 1,20 m.**

Questão 16

Uma edificação que possui dois pavimentos, mas que tenha altura da edificação de 5m, possui qual código de altura?

Resposta humana questão 16

- C1 → 28 respostas (68,29%)

- **C2 → 7 respostas (17,07%)**

A1 → 3 respostas (7,32%) A2 → 3 respostas (7,32%)
Resposta IA questão 16
<p>De acordo com as Normas Técnicas do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal (NT-01 e NT-10), a classificação das edificações quanto à altura e número de pavimentos é feita através da Tabela 2 - Classificação das edificações quanto à altura e número de pavimentos.</p> <p>Para a edificação descrita:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Possui dois pavimentos [Consulta do usuário]. • Apresenta altura da edificação de 5m [Consulta do usuário]. <p>Consultando a Tabela 2:</p> <ul style="list-style-type: none"> • A classificação C1 é para edificações de altura (h) maior ou igual a 3m ($h \geq 03$ m), a partir do 1º pavimento. • A classificação C2 é para edificações de altura (h) maior ou igual a 6m ($h \geq 06$ m), a partir do 2º pavimento. <p>Como a altura da edificação é 5m, ela se enquadra na condição de $h \geq 03$ m e não na de $h \geq 06$ m. Embora a edificação possua dois pavimentos, o critério de altura de 6m para o código C2 não é atendido.</p> <p>Portanto, a edificação possui o código de altura C1</p>

Fonte: O autor

A figura 9 apresenta os resultados de questões focadas na Norma Técnica nº 10/2015-CBMDF (Saídas de Emergência), cuja aplicação é notoriamente complexa, pois exige a correlação de múltiplas tabelas, a realização de cálculos e, crucialmente, a atenção a notas de exceção que podem alterar a regra geral. A análise dos resultados revela uma clara dicotomia no desempenho dos militares.

Por um lado, nas questões 12, 13 e 16, que envolvem a aplicação mais direta de tabelas e regras, os índices de acerto foram satisfatórios, com 75,61%, 87,80% e 68,29% de respostas corretas, respectivamente. Isso demonstra que, para procedimentos padronizados, o conhecimento do corpo técnico é sólido e bem consolidado. Em contrapartida, as questões 14 e 15 expuseram uma vulnerabilidade significativa em cenários que demandam maior profundidade de análise e raciocínio em múltiplas etapas.

Na questão 14, o índice de acerto humano despencou para apenas 14,63%. A grande maioria dos militares (56,1%) aplicou corretamente a regra geral da Tabela 10, mas falhou em identificar a Nota 3, uma exceção que alterava completamente a exigência para edificações com área total inferior a 750 m². Este é um ponto de destaque, pois a IA demonstrou sua superioridade ao não apenas ler a tabela, mas também ao processar e aplicar corretamente a nota de rodapé, entregando a resposta precisa. Isso evidencia a capacidade da ferramenta de lidar com a complexidade e as

nuances da legislação, um ponto onde o erro humano pode ser comum.

Na questão 15 a maioria dos militares falharam em fazer o cálculo das larguras de portas, acessos e escadas em uma saída de emergência. Outro fator de suma importância para a realização dos serviços prestados, tendo implicação direta na arquitetura de construção da edificação. Percebe-se que a IA também errou ao fazer a conclusão da largura de portas, onde a regra de largura mínima de acessos sobrepôs o cálculo para largura de portas.

2.3.4.1 Resultado de assertividade e tempo do teste comparativo de aplicado.

A tabela 1 faz uma síntese dos resultados obtidos durante o teste com as 16 questões. É possível compreender o tipo de questão abordada, a porcentagem de acerto das questões por parte dos analistas e fiscalizadores, assim como se a IA respondeu ou não de forma correta o que lhe foi perguntado.

Tabela 1 – Acurácia média das respostas

<i>Questão</i>	<i>Tipo da Questão</i>	<i>Acurácia Média de Resposta (Militares)</i>	<i>Resposta (IA)</i>
Questão 01	Consulta direta	80,49%	Certo
Questão 02	Consulta direta	95,12%	Certo
Questão 03	Consulta direta	82,93%	Certo
Questão 04	Consulta direta	87,80%	Certo
Questão 05	Interpretação normativa	80,49%	Certo
Questão 06	Interpretação normativa	100%	Errado
Questão 07	Interpretação normativa	100%	Certo
Questão 08	Interpretação normativa	90,24%	Certo
Questão 09	Interpretação normativa	87,80%	Certo
Questão 10	Interpretação normativa	60,98%	Certo
Questão 11	Interpretação normativa	21,95%	Errado
Questão 12	Saídas de emergência	87,80%	Certo
Questão 13	Saídas de emergência	87,80%	Certo
Questão 14	Saídas de emergência	14,63%	Certo
Questão 15	Saídas de emergência	31,71%	Errado
Questão 16	Saídas de emergência	68,29%	Certo
		73,63% de acertos	81,25% de acertos

Fonte: O autor

A Tabela 1 consolida os resultados do teste de desempenho, oferecendo uma síntese clara que vai além da simples comparação de notas finais e revela os pontos fortes e fracos de cada abordagem - humana e artificial - na gestão do conhecimento técnico-normativo.

O resultado aponta uma assertividade de 81,25% para a IA contra 73,63% para a média dos militares, já indica uma vantagem para a ferramenta. Contudo, a análise qualitativa dos dados é ainda mais reveladora. O desempenho dos militares demonstrou proficiência em tarefas de consulta direta e na aplicação de regras de uso corrente. No entanto, a acurácia caiu drasticamente em cenários que exigiam maior carga cognitiva, como a interpretação de notas de exceção e a execução de cálculos em múltiplas etapas, que são fontes comuns de erro no trabalho técnico.

É precisamente nesses pontos de maior complexidade que a IA demonstrou seu valor estratégico. A ferramenta se destacou ao aplicar corretamente as exceções normativas e ao executar cálculos complexos de forma padronizada, atuando como uma espécie de "rede de segurança" cognitiva. Os erros cometidos pela IA, embora importantes, serviram para reforçar que a tecnologia ainda necessita da supervisão de um especialista, funcionando como uma ferramenta de aumento da capacidade humana, e não como um substituto autônomo. Não obstante, é importante destacar também que a IA não chegou a responder uma questão inteiramente errada, mas sim pontos em destaque em que analisou parâmetros de forma errônea; ou seja, não errou a questão inteira nem realizou alucinações infundadas.

Além da acurácia, a dimensão da eficiência, apresentada na Tabela 02 abaixo, é igualmente impactante. O tempo que se levou para obter os resultados das questões utilizando a IA foi de apenas 7 minutos e 11 segundos. Em contrapartida o tempo médio que os militares utilizaram para preencher todas as perguntas foi de 25 minutos e 26 segundos o que indica um ganho substancial de produtividade oferecido pela IA. Essa economia de tempo não representa apenas celeridade, mas a possibilidade de realocar a força de trabalho altamente qualificada de tarefas de pesquisa demoradas para atividades de análise crítica e tomada de decisão.

Tabela 2 – Comparativo do tempo total de resposta

<i>Grupo analisado</i>	<i>Tempo total de resposta</i>
Militares do DESEG	25 minutos e 26 segundos
Inteligência artificial	7 minutos e 11 segundos

Fonte: O autor

Portanto, a principal conclusão deste teste não é apenas que a IA foi marginalmente mais precisa, mas que suas fortalezas são o exato contraponto das vulnerabilidades humanas. De forma mais ágil, a ferramenta mostrou seu potencial para padronizar análises, mitigar erros críticos e, conseqüentemente, elevar a qualidade e a celeridade das ações de segurança contra incêndio desenvolvidas pelo DESEG.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa partiu do questionamento sobre a viabilidade da utilização da inteligência artificial como ferramenta para a sistematização do conhecimento técnico e normativo no âmbito do DESEG/CBMDF. Ao final deste estudo, conclui-se que a resposta a essa pergunta é afirmativa e que a adoção de tal tecnologia não é apenas viável, mas estrategicamente recomendável e faz parte do futuro da segurança contra incêndio e pânico.

Os objetivos traçados para esta monografia foram integralmente alcançados. A pesquisa explorou os fundamentos da IA e investigou seu panorama de aplicação nos Corpos de Bombeiros Militares do Brasil, revelando um cenário de alto interesse institucional contrastado por uma adoção ainda incipiente, dificultada por desafios como custos, governança de dados e a necessidade de mão de obra especializada. Os estudos de caso com a empresa TARGET e o Tribunal de Contas da União validaram a exequibilidade técnica de soluções de IA para a gestão de conhecimento normativo, tanto no setor privado quanto no público, oferecendo modelos práticos já existentes no cenário atual e passíveis de serem incorporados ao CBMDF.

Os testes realizados com um grande número de pareceres técnicos demonstraram uma das diversas possibilidades de utilização das ferramentas de IA

para a gestão normativa da área técnica. Sendo assim, importante destacar que a ferramenta apresentou limites operacionais os quais devem ser parametrizados pelas equipes técnicas quando de suas aplicações.

Por outro lado, o ponto culminante da investigação foi o teste de desempenho comparativo, que forneceu evidências empíricas de suma importância. Os resultados demonstraram que, embora o corpo técnico do CBMDF possua sólido conhecimento das normas de aplicação direta, a acurácia diminui consideravelmente em cenários de alta complexidade, como a interpretação de exceções e a realização de cálculos em múltiplas etapas. Foi precisamente nessas áreas, onde o erro humano é mais provável e suas consequências mais críticas, que a ferramenta de IA demonstrou superioridade em precisão e uma eficiência exponencialmente maior em tempo de resposta. Possibilitando assim, a realização de atividades de segurança contra incêndio com maior precisão e grande ganho de tempo na busca de informações.

A principal contribuição deste trabalho reside em transcender o debate teórico e fornecer dados concretos para subsidiar a tomada de decisão da alta gestão do CBMDF. A pesquisa oferece um diagnóstico claro das vulnerabilidades nos processos atuais de consulta normativa e valida a IA como uma ferramenta poderosa para mitigar riscos, padronizar análises e otimizar o capital intelectual da Corporação. Não obstante, é importante destacar que sua utilização deve ser sempre vista como uma ferramenta de auxílio ao analista ou agente fiscalizador, não sendo possível substituí-los na tomada de decisões e na interpretação das aplicações normativas.

Para a sociedade, o trabalho aponta caminhos para serviços públicos mais ágeis e confiáveis, diretamente refletidos na segurança das edificações e na proteção de vidas. Para o CBMDF, oferece subsídios estratégicos para a modernização institucional, alinhando-se às metas do Planejamento Estratégico 2025–2030. Para o meio acadêmico e científico, acrescenta reflexões sobre a aplicação da IA na gestão do conhecimento técnico-normativo, ampliando o debate sobre inovação em órgãos de segurança pública.

Por fim, este estudo abre caminhos para futuras investigações que aprofundem o tema. Recomenda-se a realização de pesquisas focadas nos modelos de contratação e aquisição de tecnologias de IA pelo setor público, com destaque ao

CBMDF, bem como o desenvolvimento de um projeto-piloto dentro do DESEG para avaliar a ferramenta em um ambiente operacional real. Sugere-se, ainda, a exploração dos desafios éticos e da governança de dados para a criação de uma política institucional clara sobre o uso da IA, além da expansão da base de conhecimento da ferramenta para incluir outros documentos estratégicos e legislações correlatas, que vão além do contexto do DESEG, maximizando seu potencial como um sistema de apoio à decisão para todo o CBMDF.

REFERÊNCIAS

- ASSIS, Maria Cristina. **Metodologia do Trabalho Científico**. São Paulo, 2009
- BRASIL. Ministério da Gestão e da Inovação em Serviços Públicos. **IA generativa no serviço público: definições, usos e boas práticas**. Brasília: MGI, Secretaria de Governo Digital, Diretoria de Infraestrutura de Dados, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital>. Acesso em: 6 maio 2025.
- BRASIL. Presidência da República. **Decreto nº 7.163, de 29 de abril de 2010**. Regulamenta o inciso I do art. 10-B da Lei nº 8.255, de 20 de novembro de 1991, que dispõe sobre a organização básica do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, n. 81, p. 6, 30 abr. 2010.
- BROWN, Tom B. et al. **Language Models are Few-Shot Learners**. In: ADVANCES IN NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS (NeurIPS), 33., 2020, Vancouver. Anais [...] p. 1877-1901. Disponível em: <https://papers.nips.cc/>. Acesso em: 8 de maio de 2025.
- DATABRICKS. **A compact guide to Retrieval-Augmented Generation (RAG): definitions, components and basics for practitioners**. San Francisco: Databricks, 2024. Disponível em: <https://www.databricks.com/resources/ebook/compact-guide-retrieval-augmented-generation>. Acesso em: 16 maio 2025.
- DAVENPORT, Thomas H.; RONANKI, Rajeev. **Artificial intelligence for the real world**. Harvard Business Review, v. 96, n. 1, p. 108–116, 2018.
- DISTRITO FEDERAL. Governadoria. **Decreto nº 21.361, de 20 de julho de 2000**. Aprova o Regulamento de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Distrito Federal e dá outras providências. Diário Oficial do Distrito Federal, Brasília, DF, n. 139, p. 47, 21 jul. 2000.
- DOMINGOS, Pedro. **O algoritmo mestre: como a busca por um algoritmo universal de aprendizado de máquina vai mudar nossas vidas**. Rio de Janeiro: Zahar, 2018.
- CENTRO DE INOVAÇÃO EM GOVERNO DIGITAL. **IA generativa no serviço público: riscos, oportunidades e caminhos possíveis**. São Paulo: CIGD/FGV, 2023. Disponível em: <https://governodigital.gov.br>. Acesso em: 6 maio 2025.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Portaria nº6/2020-CBMDF, aprova Regimento Interno do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal e dá outras providências. **Suplemento do Boletim Geral nº 073**, Brasília, DF, 17 de abril 2020.
- CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. Portaria nº 37, de 29 de novembro de 2021. Dispõe sobre a reestruturação do Conselho do Sistema de Engenharia de Segurança Contra Incêndio e Pânico – CSESCIP. **Boletim Geral nº 223**, Brasília, DF, 1º dez. 2021.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL (CBMDF). Portaria de 13 de janeiro de 2025. Plano Estratégico do CBMDF 2025 - 2030. Brasília: **Suplemento ao Boletim Geral nº 247.2**, de 31 dez. 2024.

COSTA, Suzana Rita da. **A contribuição da inteligência artificial na celeridade dos trabalhos repetitivos no sistema jurídico**. 2020. 70 f. Dissertação (Mestrado em Mídia e Tecnologia) – Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Bauru, 2020.

DIGNUM, Virginia. **Responsible Artificial Intelligence: How to Develop and Use AI in a Responsible Way**. Cham: Springer, 2019.

DISTRITO FEDERAL. Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. **Planejamento Estratégico CBMDF 2025–2030**. Brasília: CBMDF, 2024.

DOMINGOS, Pedro. **O algoritmo mestre: como a busca pelo algoritmo definitivo aprenderá qualquer coisa**. Rio de Janeiro: Alta Books, 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. Ed. São Paulo: Atlas, 2008.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. **Deep learning**. Cambridge: MIT Press, 2016.

EIBEN, A. E.; SMITH, J. E. **Introduction to evolutionary computing**. 2. ed. Berlin: Springer, 2015.

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. Ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MALVESTITI, Rosane *et al.* **Knowledge management in public sector innovation optimized by artificial intelligence**. In: MACHADO, Andreia De Bem *et al.* Knowledge management and innovation in public administration. Hershey: IGI Global, 2024. cap. 12. p. 371–393.

ORACLE. **O que é RAG (Geração aumentada por recuperação)?** Oracle, 2024. Disponível em: <https://www.oracle.com/br/artificial-intelligence/generative-ai/retrieval-augmented-generation-rag/>. Acesso em: 16 maio 2025.

ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT (OECD). **Recommendation of the Council on Artificial Intelligence**. Paris: OECD Publishing, 2019.

OECD. **Innovation in the Public Sector: Enabling Better Outcomes for Citizens**. Paris: OECD Publishing, 2023.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do**

trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

RED HAT. **O que é RAG (Geração aumentada por recuperação)?** Red Hat, 2024. Disponível em: <https://www.redhat.com/pt-br/topics/ai/what-is-retrieval-augmented-generation>. Acesso em: 16 maio 2025

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial intelligence: a modern approach.** 4th ed. Hoboken: Pearson Education, 2020.

TAULLI, Tom. **Programação utilizando IA: otimizando as etapas de planejamento, programação, testes e implantação.** Tradução de Márcio Martins. São Paulo: Novatec, 2024.

VENTURA, Adriana; JUNG, Milton. **IA nos tribunais: inteligência artificial no sistema de justiça.** Brasília: Câmara dos Deputados, 2023.

WELSH, Richard. **Defining Artificial Intelligence.** Revista da SET, n. 190, p. 62–68, mar./abr. 2020.

WIRTZ, Bernd W.; MÜLLER, Wilhelm M. **An integrated artificial intelligence framework for public management.** Public Management Review, v. 21, n. 7, p. 1076–1100, 2019.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Entrevista aplicada ao coordenador de IA da empresa Target

Bloco 1 – Informações gerais sobre a ferramenta de IA

1. Qual a função do senhor dentro da empresa TARGET?
2. Qual é o nome da solução de Inteligência Artificial atualmente utilizada pela TARGET para acesso e consulta às normas técnicas da ABNT?
3. Há quanto tempo a solução está em operação?
4. Quais os principais públicos-alvo da ferramenta (por exemplo: empresas, órgãos públicos, profissionais liberais)?
5. A ferramenta foi desenvolvida internamente ou envolve tecnologias de terceiros (como modelos LLM ou APIs externas)?

Bloco 2 – Funcionamento técnico e arquitetura

6. A ferramenta implementa algum modelo de Geração Aumentada por Recuperação (RAG)? Se sim, poderia explicar sua arquitetura básica?
7. A solução é baseada em algum modelo de linguagem de grande escala (LLM)? Qual?
8. Os dados ficam hospedados localmente ou em nuvem? Como é tratada a questão da soberania e segurança da informação?
9. Existe alguma curadoria técnica ou validação humana das respostas fornecidas pela IA?

Bloco 3 – Funcionalidades e aplicabilidade

10. Quais são as principais funcionalidades oferecidas pela ferramenta? (Ex.: busca por palavra-chave, geração de pareceres, comparativos normativos etc.)

11. Há possibilidade de customização para um órgão público com normativas próprias (como o DESEG/CBMDF)?
12. Já houve implementação da solução em instituições públicas (parcerias)? Quais foram os resultados observados?
13. Como é feita a atualização do banco de normas e documentos? Existe periodicidade ou gatilhos automatizados?

Bloco 4 – Impactos e perspectivas

14. Quais benefícios concretos já foram observados com o uso da ferramenta em termos de eficiência, celeridade ou qualidade?
15. Quais os principais desafios enfrentados durante o desenvolvimento ou adoção da tecnologia?
16. A empresa acredita que soluções como essa podem ser aplicadas com sucesso em setores como segurança contra incêndio e pânico? Por quê?
17. Na sua visão, quais são os próximos passos para evoluir essa tecnologia?

APÊNDICE B

Entrevista aplicada à equipe do Núcleo de Inteligência Artificial (NIA) do TCU

Este questionário faz parte de uma pesquisa acadêmica do Curso de Altos Estudos do CBMDF do Tenente-Coronel QOBM/Comb. Danilo Alvin Mendes e Silva e tem como objetivo principal avaliar o cenário atual da utilização de Inteligência Artificial (IA) nas atividades de Segurança Contra Incêndio do Distrito Federal.

Bloco 1 – Informações gerais sobre a ferramenta de IA

1. Qual a função do(a) senhor(a) dentro do TCU?
2. Quais são as ferramentas de IA que hoje o tribunal utiliza de forma institucional?
3. Quais são os principais públicos-alvo da ferramenta (ministros, auditores, servidores internos, sociedade)?

Bloco 2 – Funcionalidades e Impacto

4. Quais são as principais funcionalidades que o ChatTCU oferece ao corpo técnico do Tribunal e quais tarefas ele mais auxilia no dia a dia?
5. O ChatTCU pode ser alimentado com documentos específicos de diferentes áreas de atuação do TCU (ex: normas de auditoria, jurisprudência, etc.)? A arquitetura da ferramenta permite essa customização?
6. Quais os benefícios concretos já observados com a utilização do ChatTCU em termos de eficiência, celeridade ou qualidade do trabalho?
7. Quais foram os principais desafios enfrentados durante o desenvolvimento e a adoção do ChatTCU pelo corpo técnico do Tribunal??

Bloco 3 – Arquitetura e Governança da Solução

8. O ChatTCU foi desenvolvido com uma arquitetura totalmente interna ou utilizou modelos de linguagem e APIs de terceiros? (Em caso de uso de tecnologias

externas, como a equipe lidou com a questão da soberania e segurança da informação?)

9. Existe alguma curadoria técnica ou validação humana das respostas fornecidas pelo ChatTCU? Como funciona esse processo?
10. Como é feita a atualização da base de conhecimento do ChatTCU? Há um processo automatizado ou há supervisão humana para a incorporação de novos documentos?

Bloco 4 – Perspectivas e Aplicação em Outros Contextos

11. Houve alguma resistência à adoção da ferramenta por parte dos usuários? Como a equipe do TCU lidou com essa questão?
12. Há possibilidade de expansão da ferramenta para outros órgãos da Administração Pública, como parte de cooperação interinstitucional?

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO OS CORPOS DE BOMBEIROS MILITARES DO BRASIL – USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO

Instruções:

Este questionário foi elaborado no intuito de obter dados para o Artigo Acadêmico para o Curso de Altos Estudos (CAEO) do Ten-Cel. QOBM/Comb. DANILLO ALVIN MENDES E SILVA do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

Tem por finalidade mapear o uso de tecnologias baseadas em **Inteligência Artificial** nos processos de segurança contra incêndio nos Corpos de Bombeiros do Brasil. As respostas contribuirão para pesquisa de alto nível estratégico. Estimamos um tempo de 5 a 10 minutos para preenchimento.

A – Identificação institucional

1. Sigla da instituição: (Ex.: CBMDF, CBMMG, CBMSC, etc.)
2. Estado da Federação:
3. Nome e cargo do respondente:
4. E-mail institucional:

B – Situação atual

5. O Corpo de Bombeiros ao qual pertence já utiliza alguma ferramenta ou solução baseada em Inteligência Artificial nos processos relacionados à segurança contra incêndio e pânico?
 Sim
 Não
 Em fase de estudo ou implementação
6. Caso positivo, qual ou quais áreas fazem uso da IA? (Pode marcar mais de uma)
 Análise de projetos de segurança contra incêndio
 Elaboração de pareceres técnicos
 Realização de vistorias técnicas

- Atendimento ao público externo
- Gerenciamento de dados normativos
- Outras: _____

7. Qual é o nome da ferramenta utilizada (se houver) e como ela funciona (breve explicação de quais funções na segurança contra incêndio a IA desempenha)?

8. Qual o tipo de tecnologia que a ferramenta utiliza? Ela utiliza ferramentas de IA já desenvolvidas pelo mercado?

9. A ferramenta foi desenvolvida internamente ou contratada de terceiros?

- Internamente
- Empresa terceirizada
- Parceria com universidades
- Em conjunto: _____

C – Aplicação e resultados

10. Quais objetivos motivaram a adoção da ferramenta de IA? (Pode marcar mais de um)

- Reduzir tempo de análise
- Aumentar a padronização técnica
- Melhorar a qualidade das decisões
- Automatizar tarefas repetitivas
- Modernizar o serviço
- Outros: _____

11. Há integração da IA com bancos de dados normativos internos?.

- Sim
- Não
- Parcialmente
- Não se aplica

12. A IA utilizada permite responder perguntas técnicas em linguagem natural com base em normativas e pareceres?

- Sim
- Não
- Em desenvolvimento

13. Os resultados apresentados pela IA são revisados por pessoal técnico antes da tomada de decisão?

- Sempre
- Apenas em casos complexos
- Não
- Não se aplica

D – Segurança, limites e governança

14. Quais cuidados são adotados para garantir segurança e confidencialidade dos dados?

- Hospedagem local
- Criptografia
- Controle de acesso por perfil
- Não sei informar
- Outros: _____

15. Há algum tipo de política interna que regule o uso de IA?

- Sim
- Não
- Em elaboração

16. Quais são os principais desafios enfrentados ou esperados para adoção de IA no seu CBM?

E – Perspectivas

17. Existe interesse institucional em adotar ferramentas de IA para apoiar a segurança contra incêndio?

- Sim, já é implementado
- Sim, com prioridade alta
- Sim, mas sem previsão
- Não
- Não sei informar

18. Caso a resposta da pergunta nº016 tenha sido positiva. Em qual fase da implementação do uso de uma ferramenta de IA a corporação se encontra.

APÊNDICE D

QUESTIONÁRIO AOS ANALISTAS DE PROJETO E AGENTES FISCALIZADORES DO CBMDF– USO DE INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL NA SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO

Instruções:

Este questionário faz parte de uma pesquisa acadêmica do Curso de Altos Estudos do CBMDF do Tenente Coronel QOBM/Comb. Danilo Alvin Mendes e Silva e tem como objetivo principal avaliar o cenário atual da utilização de Inteligência Artificial (IA) nas atividades de análise de projetos de segurança contra incêndio e pânico. Suas respostas são extremamente valiosas para o estudo e serão tratadas de forma anônima e confidencial.

Agradecemos imensamente a sua colaboração.

Estimamos um tempo de 30 minutos para preenchimento.

Bloco A – Questão texto da norma.

1. Conforme NT04/2000, quais devem ser as dimensões mínimas do abrigo das bombas do sistema de hidrante de parede?
2. Conforme NT03/2015, em quais situações devem existir extintores portáteis extras na edificação?
3. Conforme NT23/2022, qual deve ser a distância máxima entre o emissor e o receptor em detectores lineares de fumaça?
4. Conforme NT30/2024, qual a distância máxima a ser percorrida em edificações que são do tipo de cobertura de sapê?

Bloco B – Questão que envolvem raciocínio e entendimento de tabelas normativas.

5. Conforme NT 02/2016, qual é a classificação do risco de incêndio e o código do risco para aeroportos?
6. Conforme NT 02/2016, qual deve ser a distância mínima entre as projeções de duas edificações do tipo B-2 para que elas sejam consideradas isoladas?
7. Conforme NT 03/2015, qual deve ser a distância máxima a ser percorrida até extintores portáteis classe A em edificações de risco Alto?
8. Conforme NT 23/2022, qual deve ser a distância máxima entre detectores de fumaça quando a largura do ambiente é de 2m?

9. Conforme NT01/2016, quais devem ser os sistemas para uma edificação do grupo 08 que tenha área de 6000m² e altura de 2m?
10. Conforme NT01/2016, quais devem ser os sistemas para uma edificação do tipo mista que é composta por um residencial multifamiliar e um comercial que possuam, no total, altura de 20m e área de 50.000m²?

Bloco C – Questão sobre tabelas e cálculos de saídas de emergência.

11. Conforme NT 10/2015, edificações do código Y e que possuem uma única saída e sem chuveiros automáticos devem possuir qual distância máxima a serem percorridas?
12. Conforme NT 10/2015, qual o número mínimo de saídas e tipos de escadas para subsolos em uma edificação do grupo 10, com área de pavimento código J, e altura da edificação código A₃ ?
13. Conforme NT10/2015, qual o número mínimo de saídas e tipos de escadas para edificações do grupo 19, com código L para área de pavimento, código C₂ e que tenha ainda área total da edificação de 300m²?
14. Conforme NT10/2015, qual a largura de porta, acessos e escadas para uma edificação do grupo 06, que possua área de maior pavimento de 600m²?
15. Conforme NT10/2015, uma edificação que possui dois pavimentos, mas que tenha altura da edificação de 5m, possui qual código de altura?