



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE GOIÁS
CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE GOIÁS
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM GERENCIAMENTO DE
SEGURANÇA PÚBLICA
CURSO DE APERFEIÇOAMENTO DE OFICIAIS

GIDEAO OLIVEIRA DOS SANTOS – CAP QOBM

A MATEMÁTICA E O FOGO: UM OLHAR NO FUTURO

GOIÂNIA - GO

2015

GIDEAO OLIVEIRA DOS SANTOS – CAP QOBM

A MATEMÁTICA E O FOGO: UM OLHAR NO FUTURO

Artigo apresentado como requisito parcial para a conclusão no Curso de Especialização (*Lato Sensu*) em Gerenciamento de Segurança Pública, da Universidade Estadual de Goiás, ministrado em parceria com o Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Goiás.

Orientador: TC Carlos S. S. P. A. Franco, Prof. Me.

GOIÂNIA - GO

2015

RESUMO

A segurança contra incêndio é vista por muitos países como uma área da ciência. O Brasil, ainda sem forma, desenvolve trabalhos empregando métodos não-científicos. O Corpo de Bombeiros, na formação de seus Oficiais aborda um amplo conhecimento na área e direciona seus ensinamentos para prática profissional. Objetivando discutir a relevância do estudo de modelos matemáticos na formação do Oficial Bombeiro Militar do estado de Goiás para o desenvolvimento científico, este trabalho desenvolve pesquisa em uma amostra de 91 Oficiais e entrevista pesquisador do Distrito Federal a fim de levantar dados sobre os conhecimentos adquiridos na formação, a importância dada ao estudo do comportamento do fogo e a notoriedade de grupos de pesquisadores. Os resultados apontam valores otimistas sobre a influência e a percepção da dependência das ferramentas matemáticas para o crescimento dessa nova ciência no âmbito do Corpo de Bombeiros.

Palavras chaves: Oficial Bombeiro Militar, modelos matemáticos, comportamento do fogo, ensino e pesquisa.

ABSTRACT

The fire safety is seen in many countries as a science field. In Brazil, without a shape, develop works employing non-scientific methods. The Fire Department, during its officers formation, approach broad knowledge in this area and thus directs its teaching toward a professional practice. Aiming to discuss the relevance of the study of mathematic models within the formation of the Military Fire Officer of the State of Goiás for the scientific development, this work develop a research over a sample of 91 Officers and interview one researcher from the Distrito Federal (Federal District) in order to get data about the knowledge obtained during the formation, the importance given to the study of fire behavior and the notoriety of researchers groups. The results show optimist values about the influence and perception of the dependency of mathematic tools for the increase of this new science in the scope of Fire Department.

Keywords: Military Fire Officer, mathematic models, fire behavior, teaching and research.

INTRODUÇÃO

¹Gideão Oliveira dos Santos

O Oficial Bombeiro Militar tem como objetivo inicial a transmissão do conhecimento, passando de geração em geração as técnicas e táticas, e assim , solidificando-se ao longo do tempo. Com os avanços tecnológicos e a necessidade do crescimento no campo do científico, faz-se necessária uma abordagem unificada entre as formas do conhecimento: físico, lógico-matemático e social, visando à melhoria do ensino e a pesquisa do combate ao fogo.

O conhecimento lógico-matemático, na visão de Piaget (2003), é construído pelo sujeito mediante as experiências com os objetos. Refere-se aos conceitos elaborados sobre um grupo de objetos, resultante da ação sobre o ambiente. O objeto de estudo do Corpo de Bombeiros é o fogo, este deve ser examinado desde seu principio até o seu estado mais devastador, pois só assim é possível extrair parâmetros de comportamentos que devem ser prevenidos. Mas, estudá-lo em tais dimensões é impossível apenas em laboratórios físicos, pois o lapso temporal do evento e sua reconstituição se tornam improváveis, e diversas variáveis são imperceptíveis aos olhos do observador.

Portanto, faz-se necessária uma modelagem matemática computacional, um modelo de estudo próximo a realidade da vivência do profissional Bombeiro Militar, onde, daquele é retirado todas as informações necessárias para uma maior efetividade, desde técnicas e táticas de combate, procedimentos operacionais até quesitos mínimos de exigências para proteção do profissional, ferramentas de trabalho e viaturas, além da seriedade postural quanto aos danos causados pelo fogo em uma ocorrência de Bombeiros.

A modelagem matemática hoje já é uma ferramenta amplamente divulgada na investigação de incêndios e na engenharia de prevenção de incêndio, entretanto , segundo Seito (2008), não há uma educação formal no Brasil para produção de pesquisadores, atualmente os especialistas são praticamente autodidatas. Um nascedouro de mentes que mais se aproxima para criação de profissionais nessa

¹ Gideão Oliveira dos Santos, Oficial do Corpo de Bombeiros Militar de Sergipe. Bacharel em Engenharia de Incêndio e Pânico, pela Academia de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Graduando em Matemática Aplicada e Computacional, pela Universidade Federal de Sergipe. Email para contato: gideoliver@me.com

área é, sem dúvida, a graduação de Oficiais Bombeiros Militares, por razões óbvias de sua finalidade de formação, vivência de campo e proximidades de dados estatísticos.

Assim, com o peso da responsabilidade social e detentor de um raro conhecimento, é racional questionar a importância do Corpo de Bombeiros juntar esforços a sociedade civil no sentido de ampliar o conhecimento, dando a relevância devida ao fortalecimento da maturidade técnica-científica, tanto na produção de materiais e dados científicos, quanto na produção de material humano no ramo da ciência do fogo, direcionando seus Oficiais não apenas ao campo da execução ou fiscalização, mas também da pesquisa.

O artigo tratou de discutir a importância do estudo de modelos matemáticos do comportamento do fogo na formação do Oficial Bombeiro Militar do Estado de Goiás, visto que sua carreira contempla grande parte do conhecimento necessário para desenvolvimento de estudos de grande relevância científica na área de segurança contra incêndios, entretanto, nesse contexto, o foco do ensino é voltado para gerenciamento de equipes, técnicas e táticas de combate a incêndio e não para a pesquisa científica do comportamento do fogo.

Nesse sentido, seria interessante, para o avanço dessa ciência, uma incrementação de conhecimento e estudo de modelagem matemática do comportamento do fogo nos Cursos de Formação de Oficiais Bombeiros Militares, incentivando a pesquisa e a tecnologia aplicada?

Os objetivos específicos identificados inicialmente para produção desse trabalho foram:

i. Identificar os conhecimentos adquiridos pelos Oficiais na área das ciências como: Termodinâmica, transferência de calor, mecânica dos fluidos, combustão, propagação de chamas, modelagem computacional e estatística no CFO e seu grau de importância enquanto aluno quanto aplicação prática;

ii. Verificar a importância dada ao estudo do comportamento do fogo quanto a sua aplicação prática e a necessidade de laboratórios e simuladores de incêndio para evolução das atividades exercidas pelo Corpo de Bombeiros;

iii. Avaliar a importância e a necessidade da existência de um corpo de pesquisadores no Corpo de Bombeiros, bem como, o interesse e a motivação demonstrada pela corporação à pesquisa, no campo da ciência do fogo.

Para cumprimento do objeto, foram realizadas pesquisas bibliográficas, aplicação de questionários aos Oficiais do CBMGO e entrevista a um especialista.

1. REVISÃO DA LITERATURA

Este capítulo aborda a influência do oficial na transmissão do conhecimento, por consequência, na evolução do saber no Corpo de Bombeiros Militar, destaca a relevância científica da segurança contra incêndio sob a ótica de diversos países, pela seriedade que trata o assunto no campo da pesquisa visando a redução de perdas e apresenta modelos matemáticos estudados no mundo e adotados por diversas normas de proteção contra incêndio.

1.1 O Papel do Oficial: Empirismo x Ciência

Lakatos e Marconi (2003) distingue o conhecimento empírico do científico, este transmitido por intermédio de treinamento apropriado e adquirido de modo racional, conduzido por meio de procedimentos científicos, visa explicar o "por que", o "como" os fenômenos acontecem. Aquele, adquirido por experiências pessoais e transmitidos de geração em geração.

Para Bunge (1976, apud LAKATOS; MARCONI, 2003), a diferença radical entre a ciência e o conhecimento popular em vários aspectos, principalmente no método, não nos permite ignorar suas similaridade em outros, especialmente quando restringe o conceito de conhecimento vulgar ao "bom senso", pois, tanto o "bom senso" quanto a ciência buscam a racionalidade e a objetividade.

Para Babini (1957, apud LAKATOS; MARCONI, 2003), o "bom senso" apesar de ter sua aspiração ao racional e ao objetivo, atinge essa condição de forma limitada, é um saber que se adquire no trato diário com o objeto, sem a aplicação de um método, sem uma reflexão aprofundada de seu comportamento, de suas causas ou composições, de forma superficial.

Seitoetal (2008) enfatiza a importância do aprimoramento do conhecimento da arte de combater incêndios das corporações de bombeiros sob pena dos ensinamentos consolidados por gerações se perderem no tempo.

Frisa o manual do instrutor (MINISTÉRIO DO EXÉRCITO, 1997) que o dever de propagar o conhecimento é do Oficial Militar, pois, a ele é atribuída a função de instrutor, assumindo um importante e fundamental papel no processo ensino-aprendizagem, cabendo-lhe despertar no instruendo a vontade de aprender, assim, perpetuando o saber ao longo do tempo.

1.2 A Segurança contra incêndio como ciência

Segundo Seitoet al (2008) a Segurança Contra Incêndio (SCI) foi recentemente considerada uma nova área da ciência e as faculdades brasileiras de arquitetura e engenharia tem uma grade curricular muito extensa e apertada, não permitindo absorção de novos conhecimentos. Instituições pelo mundo possuem laboratórios de testes de resistência e reação ao fogo, permitindo certificações e desenvolvimento de materiais, componentes e sistema construtivo.

O CSTB - Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, na França, tem como finalidade, a melhoria da SCI dentro das construções e em torno. Exerce as áreas de pesquisa, engenharia, avaliação de qualidade e difusão do conhecimento. Na engenharia de SCI, estuda modelagem física do desenvolvimento do fogo e da fumaça.

O BRE - Building Research Establishment/FRS - Fire Research Station, no Reino Unido, é uma organização líder mundial em pesquisa, consultoria, treinamento, teste e organização de certificação.

O NIST - National Institute of Standards and Technology/BFRL - Building Fire Research Laboratory, nos USA, com mais de oitenta funcionários pesquisadores, promove a inovação e a competitividade industrial;

O BRI - Building Research Institute - Department of Fire Engineering, estuda métodos de engenharia de incêndio para assegurar a proteção às pessoas em caso de incêndio, comportamento físico dos materiais, estruturas em temperaturas elevadas, comportamento das pessoas durante evacuação das edificações e desenvolve métodos de avaliação de segurança de incêndio.

A IAFSS - The International Association for Fire Safety Science, tem como objetivo principal encorajar pesquisas sobre prevenção e minimização dos efeitos adversos dos incêndios e implementação dos resultados das pesquisas, seu papel está nas bases científicas para alcançar progressos em problemas ainda

insolúveis de incêndios. Coopera com organizações e desenvolve alto padrão de normas para estimular cientistas a dedicar-se aos problemas do fogo.

A NFPA - National Fire Protection Association, tem como missão reduzir as perdas em incêndios e outros riscos para a qualidade de vida, fornecendo e defendendo por consenso: código, normas, padrões de pesquisas, treinamento e educação.

A SFPE - Society of Fire Protection Engineers, tem como objetivo o desenvolvimento da ciência e a prática na engenharia contra incêndio e nos campos do conhecimento próximos, para manter altos padrões éticos e alavancar a educação em engenharia de proteção a incêndio.

A FPA - Fire Protection Association, com sede no Reino Unido é financiada principalmente pelas firmas de seguro, tem como objetivo a proteção de pessoas, colaborar com os membros, seguradoras e governo local e central, corpos de bombeiros e outros, coletar, analisar e publicar estatísticas, identificar tendências e promover pesquisas. Entre as publicações, é importante citar o programa desenvolvido para computador "Life-saver Fire Software", que permite treinar funcionários em segurança contra incêndio por meio de processos interativos.

Para Seitoet al (2008), é notório que diversos países reconhecem a segurança contra incêndio como uma área científica do conhecimento e um problema que merece uma atenção diferenciada para diminuir as perdas devido a incêndios. No Brasil a SCI está dentro de um modelo de crescimento no qual parece que se tem tudo por fazer, "talvez por ser uma área complexa do conhecimento humano, envolvendo todos os fenômenos naturais, tenha sido colocada em segundo plano".

1.3 Modelos matemáticos

Segundo Zill (2012) frequentemente se deseja descrever comportamento de sistemas ou fenômenos da vida real em termos matemáticos, quer seja físico, sociológicos ou econômicos. A descrição matemática de um sistema ou fenômeno é chamada de modelagem matemática. Para alguns propósitos pode se contentar com um modelo de baixa resolução, mas, se for necessário prever precisamente detalhes de um fenômeno ou sistema, diversas variáveis devem ser consideradas.

Depois de se formular um modelo matemático, que é uma equação diferencial ou um sistema de equações diferenciais, tem-se um problema nada insignificante para se tentar resolver. Conseguida uma solução, pode-se julgar o modelo razoável, se suas soluções forem consistentes com dados experimentais ou fato conhecido do comportamento do sistema, porém, se suas previsões forem pobres, pode-se elevar o nível de resolução do modelo ou levantar hipóteses alternativas sobre o mecanismo de mudança do sistema.

Naturalmente, se aumentar a resolução, aumentará a complexidade do modelo matemático, e, assim, a probabilidade de não obter uma solução explícita. Um modelo matemático de um sistema físico, frequentemente, envolve a variável tempo. Uma solução do modelo oferece, então, o estado do sistema, ou seja, os valores das variáveis em um dado valor de tempo descrevem o sistema no passado, presente e futuro.

Silva(1997) apresenta em sua tese de Doutorado modelos de incêndios e curvas de tempo-temperatura recomendadas por diversas organizações e amplamente estudadas no dimensionamento de resistência ao fogo.

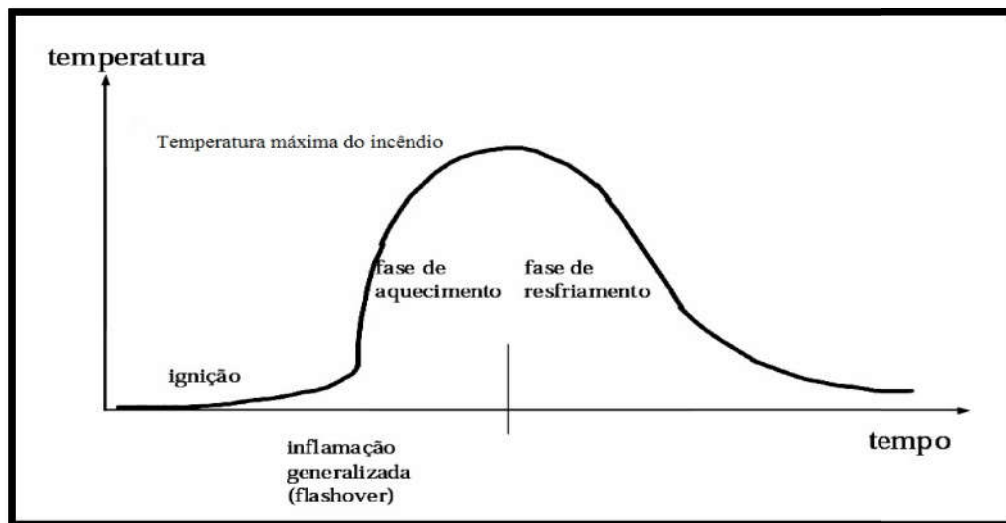


Figura 1. Curva tempo-temperatura de um incêndio
Fonte: Silva (1997)

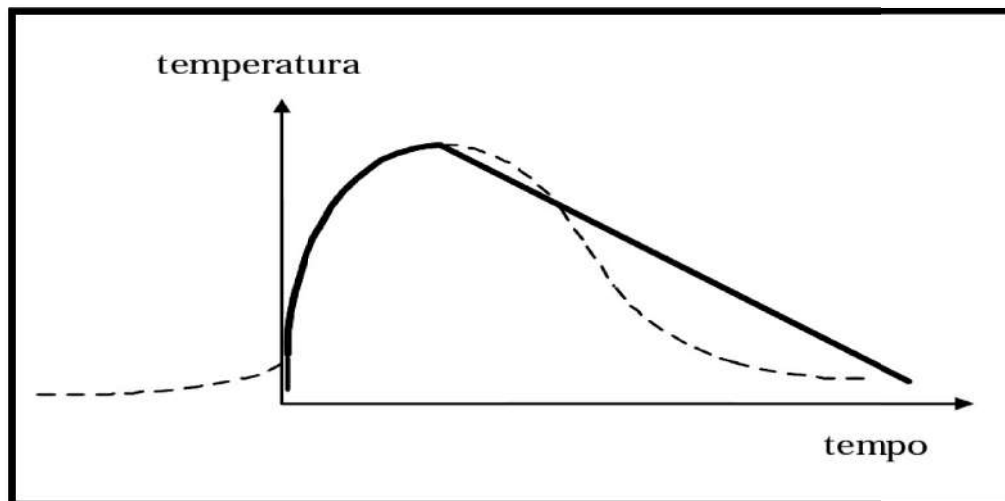


Figura 2. Modelo de um incêndio natural
Fonte: Silva (1997)

Schleich (1994, apud SILVA,1997) admite por simplicidade que o incêndio inicia no *flashover*. Para verificação da segurança das estruturas deve-se considerar o efeito da ação térmica, e para isso, modela-se o incêndio de acordo com o modelo de incêndio natural, onde se considera a variação de material combustível, a ventilação etc. Devido a variação da curva para cada situação, adotou-se uma curva padronizada como modelo para análise experimental de estruturas, materiais de revestimento contra fogo, porta corta-fogo etc. Esse modelo é conhecido como modelo de incêndio padrão.

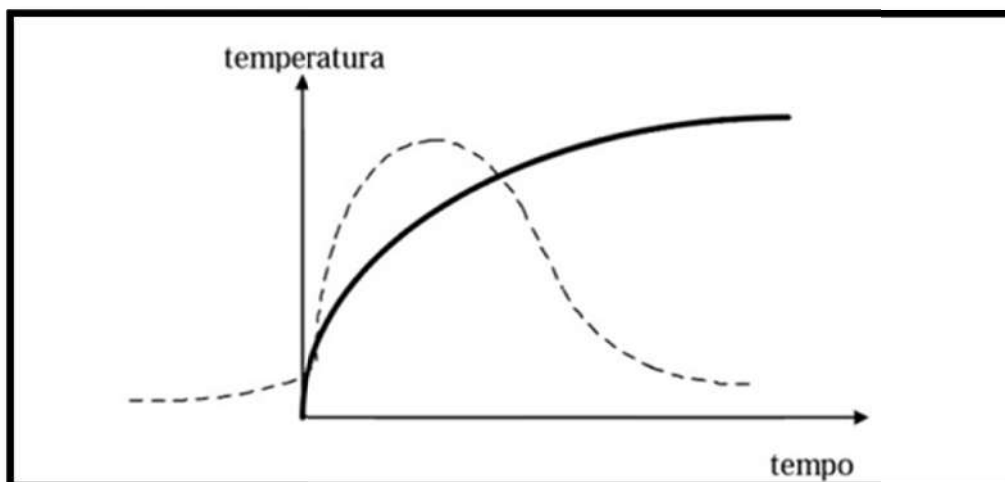


Figura 3. Modelo de um incêndio padrão
Fonte: Silva (1997)

Silva(1997), relaciona em sua obra modelos matematicos adotados por diversas instituições:

A International Organization for Standardization por meio da ISO 834/75, "Fire-resistance tests - Elements of building construction" recomenda uma relação temperatura-tempo logarítmica decimal.

A American specification of Testindeng Materials por meio da ASTM E119/88, "Stand test methods of fire testof building cosntruction and materials" recomenda o uso de uma curva temperatura-tempo respeitando uma tabela com dados supostamente obtidos em incêndios reais.

A Swedish Building Regulations, em 1967, já fornecia uma curva-padrão temperatura-tempo, porém, já permitia que estudos com base no conceito de incêndio natural fossem utilizados, e incluindo curvas para o ramo ascendentes, considerando graus de ventilação.

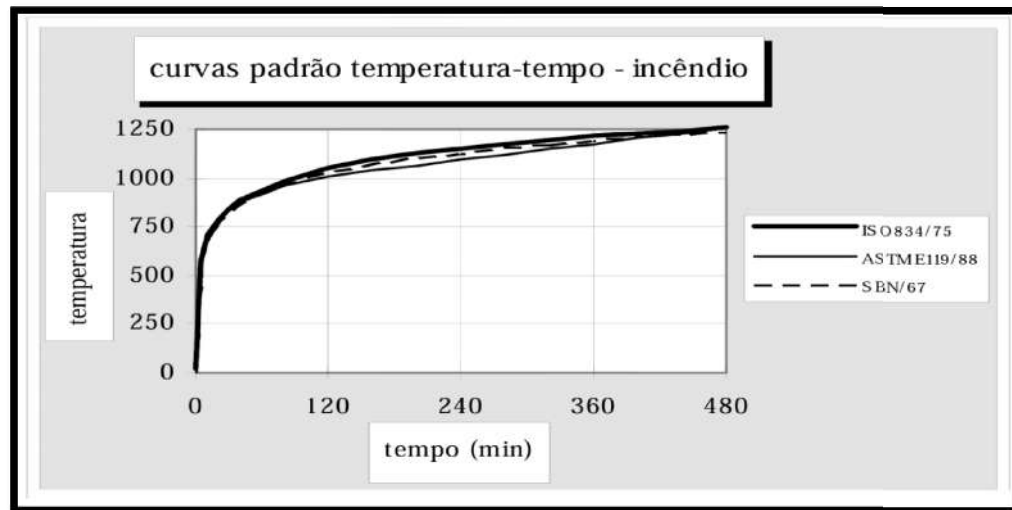


Figura 4. Comparação das curvas padrão recomendadas pela ISO 834/75, ASTM E119/88 e SBN/67.

Fonte: Silva (1997)

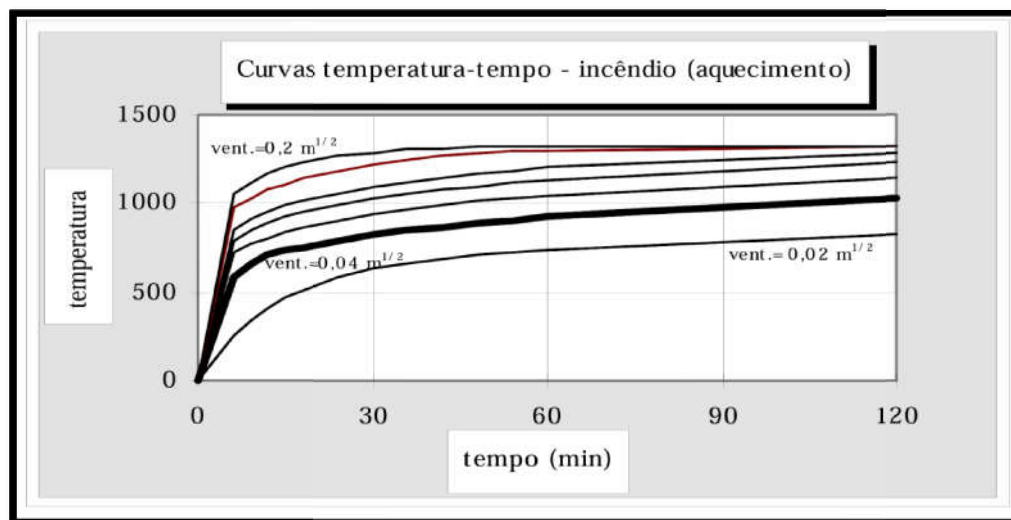


Figura 5. Ramo ascendente, incêndio natural, considerando a ventilação recomendado pela SBN/67.

Fonte: Silva (1997)

Silva (1997) comenta que a principal característica da curva do incêndio natural que a diferencia do modelo padrão é a existência do ramo descendente, que admite um comportamento racional do resfriamento dos gases. Os ensaios que seviram de referências às curvas naturais foram realizados em áreas relativamente pequenas (100 m² de área de piso), a validade do uso dessas curvas para áreas maiores e a utilização de modelos matemáticos, deduzidos teoricamente, tem sido objeto de estudo internacionalmente.

Silva (2004) relata que segundo a NBR (2000), incêndio natural é a variação de temperatura que simula o incêndio real, função da geometria, da ventilação, das características térmicas dos elementos de vedação e da carga de incêndio específica.

Pettersson et al (1976, apud SILVA, 1997), define hipóteses para um incêndio e Silva (1997) apresenta de forma resumida uma dedução de expressões que permitem calcular as curvas tempo-temperatura de um incêndio natural compartimentado para o ramo ascendente e descendente.

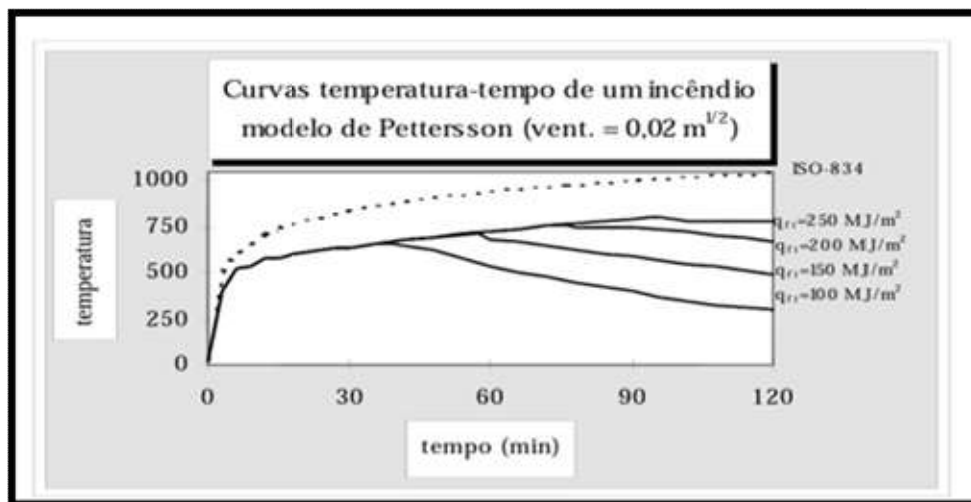


Figura 6. Curvas de um incêndio natural segundo o modelo de Pettersson para grau de ventilação de $0,02 \text{ m}^{1/2}$ em função da carga incêndio específica.

Fonte: Silva (1997)

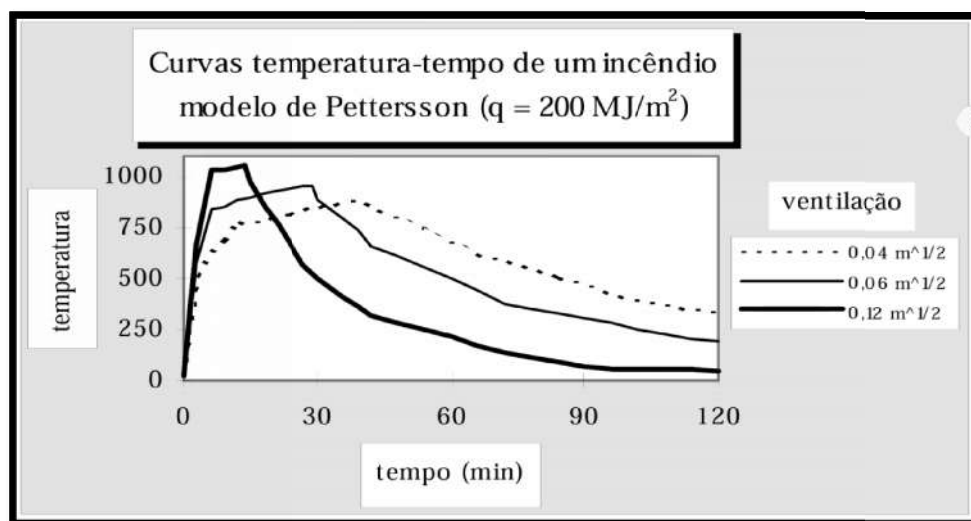


Figura 7. Curvas de um incêndio natural segundo o modelo de Pettersson para carga incêndio específica de 200 MJ/m^2 em função do grau de ventilação.

Fonte: Silva (1997)

Segundo Silva (1997), O EUROCODE 1 recomenda alternativamente o uso de curvas padronizadas e curvas que simulam o incêndio natural em área compartimentadas.

- i. Curva padrão, a mesma usada pelo ISO 834
- ii. Curva padrão para incêndios com material formado por hidrocarbonetos, representada por uma exponencial.

iii. Curva para incêndio natural compartimentado

- a. Ramo ascendente, representada por uma exponencial.
- b. Ramo descendente, representada por uma polinomial

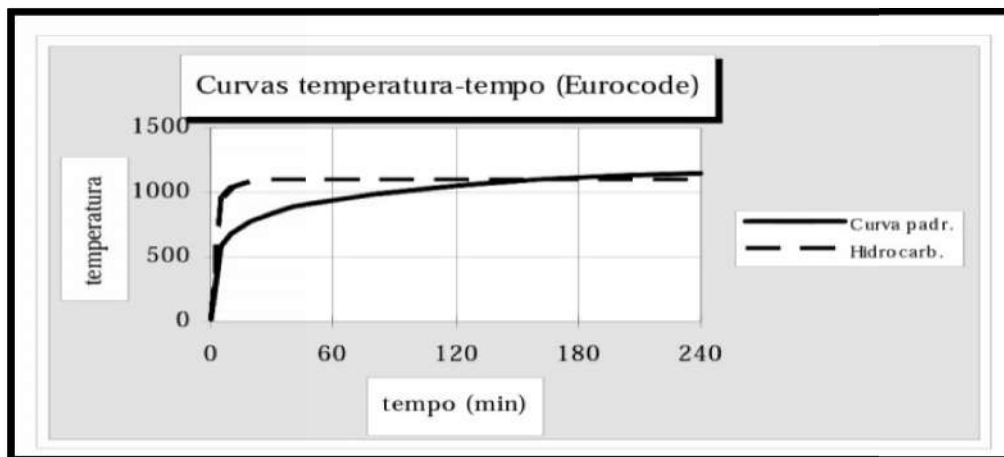


Figura 8. Curvas padrão de materiais celulósicos e a os hidrocarbonetos. À curvas do incêndio natural considerando a ventilação.

Fonte: Silva (1997)

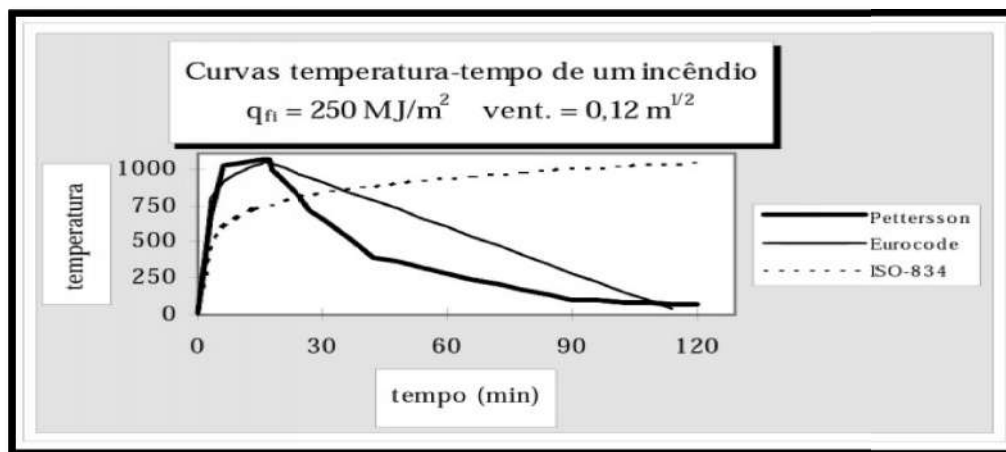


Figura 9. Curvas do incêndio natural considerando a ventilação.

Fonte: Silva (1997)

Sobre esses modelos, Silva (1997, p. 28) complementa:

Modelos mais realísticos estão sendo objeto de pesquisa internacional. Os mais conhecidos são:

“Zone models” - modelo em que é considerada a influência da variação da temperatura ao longo da altura do compartimento. Citam-se como exemplos: programa ASKFRS desenvolvido pelo Fire Research

Station (FRS) do Building Research Establishment (BRE) - Reino Unido e programa HAZARD desenvolvido pelo National Institute of Standards and Technology (NIST) - EUA.

“Computational fluid dynamics” (CFD) - modelo em que é utilizada a dinâmica dos fluidos para modelar o incêndio. Citam-se como exemplos: programa JASMINE desenvolvido pelo FRS/Reino Unido e programa SOFIE desenvolvido pelo Swedish National Testing and Research Institute/Suécia.

Outros modelos permitem determinar a temperatura dos gases levando em conta também a presença da proteção ativa. Cita-se como exemplo: programa ARGOS desenvolvido pelo Danish Institute of Fire Technology/Dinamarca.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Foram realizadas pesquisas bibliográficas no campo do conhecimento em áreas afins, desenvolvidas a partir de material disponibilizado em internet, livros de acervo pessoal e outros existentes na Academia de Bombeiros Militar do Estado de Goiás.

Com o objetivo de uma análise qualitativa das disciplinas afins, ministradas no Curso de Formação de Oficiais(CFO)do CBMGO, foi levantado informações sobre os seus conteúdo e objetivos. Plano de matérias disponibilizado pelo Comando de Ensino , em 15 de maio de 2015.

Foram aplicados questionários aos Oficiais, Aspirantes e Cadetes do 3º ano de formação do CBMGO, sem distinção dos quadros, ou seja, Quadro de Oficiais Combatente (QOC) e Quadro de Oficiais Administrativo (QOA), no período de 11 a 18 de maio de 2015.

Como ferramenta para determinação da amostra, foi usada a calculadora amostral: <http://comentto.com/blog/calculadora-amostal/>. Onde, dada a população, a intenção do erro, do nível de confiança e distribuição populacional, tem-se o tamanho da amostra necessária.

Segundo dados do CBMGO, levantados em pesquisa de campo realizada em 17 de abril de 2015 no Departamento de Controle de Pessoal, o quantitativo existente atualizado em 01 de abril 2015 é de 272 QOC e 70 QOA, totalizando 342 Oficiais.

Considerando os diferentes acesos ao conhecimento, tendo em vista que os quadros (QOC e QOA) têm formações diferentes, observa uma distribuição populacional de proximamente 80/20 (QOC/QOA), podendo considerar uma população mais homogênea.

Buscando atingir uma margem de erro amostral não superior a 10% e um nível de confiança de 95%, foram distribuídos 100 questionários.

Foi realizada em 12 de maio de 2015, uma entrevista ao TC QOBM/Complementar Físico George Cajaty Barbosa Braga, pesquisador e perito de incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Dentre os questionários distribuídos entre Oficiais, aspirantes e cadetes do 3º ano do estado de Goiás, tomou-se uma amostra de 91 militares, distribuídos nas diferentes gerações e postos. Obtendo-se assim, em um nível de confiança de 95%, um erro amostral de +/- 7%.

3.1 Conhecimentos adquiridos pelos Oficiais Bombeiros Militares e grau de importância (aplicabilidade) às "ciências naturais" na formação.

Para levantamento de tais informações foram feitas as perguntas: 02 e 03 do questionário (apêndice 01) e levantamento curriculares institucional.

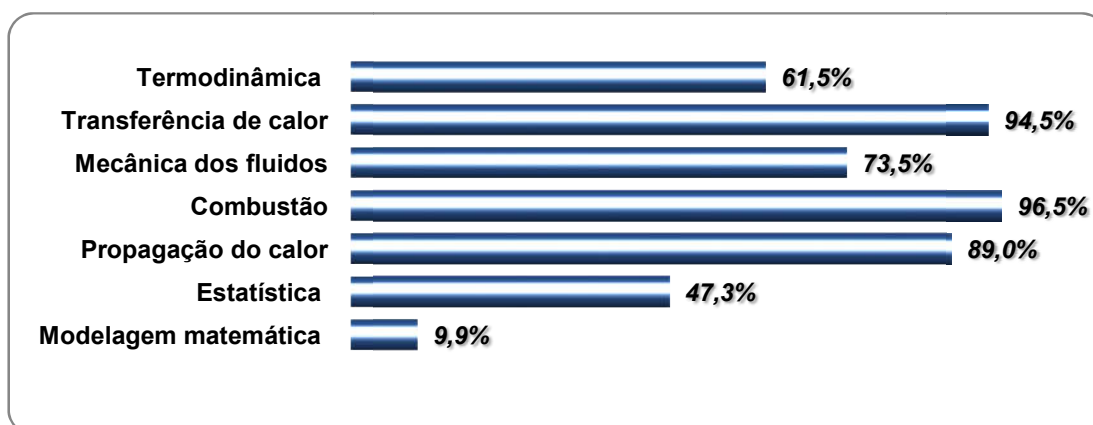


Gráfico 1. Resultado da questão 2 sobre o conhecimento adquirido na formação dos Oficiais.

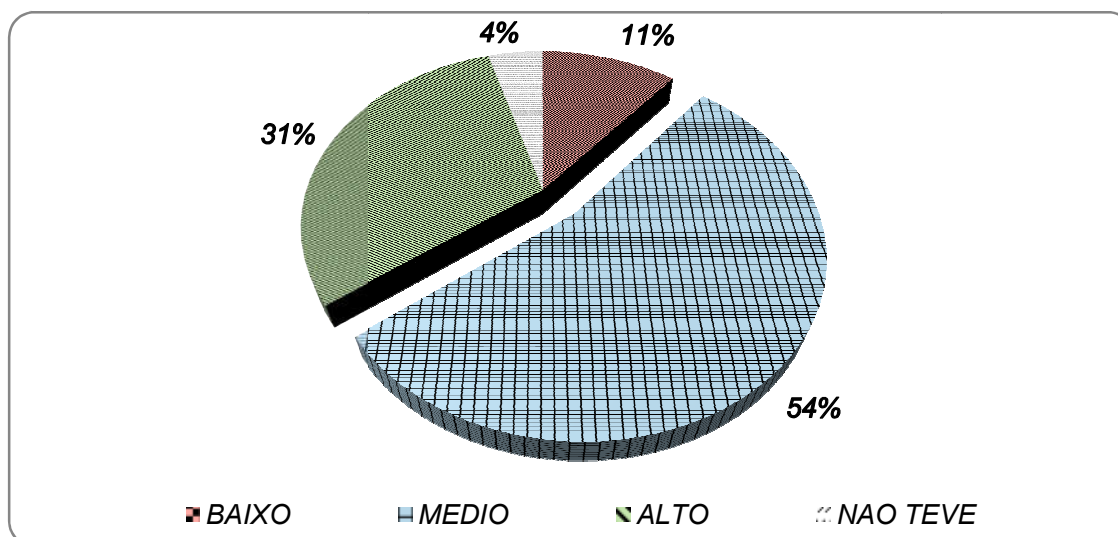


Gráfico 2. Resultado da questão 3 onde aborda o grau de importância (aplicabilidade), dado pelo aluno, às disciplinas das "ciências naturais", como: Física, Cálculo e Química, na formação.

De acordo com plano de matérias do CFO, 300 horas são disponibilizadas para as disciplinas relacionadas a ciências naturais, conforme distribuição na tabela abaixo:

Tabela 1. Resumo do Plano de Matérias das disciplinas afins do CFO CBMGO, lecionadas em todo o período de formação, atualizadas em 2014.

DISCIPLINA	CARGA-HORÁRIA
Cálculo	180

EMENTA

Funções de uma variável real; limites e continuidade; derivadas; comportamento de funções; integral; técnicas de derivação e integração, Geometria, Matemática Financeira Básica e Estatística

OBJETIVO GERAL

Trabalhar com os cadetes os conceitos básicos do cálculo com enfoque voltado para hidráulica, Física, RESMAT e matérias que porventura possam utilizar desta matéria, aplicar a matemática financeira, a Estatística e a Geometria nos trabalhos desenvolvidos pelo oficial bombeiro militar na área técnica e no trabalho operacional diário.

Física	60
---------------	-----------

EMENTA

Conceitos gerais sobre cinemática dos movimentos, cinemática das partículas, dinâmica da partícula, trabalho e energia, momento linear, cinemática de rotação, equilíbrio de corpos rígidos, dinâmica de rotação angular, temperatura, calor e 1º lei da termodinâmica, teoria cinética dos gases, entropia e 2º lei da termodinâmica

Tabela 1. Resumo do Plano de Matérias das disciplinas afins do CFO CBMGO, lecionadas em todo o período de formação, atualizadas em 2014.

DISCIPLINA	CARGA-HORÁRIA
OBJETIVO GERAL	
A disciplina de física busca trabalhar como os cadetes os conceitos básicos da física com enfoque para os trabalhos desenvolvidos pelo Oficial Bombeiro Militar no trabalho operacional diário.	
Química	60
EMENTA	
Introdução à química; estrutura eletrônica e classificação periódica; ligações químicas; estequiometria e a base da teoria atômica; cinética química; ácidos e bases (equilíbrio iônico); reações de oxidação	
OBJETIVO GERAL	
Trabalhar com os cadetes os conceitos básicos da química com enfoque para os trabalhos desenvolvidos pelo oficial bombeiro militar na área técnica e no trabalho operacional diário.	

Fonte: Adaptado do Comando de Ensino - CBMGO(2014)

Da análise dos gráficos 1 e 2 e tabela 1, os dados levantados mostram uma ampla divulgação dos conhecimentos que norteiam a ciência do fogo (gráfico 1); baixo foco na ferramenta de manipulação de dados (Estatística); esta, incrementada no plano de matérias (tabela 1); pouca relevância às ciências naturais, bem como às ferramentas matemáticas (gráfico 2) e visão insuficiente do comportamento do objeto em estudo (modelagem matemática, gráfico 1). Observa-se também uma defasagem no quesito conhecimento das ferramentas matemáticas (tabela 1), dificultando assim o aprofundamento nas disciplinas das ciências naturais.

Segundo Piaget (2003), as informações anteriormente adquiridas conduzem, em todos os níveis de aprendizagem, a reações antecipadoras, a tal ponto que uma das funções essenciais do conhecimento é a previsão.

3.2 Comportamentos do fogo, práticas laboratoriais e suas relevâncias no desenvolvimento do Corpo de Bombeiros.

Para abordar esses temas foram realizadas as perguntas: 04, 05 e 06 do questionário (apêndice 01).

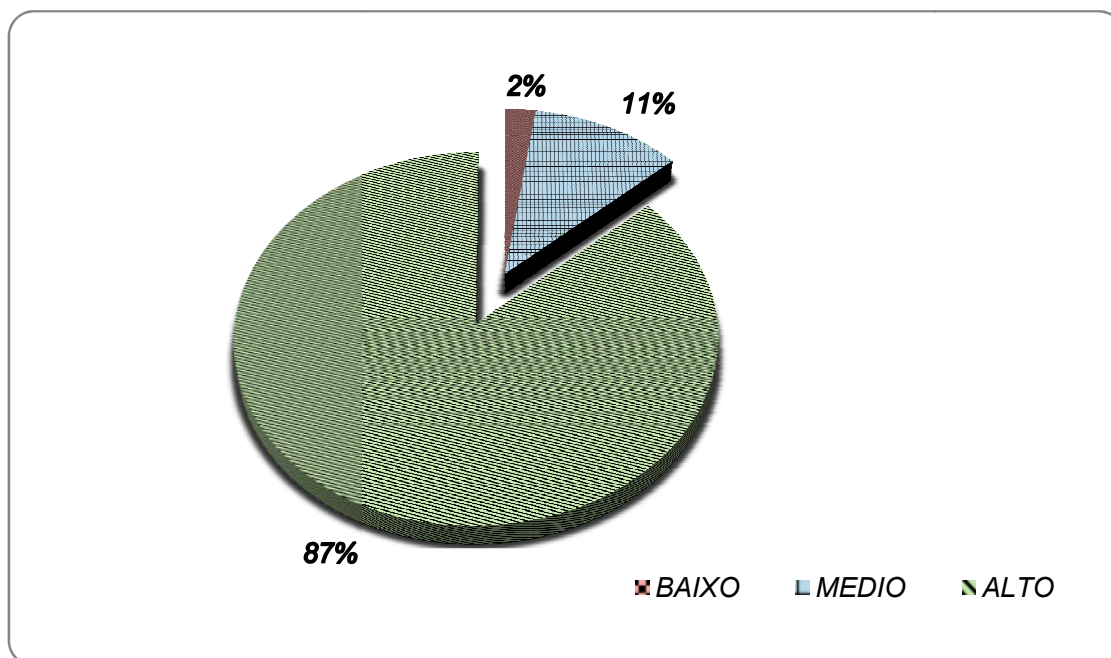


Gráfico 3. Resultado da questão 4, onde aborda o grau de importância do estudo do comportamento do fogo na profissão Bombeiro Militar

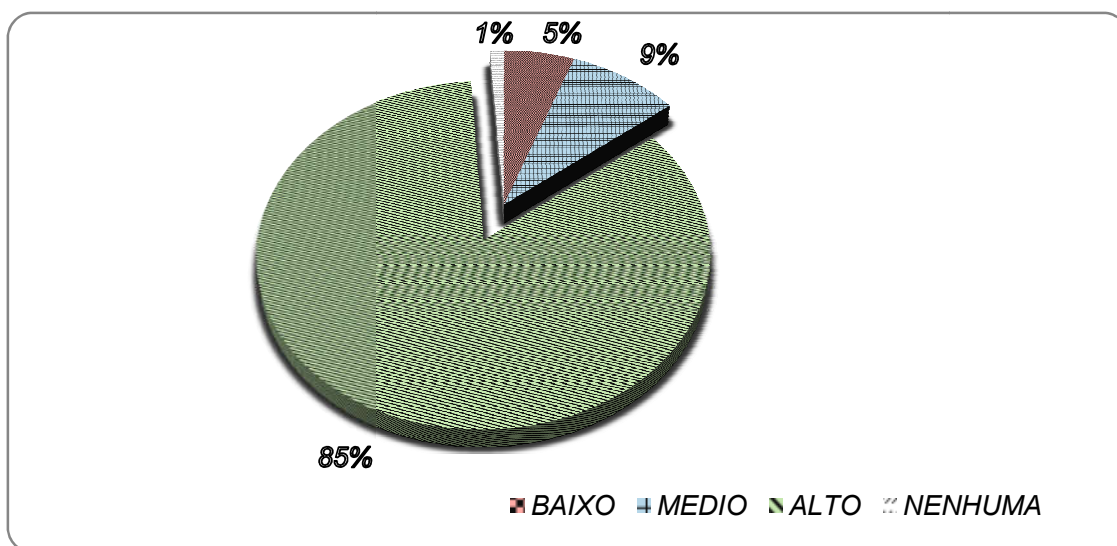


Gráfico 4. Resultado da questão 5, onde aborda o grau de importância dos exercícios laboratoriais e simulacros de incêndio na prática da profissão Bombeiro Militar

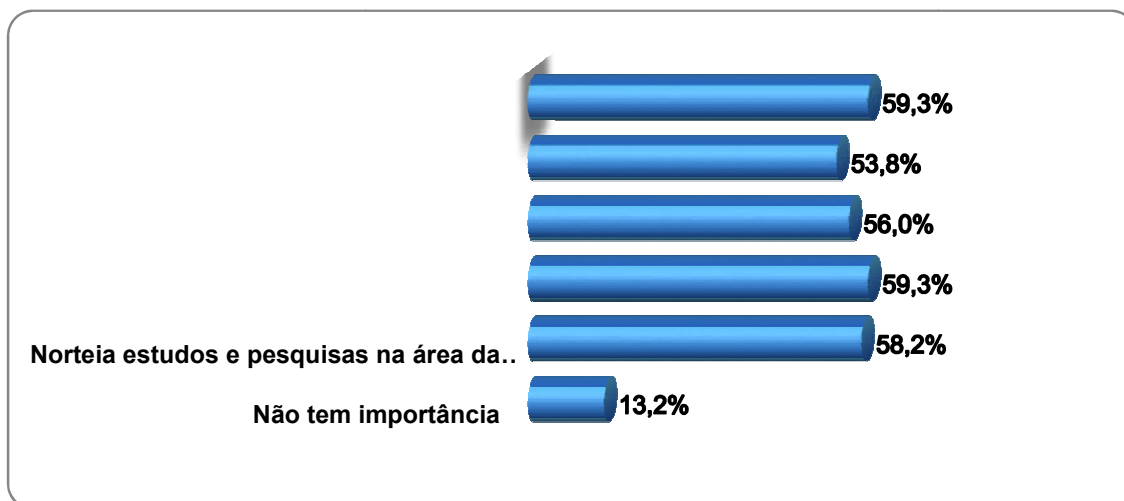


Gráfico 5. Resultado da questão 6, onde aborda a importância do conhecimento de modelos matemáticos do comportamento do fogo nas atividades do Oficial Bombeiro Militar

Da análise dos gráficos 3, 4 e 5, observa um significativo interesse pelo estudo do comportamento do fogo (gráfico 3), bem como exercícios laboratoriais e simulações de incêndio (gráfico 4) e com alta aplicabilidade na profissão Bombeiro Militar.

O gráfico 5 aponta que o conhecimento de modelos matemáticos do comportamento do fogo pode direcionar o Oficial Bombeiro Militar na transmissão do conhecimento, na prática operacional e pesquisa no viés do combate a incêndio.

3.3 Corpos de pesquisadores e alunos iniciantes no Corpo de Bombeiros

Para abordar esses temas foram realizadas as perguntas 7 e 8 do questionário em (apêndice 01).

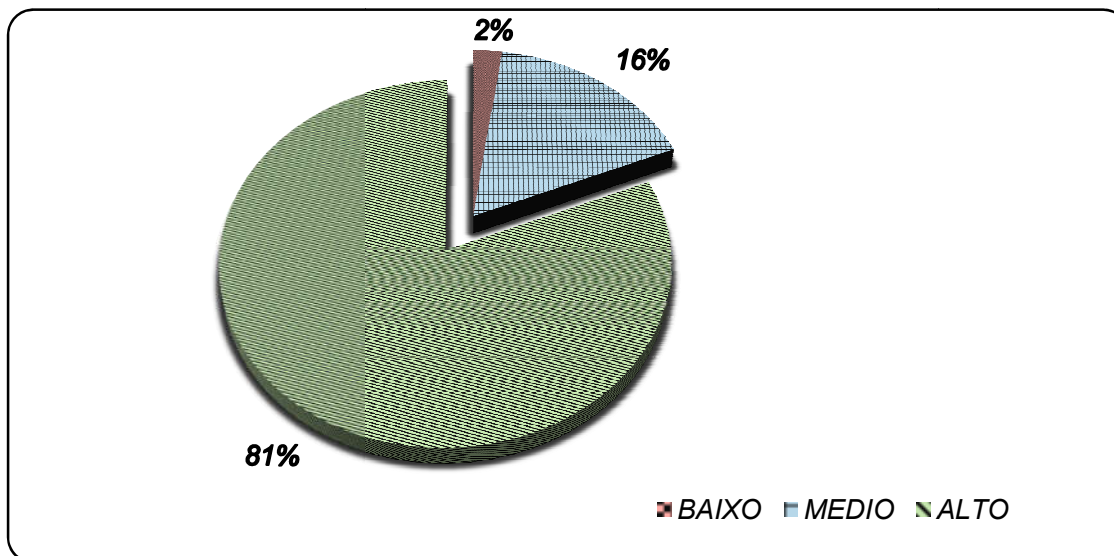


Gráfico 6. Resultado da questão 7, onde analisa o grau de importância de equipes de pesquisadores, na prática da profissão Bombeiro Militar

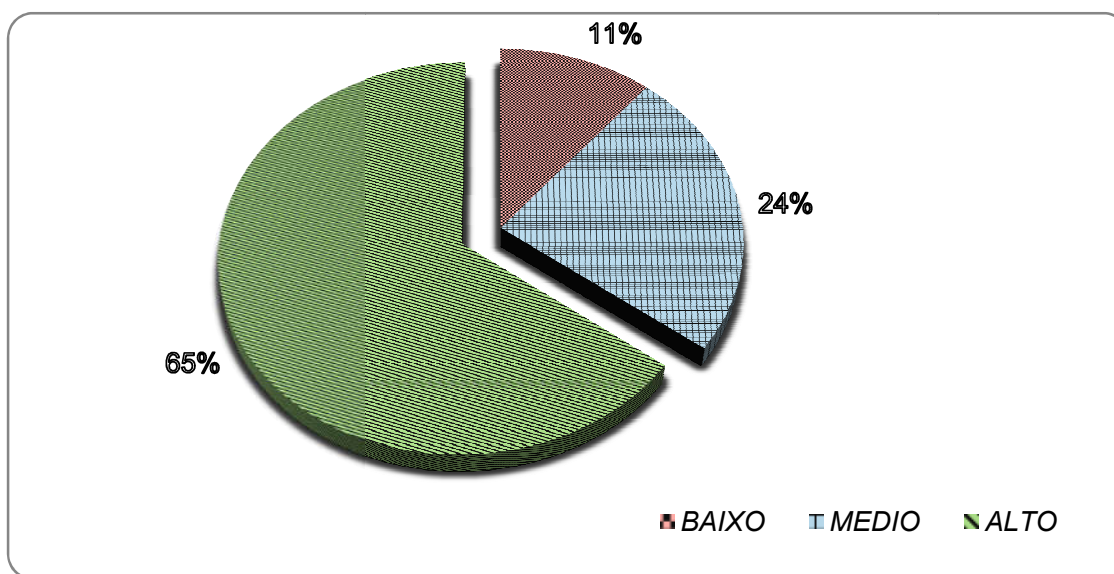


Gráfico 7. Resultado da questão 8, onde avalia a importância do estudo de modelos matemáticos nos Cursos de Formação de Oficiais Bombeiro Militar

Da análise dos gráficos 7 e 8, observa alta relevância quanto a formação de equipes de pesquisadores (gráfico 7) e a disseminação do

conhecimento de modelos matemáticos ainda na fase inicial da formação do Oficial (gráfico 8) para prática da profissão Bombeiro Militar.

3.4 A visão de um especialista

Em 12 de maio de 2015, foi entrevistado Sr. TC QOBM/Complementar Físico George Cajaty Barbosa Braga, pesquisador e perito de incêndio do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, 21 anos de serviços, Bacharel em Física pela UNB em 1993, Mestrado em Física do Estado Sólido Experimental pela UNB em 1996, Doutor em Física do Estado Sólido pela UNB em 2001 com estagio Naval em Research Laboratory (NRL/EUA) e Pós Doutor em Tecnologia de Combate a Incêndio em 2011 pelo National Institute of Standards and Technology (NIST/EUA).

Ao ser questionado sobre o que o levou a estudar a ciência do fogo e quais as dificuldades encontradas, afirmou que:

Fui contratado pelo CBMDF como físico em 1994, onde iniciei os meus trabalhos no antigo Centro de Investigação e Prevenção de Incêndio (CIPI), atualmente Diretoria de Investigação de Incêndio (DINVI). Desde o início era natural que a ciência do fogo fosse a base para a Investigação de incêndio. E isso tanto é verdade, que o CIPI já possuía desde o início da década de 90 um laboratório para análise pericial, tanto em física, quanto em química e eletricidade. Laboratório esse que foi o embrião para a realização de pesquisa dentro da instituição. Com o passar dos anos e com a realização do mestrado e doutorado, tornou-se natural que passasse a realizar pesquisas em ciência do fogo para a melhoria não só da investigação de incêndio, mas também para a melhoria da prevenção, inclusive normatização, e do combate a incêndio. No início a situação foi um pouco complicada, até pela falta de tradição das instituições Bombeiros Militar de realizarem pesquisa. Isso só veio a melhorar quando, inicialmente cadastramos o CBMDF como Instituição de pesquisa junto ao CNPq em 2003. Após isso, e com o trabalho de elaborar e apresentar diversos projetos de pesquisa, fomos contemplados com o primeiro projeto exclusivo do CBMDF ainda em 2006. Depois disso já tivemos projetos aprovados pela FAPDF e CNPq. É importante ressaltar que trabalhar com pesquisa não é algo fácil, principalmente experimental, quando são necessários equipamentos, tempo e paciência para que os resultados apareçam.

Ao ser questionado sobre os conhecimentos necessários para um pesquisador da ciência do fogo, respondeu que:

A ciência do fogo é uma área essencialmente multidisciplinar. Em geral podemos citar pessoas formadas na área de engenharia civil, mecânica, elétrica e florestal, bem como física, matemática e química, mas conhecimentos em arquitetura, educação física, medicina e outras áreas são também importantes. Obviamente dificilmente se terá este tipo de

conhecimento em uma só pessoa e por isso o trabalho em grupo é essencial.

Ao ser questionado se a formação do Oficial Bombeiro Militar apresenta condições para surgimento de pesquisadores da ciência do fogo, respondeu que:

Em alguns casos, a formação do Oficial Bombeiro Militar pode levar ao início de um pesquisador em ciência do fogo. Dependendo do nível do curso, o aluno poderia ser tratado como de iniciação científica, ou mesmo já num nível de um pesquisador em seu estágio inicial. É claro que ele ainda terá que se desenvolver, mas isso vem com o tempo e com o trabalho. Exemplo disso é termos pelo menos um aluno do CFO de Brasília, cujo trabalho de conclusão de curso foi aceito para apresentação em congresso internacional.

Ao ser questionado sobre a importância da pesquisa no Corpo de Bombeiros Militar, respondeu que:

Apenas com a pesquisa poderemos melhorar a prevenção, o combate e a investigação de incêndio. O mesmo pode ser dito para as outras áreas de atuação do bombeiro, mas, por não ser esta a minha especialização, prefiro não comentar. Na área de prevenção, a criação das normas técnicas de segurança contra incêndio e pânico deveria ser precedida da realização de testes e ensaios. Precisamos ter certeza que as normas sejam efetivas e apenas copiá-las de outros países não garantem isso, pois existem peculiaridades de clima, aspectos construtivos, materiais utilizados e outras que influenciam fortemente o comportamento do fogo. O mesmo vale para o combate e a investigação, onde devemos estar em sintonia com o que é feito lá fora, mas também realizando experimentos que possam comprovar, ou refutar, as suas conclusões.

Ao ser questionado sobre os conhecimentos que devem ser acrescentados na formação do Oficial Bombeiro para que se desperte o interesse pela pesquisa, respondeu que:

Acredito que o principal fator para que o aluno a oficial bombeiro possa ter despertada a vontade de fazer pesquisa é mostrar o que está sendo feito no mundo e que temos capacidade de repetir ou mesmo melhorar isso. Devemos também dar tempo hábil para que o aluno possa fazer um bom trabalho de conclusão de curso e que possa ter orientadores que tenha conhecimento e real desejo de realizar pesquisa. Isso pode ser feito tanto com militares da corporação, quanto com professores das universidades.

Ao ser questionado sobre o que agrega ao Oficial Bombeiro conhecer modelos matemáticos do comportamento do fogo, respondeu que:

A modelagem computacional é uma ferramenta excelente tanto para prevenção, quanto o combate e a investigação de incêndio. Com o modelamento podemos verificar se as normas estão de acordo com o esperado mesmo sem a realização de um ensaio em tamanho real. Obviamente depois que o modelo já esteja validado para aquela determinada situação. No treinamento de combate a incêndio podemos ensinar comportamento do fogo, a influência da ventilação natural e por pressão positiva, ou até mesmo dos diversos materiais existente. Para a investigação, ela pode ser usada para testes de hipóteses, tornando uma ferramenta auxiliar excelente para comprovar ou refutar as conclusões de um laudo.

Ao ser questionado se o Corpo de Bombeiros utiliza algum modelo matemático em investigação de incêndios, quais e o porquê, respondeu que:

O CBMDF desde 2003 vem utilizando o Fire Dynamics Simulator (FDS) para simular incêndio e até mais recentemente, para simular a evacuação (fuga) de ambientes. A grande vantagem deste programa é que ele é completamente gratuito, feito e mantido pelo NIST há mais de 10 anos. Possuindo código aberto e sendo gratuito, ele possui grande aceitação no mundo todo. Já em 2009 foi adquirido com dinheiro de projeto de pesquisa o programa Pyrosim, que é uma interface gráfica para o FDS, facilitando a entrada de dados para quem já trabalha com autocad. Além disso, temos também o Simulex e o Pathfinder para simulação de evacuação. Esses programas são pagos, mas apresentam bons resultados.

Ao ser questionado sobre sua opinião quanto ao estudo de modelos matemáticos nos curso de formação de Oficiais, respondeu que:

A utilização de modelos computacionais pode ser uma boa ferramenta importante para o ensino de teoria do fogo. Tendo embasamento modelos matemático pode facilitar a utilização dos programas de modelagem computacional de incêndio, colocando os alunos no topo do conhecimento técnico em ciência do fogo.

CONCLUSÃO

Considerando o trabalho em uma amostra onde se obteve um erro de 7% sob um índice de confiança de 95%, a pesquisa representa uma realidade no Corpo de Oficiais do Corpo de Bombeiros Militar de Goiás.

Observa que na população estudada, 61,5% teve acesso aos conhecimentos de termodinâmica; 94,5%, de transferência do calor; 73,5%, de mecânica dos fluidos; 96,5%, de combustão; 89,0%, de propagação do calor; 47,3%, de estatística e 9,9%, de modelagem matemática. Verificou-se que a importância dada aos conhecimentos transmitidos foi considerada alta para 54% dos entrevistados; média para 31%; baixa para 11%; sendo que 4% do total não viu conteúdo.

De acordo com o plano de matérias apresentado, o nível de conhecimento das ferramentas matemáticas é baixo, tendo em vista que o conteúdo se resume a técnicas de derivação e integração em funções de uma variável real, ao passo que a ciência do fogo aborda diversas variáveis de notável complexidade, assim, limitando a capacidade do pesquisador em inferir sobre o objeto, devido a falta de conhecimento da estrutura lógica matemática envolvida.

Quanto ao estudo do comportamento do fogo, 87% consideram de alta relevância e 85% definem como alta importância as práticas laboratoriais e simulações de incêndios para a carreira profissional. Quanto ao conhecimento de modelo matemáticos do comportamento do fogo 59,3% alegam incentivar o estudo; 53,8% dar sustentação nas instruções; 56,0% fundamentar as táticas e técnicas; 59,3% facilitar a compreensão prática, 58,2% nortear estudos e pesquisa na área da ciência do fogo e 13,2% não vêem importância nas atividades de bombeiros.

Verifica-se que 81% consideram alta relevância a existência de equipes de pesquisadores. Quanto ao estudo de modelos matemáticos no Curso de Formação de Oficiais, 65% alegam ser de alta, 24% média e 11% baixa importância.

Não há avanço na ciência sem o conhecimento científico, o estudo analítico do objeto potencializa a eficácia dos métodos e propicia um aprendizado continuado, o "despertar da vontade de fazer ciência", tem início nos anais da formação e o instrutor é o estopim para essa explosão. "Todo conhecimento contém sempre e

necessariamente um fator fundamental de assimilação, o único a conferir significação ao que é percebido ou concebido” (PIAGET, 2003).

A necessidade de um olhar crítico na sobrevivência dos ensinamentos dos Corpos de Bombeiros é notória, tendo em vista a relevância científica e a posição nacional no cenário mundial. Diversos "estalos" já soaram para o "despertar", resta-se reunir forças, divulgar conhecimento e convergir resultados para o avanço dessa nova ciência.

Para que se concretizem as intenções do grupo é salutar não apenas uma reforma curricular na formação dos Oficiais, mas também investimentos na área de pesquisa e direcionamentos do capital intelectual de seus membros, entrelaçando suas atividades com estatísticas, estas com ferramentas matemáticas, estas com modelos, estes com análises, estas com o mundo físico.

Mas, onde se cruzarão a matemática e o fogo? Na visão de muitos não há relação, entretanto, se almejamos entender o presente para projetarmos o futuro, essa é a ferramenta. Nas palavras do TC Geroge, "no topo do conhecimento técnico".

REFERÊNCIAS

LAKATOS, Eva Maria; MARCONI, Marina de Andrade. **Fundamentos da Metodologia Científica– 5ª edição**. São Paulo:Atlas, 2003.

MINISTÉRIO DO EXÉRCITO. **Manual do Instrutor– 3ª edição**. Brasília, 1997.

PIAGET, Jean. **Biologia e conhecimento– 4ª edição**. Petrópolis: Editoras Vozes, 2003.

SEITO, Alexandre Itiu et al. **A Segurança Contra Incêndio no Brasil**. São Paulo: Projeto E ditora, 2008.

SILVA, Valdir Pignatta e. **Estrutura de Aço em Situação de Incêndio**. Disponível em: http://www.researchgate.net/profile/Valdir_Silva/publication/270393280_ESTRUTURAS_DE_AO_EM_SITUAO_DE_INCNDIO/links/54a92c310cf257a6360c1a7f.pdf. Acesso em 30/04/2015.

_____. **Estrutura de Aço em Situação de Incêndio** - São Paulo: Zigurete Editora, 2004.

ZIILL, Dennis G. **Equações Diferenciais com aplicação em modelagem - tradução da 9ª edição norte-americana**. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

CBMGO. **Plano de Ensino**.Goiás, 2014.

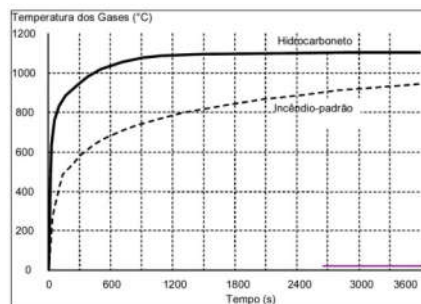
APÊNDICE 01

QUESTIONÁRIO

ANTES DE RESPONDER LEIA O TEXTO COM MUITA ATENÇÃO

O que é um modelo matemático?

Frequentemente é desejável descrever o comportamento de algum fenômeno da vida real em termos matemáticos, que seja físico, econômico ou social, a descrição matemática desse fenômeno é chamado modelo matemático.



A imagem ao lado representa duas soluções aceitáveis de um modelo matemático de um incêndio segundo a EUROCODE 1. A curva inicialmente mais abaixo representa um incêndio padrão e a outra um incêndio com materiais hidrocarbonetos. Ou seja, representa o comportamento da temperatura dos gases em incêndio ao longo do tempo. Através do estudo analítico da ciência do fogo, são testados materiais de proteção contra incêndio, técnicas e táticas de combate, desenvolvimento de simuladores de incêndio e uma infinidade de conhecimento extraída nos laboratórios computacionais e físicos.

A pesquisa abaixo se destina a investigação e coleta de dados para o Trabalho de Conclusão de Curso do CEGSP/CAO 2015, a qual se pretende investigar a importância do estudo de modelos matemáticos na formação de Oficiais Bombeiros Militares.

Questionamentos:

1. Quantos anos têm de formação Oficial Bombeiro?

() Menos de 5 anos () De 5 a 10 anos () De 10 a 15 anos () Mais de 15 anos

2. Quais dos conhecimentos abaixo foram abordados em sua formação de Of. Bombeiro?

() Termodinâmica () Transferência de calor () Mecânica dos fluidos

() Combustão () Propagação de chamas () Estatística

() Modelos matemáticos do comportamento fogo (laboratório computacional ou teórico)

3. Qual o grau de importância (aplicabilidade) dado por você no aprendizado das disciplinas das ciências naturais, como: Física, Cálculo, Química em sua formação?

Baixo Médio Alto Não tive essas disciplinas

4. Qual o grau de importância (aplicabilidade) do estudo do comportamento do fogo na prática de sua profissão?

Baixo Médio Alto Nenhuma aplicação

5. Qual o grau de importância (visão de aplicabilidade) dos exercícios laboratoriais e simulacros de incêndios, na prática da profissão Bombeiro Militar?

Baixo Médio Alto Nenhuma aplicação

6. Você acha que o conhecimento de modelos matemáticos do comportamento do fogo é importante para o Oficial Bombeiro Militar?

Sim Não

Caso opção sim, o que agrega na carreira do Oficial Bombeiro Militar?

- Incentiva os estudos na área de combate a incêndio
- Dar sustentação as instruções de combate a incêndio
- Fundamenta as técnicas e táticas de combate a incêndio
- Facilita a compreensão do comportamento do fogo
- Norteia estudos e pesquisas na área ciência do fogo

7. Qual o grau de importância (visão de aplicabilidade) da existência de um Corpo de pesquisadores formalizados, na prática da profissão Bombeiro Militar?

Baixo Médio Alto Nenhuma aplicação

8. Qual o grau de importância (visão de aplicabilidade) do estudo de modelos matemáticos do comportamento do fogo no CFO?

Baixo Médio Alto Nenhuma aplicação

Muito Obrigado e que Deus o abençoe.
Gideão **Oliveira** dos Santos - Cap QOBM

APÊNDICE02	ENTREVISTA
A importância do estudo de modelos matemático na formação do Oficial Bombeiro Militar	

Perguntas:

1. Nome, posto, idade, atividade que exerce para ficar no registro.
2. O Senhor tem quantos anos de Bombeiro Militar?
3. Qual a sua formação acadêmica civil?
4. O que levou o senhor a estudar a ciência do fogo e quais as dificuldades encontradas?
5. Quais os conhecimentos necessários para ser um pesquisador da ciência do fogo?
6. A formação do Oficial Bombeiro Militar apresenta condições para o surgimento de pesquisadores da ciência do fogo?
7. Qual a importância da pesquisa no Corpo de Bombeiros Militar?
8. Quais os conhecimentos que devem ser acrescentados na formação do Oficial Bombeiro para que desperte o interesse para pesquisa?
9. O que agrega ao Oficial Bombeiro conhecer modelos matemáticos do comportamento do fogo?
10. O Corpo de Bombeiros utiliza algum modelo matemático em investigações de incêndio? Qual o modelo e qual o programa mais usado? Por quê?
11. Qual a sua opinião sobre o estudo de modelos matemáticos no CFO?

Muito Obrigado e que Deus o abençoe.
Gideão **Oliveira** dos Santos - Cap QOBM