

ESTUDO DE EVACUAÇÃO EM EDIFICAÇÃO EM BRASÍLIA COM O USO DO FDS-EVAC

Evacuation Study In Building In Brasilia With Fds- Evac Use

Leandro Magalhães Mariani

Major do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal. Analista de projetos da Diretoria de Estudos e Análise de Projetos do Departamento de Segurança Contra Incêndio do CBMDF. Engenheiro Civil pela Universidade Estadual de Goiás e Mestrando em Segurança aos Incêndios Urbanos pela Universidade de Coimbra/Portugal. Email: leandro.mariani@cbm.df.gov.br

Thiago Brazeiro Carlos

Bolsista da CAPES. Engenheiro Civil pela Universidade Federal do Pampa, Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Maria e Doutorando em Engenharia de Segurança ao Incêndio na Universidade de Coimbra/Portugal. Email: thiago_brazeiro@hotmail.com

RESUMO

A edificação em estudo está inserida no Setor de Clubes Esportivos Sul na orla sul do Lago Paranoá, localizado em Brasília, uma cidade tombada patrimônio histórico pela UNESCO. A edificação trata-se de um restaurante com dois pavimentos: térreo e subsolo. A edificação está devidamente licenciada e habitável por autorização dos órgãos competentes. O pavimento térreo está dividido em diversos ambientes, sendo este o pavimento onde encontra-se a concentração de público do restaurante. O estudo considerou a classificação da edificação e o dimensionamento das saídas de acordo com a situação conforme está construída. Para a simulação, foram modelados os cenários de incêndio e evacuação para a situação real, e para as situações de imensioamento de saídas de emergência e população para as hipóteses de cumprimento da ABNT NBR 9077, cumprimento da NT 010/2015 - CBMDF e cumprimento da Portaria 1532/2008 - SCIE de Portugal. A partir da análise dos resultados da simulação realizada no aplicativo FDS+Evac, desenvolvido pelo NIST, foram realizadas considerações em relação aos cenários simulados e os parâmetros relevantes para a evacuação do público do restaurante em situação de incêndio.

Palavras-chave: Incêndio. Fogo. Controle de Fumaça. Modelagem Numérica. Evacuação.

ABSTRACT

The building under consideration is part of the South Sports Clubs industry in the southern edge of Lake Paranoá, located in Brasilia, a city fallen heritage by UNESCO. The building it is a restaurant with two floors: ground floor and basement. The building is properly licensed and livable by authorization of the competent bodies. The ground floor is divided into several environments, this being the surface which is the square of the concentration of the restaurant. The study considered the building classification and scaling of the outputs according to the situation as it is built. For the simulation, the fire and evacuation scenarios for the actual situation were modeled, and the situations of imensioamento of emergency exits and population to the chances of compliance with NBR 9077, fulfillment of NT 010/2015 - CBMDF and enforcement of Ordinance 1532/2008 - SCIE Portugal. From the analysis of the results of the simulation carried out in the application FDS + Evac, developed by NIST, considerations were made in relation to simulated scenarios and the relevant parameters for the evacuation of the public restaurant in fire.

Keywords: Fire. Smoke Control. Numerical Modeling. Evacuation..

O presente estudo foi realizado como trabalho acadêmico para o Mestrado em Segurança aos Incêndios Urbanos e o Doutorado em Segurança ao Incêndio da Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, em 2015.

1 INTRODUÇÃO

Brasília é uma cidade tombada patrimônio histórico pela UNESCO. A orla do lago Paranoá está inserida no plano urbanístico desenvolvido pelo urbanista Lúcio Costa, devendo ser preservada por meio de normas urbanísticas aprovadas pelos órgãos de patrimônio histórico.

A edificação em estudo está inserida no Setor de Clubes Esportivos Sul na orla sul do Lago Paranoá, setor de grande relevância para a comunidade de Brasília, localizado na área central da capital federal do Brasil.

O estudo irá analisar a evacuação em situação de incêndio para a edificação, sob o ponto de vista da legislação brasileira e a legislação de Portugal. Para isto, serão modelados cenários com os possíveis dimensionamentos previstos nas normas e conforme a situação real da edificação.

O histórico da edificação e o levantamento das informações para desenvolvimento do estudo e as conclusões estão descritos nos capítulos seguintes: no capítulo 2 são apresentadas as concordâncias e as discrepâncias arquitetônicas da edificação quanto às normas brasileiras de saídas de emergência e evacuação; no capítulo 3 é verificado o tempo de evacuação do edifício utilizando métodos de cálculo simplificado; no capítulo 4 são apresentadas simulações numéricas para incêndio na edificação e; no capítulo 5 são apresentadas as conclusões.

2 A EDIFICAÇÃO E A LEGISLAÇÃO DE SAÍDAS DE EMERGÊNCIA

A edificação trata-se de um restaurante com dois pavimentos: térreo e subsolo. A edificação está devidamente licenciada e habitável por autorização dos órgãos competentes. Por meio de levantamento, foi desenhado croqui dos pavimentos.

O pavimento térreo está dividido em diversos ambientes, sendo o pavimento onde encontra-se a concentração de público do restaurante. Neste pavimento também está localizada a cozinha.

No pavimento térreo existe uma saída principal, a qual é a que é utilizada como entrada no estabelecimento, e uma saída secundária.

O pavimento subsolo é utilizado para armazenagem de alimentos, bebidas e para a área administrativa. Não existe acesso ao público para este pavimento.

No pavimento subsolo existe uma grande saída para o espaço exterior. Existe ainda uma saída ligada ao corredor.

Não existe sistema de controle de fumaça na edificação, e a ventilação dos ambientes confinados é de natureza mecânica.

As áreas dos compartimentos relevantes da edificação em estudo totalizam uma área de 1391,40 m².

A escada existente na edificação encontra-se em local de uso restrito, não sendo utilizada como via de evacuação. Todavia, para simulação dos cenários, a escada foi modelada.

2.1 Classificação da edificação

A edificação será classificada conforme a legislação vigente no Brasil. Conforme análise de documentação, à época do licenciamento, a legislação vigente era a ABNT NBR 9077. Porém, para efeito de estudo, a edificação será classificada conforme a NT 010/2015 - CBMDF, legislação atualmente vigente.

Foi realizada também a análise conforme a legislação vigente em Portugal, a qual é o Decreto-Lei nº 220/2008 e a Portaria nº 1532/2008, ambos referentes ao regime jurídico da segurança contra incêndios em edifícios, ou, SCIE.

2.2 Classificação e dimensionamento conforme ABNT NBR 9077

Até janeiro de 2015, a legislação vigente no Distrito Federal/Brasil para saídas de emergência remetia a consulta a NBR ABNT 9077, cuja última revisão ocorreu no ano de 2001.

A seguir, as tabelas 1 descrevem a classificação e dimensionamento da edificação em estudo conforme a referida norma.

Tabela 1 - Classificação quanto a ocupação conforme ABNT NBR 9077

Uso predominante	Descrição do uso relacionado pela Tabela 1 da ABNT NBR 9077	Classificação da divisão conforme Tabela 1 da ABNT NBR 9077
Restaurante	Locais para refeição	F-8
Áreas de apoio	Locais para prestação de serviços profissionais ou condução de negócios	D

Fonte: Elaborada pelos autores.

Considerando que 1 unidade de passagem, conforme a ABNT NBR 9077, equivale a 55cm, então as saídas deveriam estar dimensionadas conforme se segue na Tabela 2.

Tabela 2 - Dimensionamento das saídas de emergência conforme ABNT NBR 9077

Pavimento	População (pessoas)	Unidades de Passagem	Somatório da largura das saídas (m)
Térreo	808	9	4,95
Subsolo	55	1	0,55

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme verificação *in loco*, no térreo existe uma saída com 1,65m (Saída 1) e uma saída com 0,80m (Saída 2), totalizando apenas 4 unidades de passagem.

No subsolo a quantidade de saídas e unidades de passagem excede a necessidade, conforme dimensionamento da ABNT NBR 9077.

Em relação as vias de evacuação, as larguras excedem o exigido na legislação, não havendo discrepâncias com os regulamentos.

2.2.1 Classificação e dimensionamento conforme NT 010/2015 - CBMDF

Em janeiro de 2015, foi publicado em Diário Oficial a Norma Técnica nº 10/2015 do Corpo de Bombeiros Militar do Distrito Federal, tornando esta a legislação vigente no Distrito Federal/Brasil para saídas de emergência.

A seguir, a tabela 3 descreve a classificação e dimensionamento da edificação em estudo conforme a referida norma.

Tabela 3 - Classificação quanto a ocupação conforme NT 010/2015 - CBMDF

Uso predominante	Descrição do uso relacionado pela Tabela 1 da NT 010/2015 - CBMDF	Classificação do grupo conforme Tabela 1 da NT 010/2015 - CBMDF
Restaurante	Restaurantes	25
Áreas de apoio	Serviços profissionais	09

Fonte: Elaborada pelos autores.

Considerando que 1 unidade de passagem, conforme a NT 010/2015 - CBMDF, equivale a 55cm, então as saídas deveriam estar dimensionadas conforme se segue na Tabela 4.

Tabela 4 - Dimensionamento das saídas de emergência conforme NT 010/2015 - CBMDF

Pavimento	População (pessoas)	Unidades de Passagem	de Somatório da largura das saídas (m)
Térreo	808	9	4,95
Subsolo	55	1	0,55

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme verificação *in loco*, no térreo existe uma saída com 1,65m (Saída 1) e uma saída com 0,80m (Saída 2), totalizando apenas 4 unidades de passagem.

No subsolo a quantidade de saídas e unidades de passagem excede a necessidade, conforme dimensionamento da NT 010/2015 - CBMDF.

Em relação as vias de evacuação, as larguras excedem o exigido na legislação, não havendo discrepâncias com os regulamentos.

Verifica-se que o dimensionamento conforme a norma local do Distrito Federal trouxe resultados análogos à ABNT NBR 9077.

2.2.2 Classificação e dimensionamento conforme a Portaria 1532/2008 - SCIE

A seguir, a tabela 5 descreve a classificação e dimensionamento da edificação em estudo conforme a SCIE.

Tabela 5 - Classificação quanto a ocupação conforme o SCIE

Uso predominante	Descrição da utilização-tipo conforme Decreto-Lei 220/2008	Utilização-tipo conforme Decreto-Lei 220/2008
Restaurante	hoteleiros e restauração	VII

Fonte: Elaborada pelos autores.

Considerando que 1 unidade de passagem, conforme a Portaria 1532/2008 - SCIE, equivale a 90cm, então as saídas deveriam estar dimensionadas conforme se segue na Tabela 6.

Tabela 6 - Dimensionamento das saídas de emergência conforme SCIE

Local	População	Quantidade de saídas	de Unidades de passagem	de Somatório da largura das saídas (m)
Térreo	829	3	9	5,40
Subsolo	77	2	1	0,90

Fonte: Elaborada pelos autores.

Conforme verificação *in loco*, no térreo existe uma saída com 1,65m (Saída 1) e uma saída com 0,80m (Saída 2). Conforme a SCIE, somente a Saída 1 possui dimensão mínima de UP, totalizando apenas 2 unidades de passagem.

No subsolo a quantidade de saídas e unidades de passagem excede a necessidade, conforme dimensionamento da SCIE.

Em relação as vias de evacuação, as larguras excedem o exigido na legislação, não havendo discrepâncias com os regulamentos.

3 TEMPO DE EVACUAÇÃO

O cálculo do tempo de evacuação será realizado conforme o método de Nelson e MacLennan. Considerando as diferenças encontradas em parâmetros como, população e quantidade de saídas, serão definidas 4 situações para o cálculo de evacuação, conforme descritas a seguir.

Foi considerado ainda, o tempo de detecção e reação das pessoas, também chamado de tempo de pré-movimento.

Convém ressaltar que a estimativa de evacuação no pavimento subsolo foi omitida, tendo em vista que os cenários de incêndio foram todos modelados no pavimento térreo. Desta forma, partiu-se da premissa que, tendo em vista a quantidade diminuta da população do pavimento subsolo em relação ao pavimento térreo (menos de 10%), o tempo de evacuação deste pavimento necessariamente será menor que o tempo de evacuação do pavimento térreo.

3.1 Tempo de detecção e reação

O tempo de detecção consiste no período compreendido entre o início do incêndio e a capacidade das pessoas perceberem que o incêndio está ocorrendo. O tempo de reação, ou tempo de pré-movimento, é o período compreendido entre o aviso ou a detecção das pessoas que o incêndio está ocorrendo até o início da evacuação (KORHONEN; HOSTIKKA, 2009).

A estimativa desse período de tempo possui natureza complexa, uma vez que se trata de variáveis dependentes do comportamento humano em situação de incêndio. Para o estudo, foi utilizado o valor de 60 segundos, compreendido entre os valores citados em DBH (2010) para situações em locais de público, tais como restaurantes.

3.2 Método de Nelson e MacLennan

O método de cálculo do tempo de evacuação de pessoas utilizado no presente trabalho foi o desenvolvido por H. Nelson e H. MacLennan, sendo descrito no *The SFPE Handbook of Fire Protection* (NELSON; MACLENNAN, 1995).

As premissas do método são as seguintes:

- Todas as pessoas iniciam a evacuação ao mesmo tempo, dentro de uma mesma zona definida;
- As pessoas se deslocam sem influência de possíveis decisões individuais de outras pessoas;
- A velocidade de deslocamento das pessoas são iguais, não havendo pessoas mais lentas ou com dificuldade de locomoção.

Os parâmetros e variáveis relevantes no modelo são: densidade; velocidade de evacuação; largura efetiva, e; fluxo específico.

3.3 Situação real da edificação com a população calculada conforme norma brasileira

Os parâmetros a serem utilizados serão os seguintes, conforme descrito na tabela 7.

Tabela 7 - População calculada conforme situação real da edificação e norma brasileira

Ambiente	População (pessoas)
Camarote 1	38
Camarote 2	17
Camarote 3	17
Camarote 4	17
Salão principal	405
Varanda	212
Recepção/bar	68
Demais áreas no térreo	34
Subsolo	55

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 8 - Saídas conforme situação real da edificação

Pavimento	Saída	Largura (m)
Térreo	Saída 1	1,65
Térreo	Saída 2	0,80
Subsolo	Saída 1	1,60
Subsolo	Saída 2	4,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir do método de estimativa de evacuação utilizado, o tempo de evacuação da edificação estimado é de 839 segundos ou, aproximadamente 14 minutos.

3.4 Situação real da edificação com a população calculada conforme norma portuguesa

Os parâmetros a serem utilizados serão os seguintes, conforme descrito nas tabelas 9 e 10.

Tabela 9 - População calculada conforme situação real da edificação e norma portuguesa

Ambiente	População (pessoas)
Camarote 1	38
Camarote 2	17
Camarote 3	17
Camarote 4	17
Salão principal	406
Varanda	213
Recepção	64
Bar	9
Demais áreas no térreo	48
Subsolo	77

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 10 - Saídas conforme situação real da edificação

Pavimento	Saída	Largura (m)
Térreo	Saída 1	1,65
Térreo	Saída 2	0,80
Subsolo	Saída 1	1,60
Subsolo	Saída 2	4,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir do método de estimativa de evacuação utilizado, o tempo de evacuação da edificação estimado é de 877,44 segundos = 14 minutos e 37 segundos.

3.5 Situação calculada conforme legislação brasileira

Para este cenário, foi modelada uma saída de emergência adicional, para que fosse cumprida a quantidade de saídas e unidades de passagem prescritas na norma brasileira, no pavimento térreo da edificação

Os parâmetros a serem utilizados serão os seguintes, conforme descrito nas tabelas 11 e 12.

Tabela 11 - População calculada conforme situação real da edificação e norma brasileira

Ambiente	População (pessoas)
Camarote 1	38
Camarote 2	17
Camarote 3	17
Camarote 4	17
Salão principal	405
Varanda	212
Recepção/bar	68
Demais áreas no térreo	34
Subsolo	55

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 12 - Saídas conforme norma brasileira

Pavimento	Saída	Largura (m)
Térreo	Saída 1	1,65
Térreo	Saída 2	1,65
Térreo	Saída 3	1,65
Subsolo	Saída 1	1,60
Subsolo	Saída 2	4,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir do método de estimativa de evacuação utilizado, o tempo de evacuação da edificação estimado é de 601,07 segundos = 10 minutos.

3.6 Situação calculada conforme legislação portuguesa

Da mesma forma que no cenário anterior, para este cenário, foi modelada uma saída de emergência adicional, para que fosse cumprida a quantidade de saídas e unidades de passagem prescritas na norma brasileira.

Os parâmetros a serem utilizados serão os seguintes, conforme descrito nas tabelas 13 e 14.

Tabela 13 - População calculada conforme situação real da edificação e norma portuguesa

Ambiente	População (pessoas)
Camarote 1	38
Camarote 2	17
Camarote 3	17
Camarote 4	17
Salão principal	406
Varanda	213
Recepção	64
Bar	9
Demais áreas no térreo	48
Subsolo	77

Fonte: Elaborada pelos autores.

Tabela 14 - Saídas conforme norma portuguesa

Pavimento	Saída	Largura (m)
Térreo	Saída 1	1,80
Térreo	Saída 2	1,80
Térreo	Saída 3	1,80
Subsolo	Saída 1	1,60
Subsolo	Saída 2	4,00

Fonte: Elaborada pelos autores.

A partir do método de estimativa de evacuação utilizado, o tempo de evacuação da edificação estimado é de 596,81 segundos = 10 minutos.

4 SIMULAÇÃO NO FDS-EVAC

Para a simulação, foram definidos quatro cenários de incêndio, conforme as situações descritas no capítulo 3.

4.1 Carga de Incêndio

Em todos os cenários, foi simulado um incêndio na cozinha, cuja carga de incêndio foi calculada com uso da ABNT NBR 14432:2001 e da EN 1991-1-2.

Conforme a norma brasileira ABNT NBR 14432:2001, para a edificação do tipo restaurante, a norma prescreve 300 MJ/m². Os dados para o estudo estão descritos na Tabela 15.

Tabela 15 - Características do ambiente incendiado (ABNT NBR 14432:2001)

Área (m ²)	Densidade de Carga de Incêndio (MJ/m ²)	Carga de Incêndio (MJ)
104,16	300	31248

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2 Parâmetros analisados

Sobre os parâmetros específicos ao ambiente, foram definidos 4 locais para verificação do comportamento do incêndio em função do tempo:

- Ambiente sinistrado (cozinha);
- Salão principal;
- Via horizontal de evacuação no térreo (circulação para o hall);
- Via horizontal de evacuação no subsolo.

Os parâmetros verificados foram os seguintes:

- Temperatura máxima;
- Temperatura mínima;
- Altura livre de fumaça;

Em relação aos parâmetros referentes a evacuação das pessoas, foram verificados o seguinte:

- Fluxo de pessoas nas saídas do térreo;
- Fluxo de pessoas nas saídas do subsolo;
- FED (*Fractional Effective Dose*).

4.2.1 Altura livre de Fumaça e temperaturas máximas e mínimas

Os aplicativos de simulação de incêndio baseados em modelagem por zonas, tal como o CFAST, apresentam os resultados com referência aos parâmetros de estratificação do ambiente com fumaça, ou seja, de altura livre de fumaça, temperatura da camada fria e temperatura da camada quente (MCGRATTAN, 2013).

Para um aplicativo por modelagem em malha, tal qual o FDS, McGrattan (2013) afirma que existem outros parâmetros mais eficazes que a serem

calculados para se analisar a estratificação da fumaça no cenário de incêndio, tal como a concentração dos gases da fumaça. Para o estudo, foi considerado o parâmetro FED.

Todavia, tais parâmetros são úteis para se verificar o atendimento as normas e documentos técnicos pertinentes a evacuação das pessoas, uma vez que sua aplicação se baseiam nesses fatores. Para o caso do local da edificação em estudo, ou seja, Brasília/Brasil, não existe legislação pertinente à altura livre de fumaça.

Desta forma, para o parâmetro de altura livre de fumaça usou-se como referência para análise dos resultados a norma francesa IT-246, a qual prescreve que a altura livre de fumaça deve ser de 75% da altura útil do pavimento, não sendo menor que 1,80m (Tabela 16).

Tabela 16 - Altura livre de fumaça (FRANÇA, 2004)

Altura útil (m)	Altura da fumaça (m)	Altura livre de fumaça (m)
2,80	0,70	2,10

Fonte: Elaborada pelos autores.

4.2.2 Fractional Effective Dose (FED)

O FED calculada pelo FDS se refere a uma composição de gases provenientes dos produtos do incêndio, sendo que, sua concentração determina as condições de incapacitação de uma pessoa. O resultado do cálculo compreende um fator de 0 a 1, sendo que, quanto mais próximo de 1, maiores são as condições para a incapacidade humana (SANTOS; RODRIGUES; SARAIVA, 2013).

Os pontos escolhidos para verificação do parâmetro FED foram todos a uma cota $z = 1,50$ m, considerando a altura média da região do nariz e olhos de um humano entre 1,60 m e 1,70 m de altura (SANTOS; RODRIGUES; SARAIVA, 2013).

4.3 Resultados

A seguir estão apresentados os resultados da simulação referente aos 4 cenários modelados. Serão expostos os parâmetros calculados a partir de tabelas e gráficos, além da análise dos resultados.

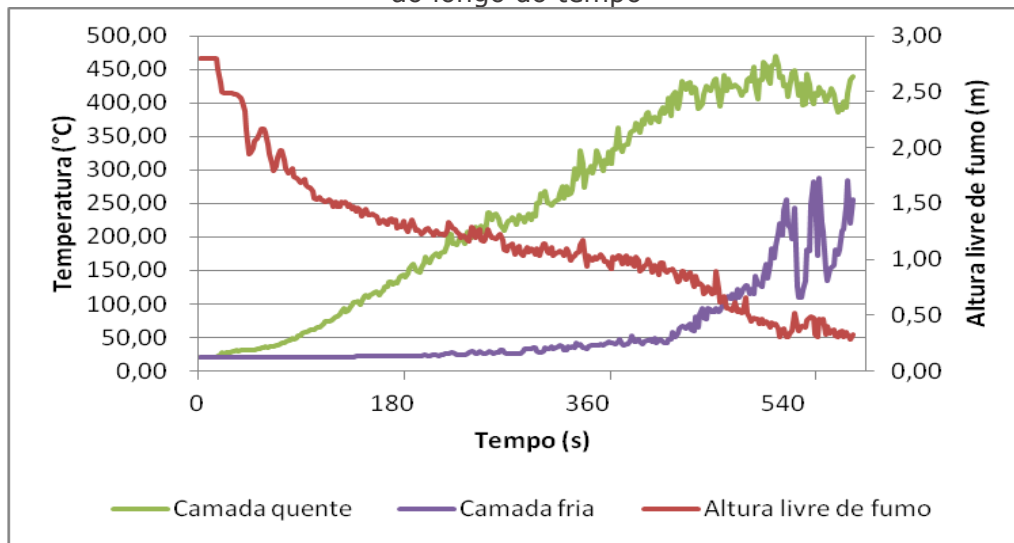
4.3.1 Parâmetros gerais

O tempo simulado foi de 600 s, ou 10 minutos. Este tempo foi definido a partir da observação dos resultados, uma vez que, o término da evacuação em todos os cenários simulados ocorreram antes deste tempo.

Na

Figura 1 pode-se observar o comportamento do ambiente incendiado, no caso, a cozinha, em relação a altura livre de fumaça e as temperaturas das camadas quente e fria.

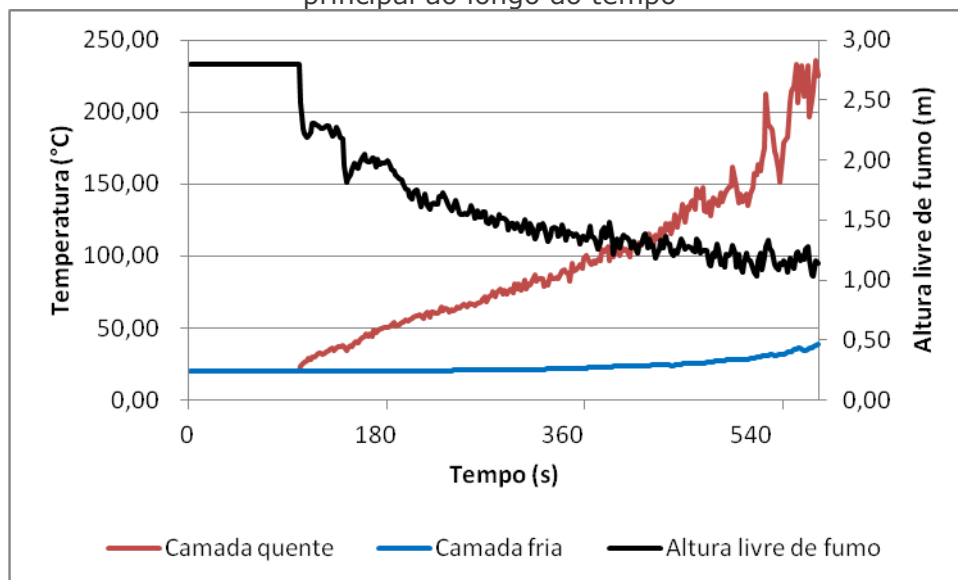
Figura 1 - Temperaturas das camadas fria e quente, altura livre de fumaça na cozinha ao longo do tempo



Fonte: Elaborada pelos autores.

Na Figura 2 pode-se observar o comportamento do salão principal em relação a altura livre de fumaça e as temperaturas das camadas quente e fria.

Figura 2 - Temperaturas das camadas fria e quente, altura livre de fumaça no salão principal ao longo do tempo

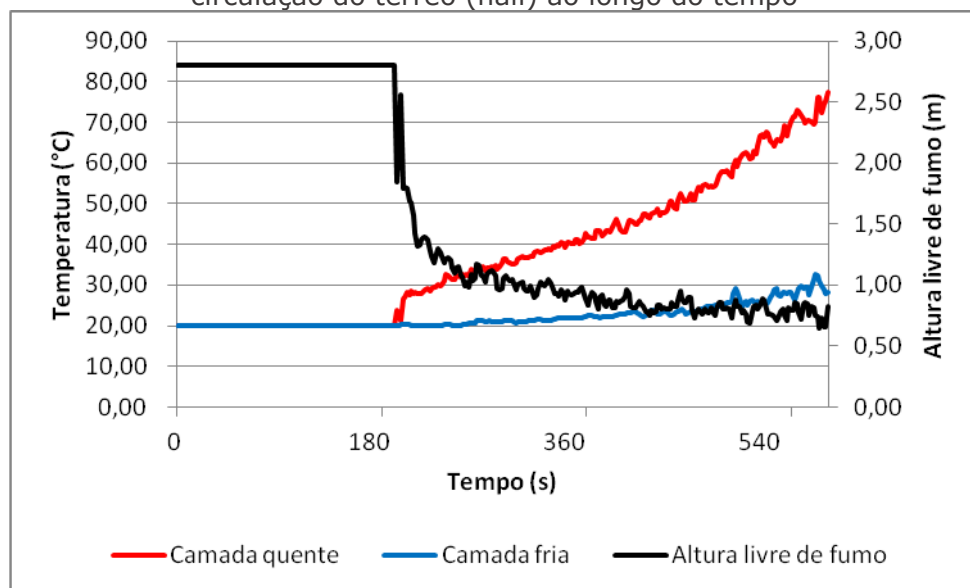


Fonte: Elaborada pelos autores.

Nas Figura 2

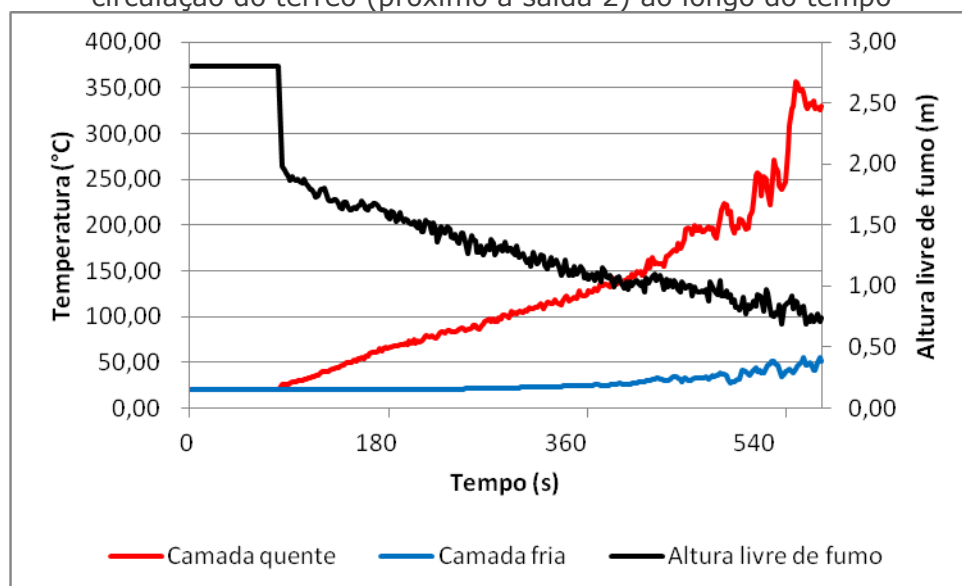
Figura 1 e Figura 3 pode-se observar o comportamento do incêndio em relação a altura livre de fumaça e as temperaturas das camadas quente e fria das circulações do térreo.

Figura 3 - Temperaturas das camadas fria e quente, altura livre de fumaça no ponto na circulação do térreo (hall) ao longo do tempo



Fonte: Elaborada pelos autores.

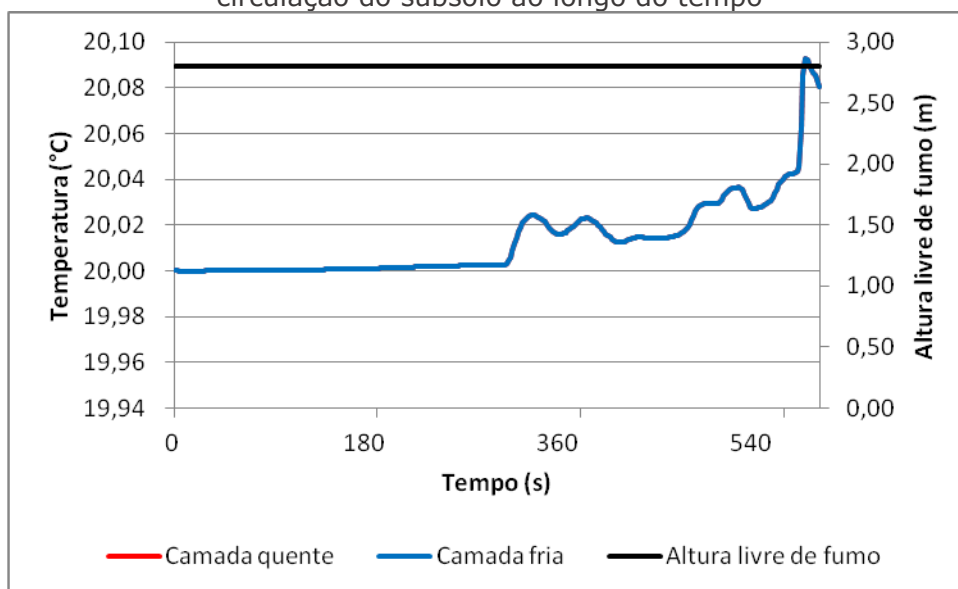
Figura 4 - Temperaturas das camadas fria e quente, altura livre de fumaça no ponto na circulação do térreo (próximo à saída 2) ao longo do tempo



Fonte: Elaborada pelos autores.

A seguir, na Figura 5, observa-se que o incêndio, no durante o período simulado, não alcançou o subsolo da edificação.

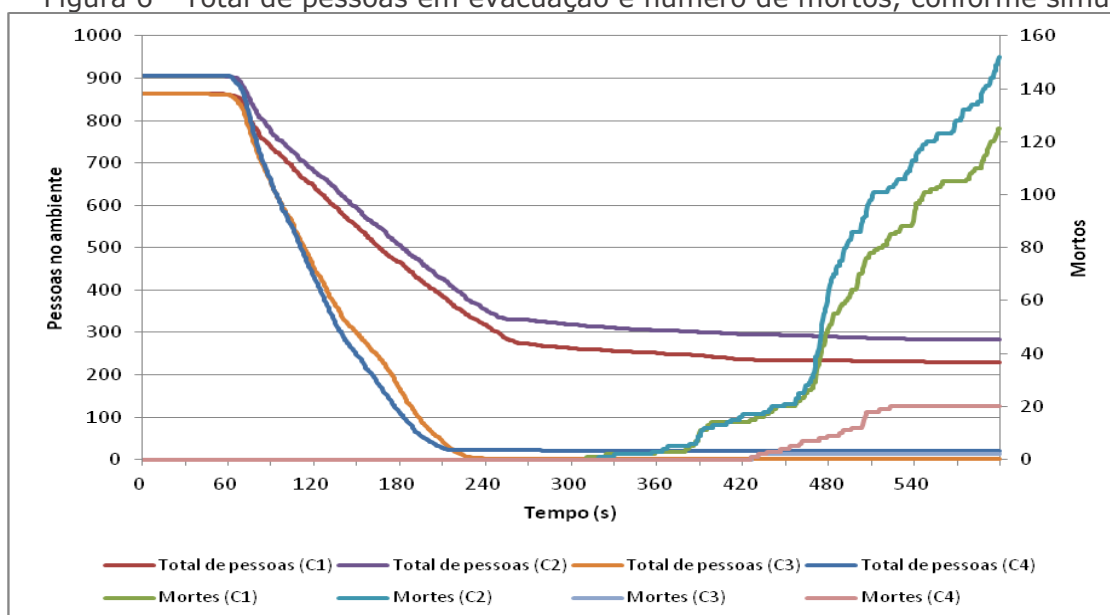
Figura 5 - Temperaturas das camadas fria e quente, altura livre de fumaça no ponto na circulação do subsolo ao longo do tempo



Fonte: Elaborada pelos autores.

A diferenciação da análise a partir dos 4 cenários, pode ser claramente visualizada na Figura 6, onde está exposto valores distintos de número de pessoas na edificação. Estão expostos ainda os possíveis mortos, tendo em vista a simulação realizada.

Figura 6 - Total de pessoas em evacuação e número de mortos, conforme simulação



Fonte: Elaborada pelos autores.

5 CONCLUSÃO

O estudo permitiu identificar as principais diferenças na legislação brasileira em relação a norma portuguesa, quanto ao cálculo de efetivo e parâmetros de dimensionamento da quantidade de saídas de emergência.

A partir dos resultados da simulação do FDS, conclui-se que, independente da normativa utilizada, o dimensionamento dos parâmetros para evacuação em situação de incêndio da edificação, tendo em vista a situação real que se encontra, está deficiente.

A diferença entre os cenários 1 e 2, que simulou a situação real da edificação em situação de incêndio, tão somente foi a quantidade de pessoas calculado conforme prescrição da normativa brasileira e da portuguesa. Como a norma portuguesa prescreve um efetivo maior para a situação, logo a quantidade de mortos resultantes da simulação foi maior.

Quanto aos cenários 3 e 4, a quantidade de pessoas em evacuação aumentou e número de mortos diminuiu no cenário 3 (norma brasileira), em relação ao cenário 4 (norma portuguesa). Isto pode ter ocorrido mais uma vez devido a normativa portuguesa prescrever um efetivo maior para a situação, apesar das unidades de passagens serem maior que as exigidas no Brasil.

Todavia, mesmo com o dimensionamento das saídas de acordo com a legislação pertinente, o tempo de evacuação ainda permaneceu alto, persistindo existência de mortos nos cenários. A altura livre de fumaça, por exemplo, já se encontrava em níveis abaixo dos recomendados durante o período de evacuação.

Desta forma, verifica-se que a utilização tão somente da prescrição em relação ao número de saídas de emergência e quantidade de unidades de passagem não garantem a eficiência de uma evacuação segura em situação de incêndio. Possivelmente, caso a edificação estivesse em total acordo com a normativa portuguesa, principalmente em relação ao controle de fumaça, os resultados da simulação seriam satisfatórios.

Para o caso da norma brasileira, o cenário 3 foi modelado em total acordo com a normativa. Sendo assim, para este caso, verifica-se que existe uma lacuna na legislação, ressaltando a inexistência de previsão de exigência de sistema de controle de fumaça em compartimentos nas edificações de Brasília.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001.

BERL, W. G.; HALPIN, B. M. **Human Fatalities from Unwanted Fires**. Baltimore, Md: Johns Hopkins University, Applied Physics Laboratory, EUA. 1979.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO DISTRITO FEDERAL. **Norma Técnica nº 010/2015**. Saídas de Emergência. Brasília: CBMDF, 2015.

DBH. Proposed changes to Building Code requirements and associated documents for protection from fire: Appendix B - Proposed Verification Method, New Zealand: Department of Building and Housing, 2010.

FRANÇA. **IT 246**. Instruction Technique relative au désenfumage des ERP. 2004. 11 p.

KORHONEN, T.; S. HOSTIKKA, S. Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac, Technical Reference and User's Guide. VTT Working Papers 119, VTT Technical Research Centre of Finland, Espoo, Finland, 2009.

MCGRATTAN, Kevin et al. **Fire Dynamics Simulator (FDS)**: User's Guide. NIST special publication 1018-5. National Institute of Standards and Technology. Washington, USA: Department of Commerce. Gaithersburg, 2013.

NELSON, H.; MACLENNAN, H. Emergency Movement. In: DININNO, P. and others. **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. 7. ed. National Fire Protection Association: Quincy Mass, 1995.

PORTUGAL. **Decreto-Lei nº 220**, 12 de novembro de 2008. Estabelece o Regime Jurídico de Segurança contra Incêndio em Edifício. Procuradoria-Geral Desportiva de Lisboa, 2008.

PORTUGAL. **Portaria nº 1532**, 29 de dezembro de 2008. Regulamento Técnico de Segurança contra Incêndio em Edifício. Procuradoria-Geral Desportiva de Lisboa, 2008.

SANTOS, D.; RODRIGUES, J. P. C.; SARAIVA, J. Estudo do desenvolvimento de um incêndio num túnel rodoviário e o seu impacto nas condições de evacuação. In: JORNADA DE SEGURANÇA AOS INCÊNDIOS URBANOS, 3, Universidade de Coimbra, **Anais...**, Portugal, 2013. p. 137-150.