

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

Rafael Sasso Dias

**COMPARAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NORMATIVOS DE
DIMENSIONAMENTO DE SAÍDAS DE EMERGÊNCIA PARA
BOATES E CASAS NOTURNAS POR MEIO DE SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL DE EVACUAÇÃO DE PESSOAS**

Porto Alegre
Dezembro 2019

RAFAEL SASSO DIAS

**COMPARAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NORMATIVOS DE
DIMENSIONAMENTO DE SAÍDAS DE EMERGÊNCIA PARA
BOATES E CASAS NOTURNAS POR MEIO DE SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL DE EVACUAÇÃO DE PESSOAS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Comissão de
Graduação do Curso de Engenharia Civil da Escola de Engenharia
da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos
requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientadora: Ângela Gaio Graeff

Porto Alegre
Dezembro 2019

RAFAEL SASSO DIAS

**COMPARAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NORMATIVOS DE
DIMENSIONAMENTO DE SAÍDAS DE EMERGÊNCIA PARA
BOATES E CASAS NOTURNAS POR MEIO DE SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL DE EVACUAÇÃO DE PESSOAS**

Este Trabalho de Diplomação foi julgado adequado como pré-requisito para a obtenção do título de ENGENHEIRO CIVIL e aprovado em sua forma final pela Banca Examinadora, pela Professora Orientadora e pela Comissão de Graduação do Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Porto Alegre, dezembro de 2019

BANCA EXAMINADORA

Profa. Ângela Gaio Graeff (UFRGS)
Ph.D. pela Universidade de Sheffield
Orientadora

Prof. Jean Marie Désir (UFRGS)
Dr. pela Universidade Federal do Rio de Janeiro

Eng.^a Brenda Brambatti Mentz (UFRGS)
Eng.^a Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Eng.^a Juliane Natália Dolvitsch (UFRGS)
Eng.^a Civil pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Dedico este trabalho a meus pais, José Carlos e Neusa.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a todos os professores da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, especialmente à professora e orientadora Ângela Graeff, pelo incentivo e conhecimento transmitido na área de SCI que possibilitaram a realização deste trabalho.

Aos meus pais José Carlos e Neusa, pelo apoio incondicional, ensinamentos e esforços que proporcionaram a oportunidade de estudar em uma Universidade Federal.

Aos colegas e amigos que participaram da jornada acadêmica, fundamentais para o crescimento pessoal e profissional.

O importante é não parar de questionar. A curiosidade tem sua própria razão de existir.

Albert Einstein

RESUMO

Este artigo tem como objetivo comparar os métodos de dimensionamento de saídas de emergência em casas noturnas conforme os procedimentos normativos do Estado do Rio Grande do Sul (RTCBMRS N°11), Estados Unidos da América (NFPA 101) e Reino Unido (BS 9999). A aplicação foi feita com base no cenário da tragédia da boate Kiss em Santa Maria no ano de 2013, onde problemas com as saídas de emergência contribuíram para agravar a situação. Além do dimensionamento das saídas, foram desenvolvidas simulações de evacuação de pessoas por meio do software *Pathfinder*, desenvolvido pela *Thunderhead Engineering*, recriando o cenário original da tragédia e cenários onde a edificação atenderia as medidas de cada procedimento. Também foram considerados cenários onde haveria a obstrução progressiva e total de uma das saídas de emergência. Os resultados das simulações mostram que a BS 9999 apresenta os menores tempos de evacuação para todos os cenários analisados, mesmo sendo o procedimento com a maior população calculada para a edificação usada como exemplo.

Palavras-chave: Saídas de Emergência. Boate Kiss. Evacuação. Segurança contra Incêndio. Simulação Computacional.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planta da boate Kiss conforme anexo II do Relatório Técnico emitido pelo CREA-RS.....	18
Figura 2 – Afastamento das saídas de emergência conforme RTCBMRS N°11.....	31
Figura 3 – Afastamento das saídas de emergência conforme BS 9999.....	32
Figura 4 – Afastamento das saídas de emergência conforme NFPA 101.....	32
Figura 5 – Posição das saídas de emergência conforme RTCBMRS N°11, BS 9999 e NFPA 101.....	33
Figura 6 – Planta com intervalos de tempo em segundos de reação conforme a distância ao início do incêndio.....	34
Figura 7 – Gráfico com as médias dos tempos de evacuação para os modelos da RTCBRS N°11, BS 9999 e NFPA 101.....	36

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estrutura da simulação de evacuação de pessoas.....	17
Quadro 2 – Áreas por uso da boate Kiss.....	19
Quadro 3 – Perfis de risco de acordo com as características de ocupação e taxa de crescimento do fogo conforme BS 9999.....	20
Quadro 4 – Classificação da boate Kiss conforme RTCBMRS N°11, NFPA 101 e BS 9999.....	21
Quadro 5 – Fatores de espaço para cálculo da população conforme BS 9999.....	22
Quadro 6 – Fatores de carga de ocupação utilizados conforme NFPA 101.....	24
Quadro 7 – Valores da capacidade de UP para o grupo F-6 conforme RTCBMRS N°11.....	26
Quadro 8 – Larguras para os perfis de risco analisados conforme BS9999.....	27
Quadro 9 – Distância máxima a ser percorrida conforme RTCBMRS N°11.....	30
Quadro 10 – Distância máxima a ser percorrida conforme BS 9999.....	30

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cálculo da população para a boate Kiss RTCBMRS N°11.....	22
Tabela 2 – Cálculo da população para a boate Kiss conforme BS 9999.....	23
Tabela 3 – Cálculo da população para a boate Kiss conforme NFPA 101.....	24
Tabela 4 – Populações calculadas para a boate Kiss conforme RTCBMRS N°11, BS 9999 e NFPA 101.....	25
Tabela 5 – Larguras mínimas de acesos, escadas e portas para a boate Kiss conforme RTCBMRS N°11.....	27
Tabela 6 – Larguras calculadas das saídas de emergência para a boate Kiss conforme RTCBMRS N°11, NFPA 101 e BS 9999.....	29
Tabela 7 – Distâncias máximas a serem percorridas para a boate Kiss conforme RTCBMRS N°11, NFPA 101 e BS 9999.....	31
Tabela 8 – Média de tempos em minutos das simulações.....	36

LISTA DE SIGLAS

RT – Resolução Técnica

CBMRS – Corpo de Bombeiros Militar do Rio Grande do Sul

NFPA – National Fire Protection Association

BS – British Standard

UFRGS – Universidade Federal do Rio Grande do Sul

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

ATSDR - Agency for Toxic Substances and Disease Registry

LISTA DE SÍMBOLOS

A – área (m²)

m - metro

m² – metro quadrado

cm – centímetro

mm - milímetro

UP – Unidade de Passagem

m²/pessoa – metro quadrado por pessoa

s – segundos

min - minutos

HCN – cianeto de hidrogênio ou gás cianídrico

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 MÉTODO DE PESQUISA	16
3 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO	17
4 DIMENSIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EMERGÊNCIA	19
4.1 CLASSIFICAÇÃO DA EDIFICAÇÃO	20
4.2 CÁLCULO DA POPULAÇÃO	21
4.3 DIMENSIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EMERGÊNCIA	25
4.3.1 Número mínimo de saídas	25
4.3.2 Largura das saídas	26
4.3.3 Distância máxima a ser percorrida	29
4.3.4 Disposição das saídas	31
5 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE EVACUAÇÃO DE PESSOAS	34
5.1 CENÁRIOS	35
5.2 RESULTADOS	35
6. CONCLUSÕES	38
7. AGRADECIMENTOS	39
8. REFERÊNCIAS	39

COMPARAÇÃO DE PROCEDIMENTOS NORMATIVOS DE DIMENSIONAMENTO DE SAÍDAS DE EMERGÊNCIA PARA BOATES E CASAS NOTURNAS POR MEIO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE EVACUAÇÃO DE PESSOAS

RESUMO

Este artigo tem como objetivo comparar os métodos de dimensionamento de saídas de emergência em casas noturnas conforme os procedimentos normativos do Estado do Rio Grande do Sul (RTCBMRS Nº11), Estados Unidos da América (NFPA 101) e Reino Unido (BS 9999). A aplicação foi feita com base no cenário da tragédia da boate Kiss em Santa Maria no ano de 2013, onde problemas com as saídas de emergência contribuíram para agravar a situação. Além do dimensionamento das saídas, foram desenvolvidas simulações de evacuação de pessoas por meio do software *Pathfinder*, desenvolvido pela *Thunderhead Engineering*, recriando o cenário original da tragédia e cenários onde a edificação atenderia as medidas de cada procedimento. Também foram considerados cenários onde haveria a obstrução progressiva e total de uma das saídas de emergência. Os resultados das simulações mostram que a BS 9999 apresenta os menores tempos de evacuação para todos os cenários analisados, mesmo sendo o procedimento com a maior população calculada para a edificação usada como exemplo.

Palavras-chave: Saídas de Emergência. Boate Kiss. Evacuação. Segurança contra Incêndio. Simulação Computacional.

COMPARISON FOR DESIGNING MEANS OF ESCAPE AT NIGHTCLUBS USING EVACUATION SIMULATION SOFTWARE

ABSTRACT

This paper aims at comparing methods for designing means of escape at nightclubs, using codes from Brazil (RTCBMTS N°11), United States (NFPA 101) and United Kingdom (BS 9999). The proceedings were applied to the Kiss Nightclub, location of the deadliest nightclub fire in Brazil's history, where problems with means of escape was one of the aggravating factors for the scale of the tragedy. Besides designing the means of escape, the software Pathfinder, developed by Thunderhead Engineering, was used for evacuation simulation, recreating the tragedy's circumstances and different scenarios where the building would comply to the codes analyzed. Also, it was evaluated scenarios with the total and progressive obstruction of the means of escape. The simulations results show that the BS 9999 has the shortest evacuation times of all analyzed scenarios, even though it has the highest population for the building used as an example.

Key-words: Means of Escape. Kiss Nightclub. Evacuation. Fire Safety. Computational Simulation.

1 INTRODUÇÃO

Problemas com o dimensionamento e manutenção de saídas de emergência são um dos fatores agravantes mais recorrentes em incêndios de edificações com elevada densidade de pessoas, como aconteceu na tragédia da boate Kiss em Santa Maria no ano de 2013. É necessário conscientizar a população da importância de medidas adequadas de segurança contra incêndio e adaptar as legislações para evitar novas ocorrências. O trabalho apresentará uma comparação entre os procedimentos normativos do Estado do Rio Grande do Sul com os do Reino Unido e Estados Unidos

da América para o dimensionamento de saídas de emergência no caso de boates e casas noturnas, utilizando um software de simulação de evacuação de pessoas, tendo a boate Kiss como estudo de caso.

Os procedimentos normativos escolhidos para comparação foram a Resolução Técnica N°11 do Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Sul (CBMRS, 2016), British Standard 9999 (BSI, 2017) e National Fire Protection Association 101 (NFPA, 2018). Tanto a BS quanto a NFPA abordam todos os processos e medidas que visam garantir a segurança dos ocupantes da edificação em uma situação de incêndio, diferente da RT N°11 (2016) que estabelece apenas as exigências a respeito das saídas de emergência.

Saídas de emergência obstruídas ou mal dimensionadas causam congestionamento de pessoas e pânico, podendo contribuir para o aumento no número de vítimas em uma situação de incêndio. Segundo a BS 9999 (2017), em locais onde há grande densidade de pessoas, o tempo para evacuação depende mais do comportamento das filas de espera nas saídas do que as distâncias percorridas e, portanto, a capacidade das saídas de acomodar a população atendida é o parâmetro crítico no dimensionamento. Ainda conforme a norma britânica, as saídas devem ser dimensionadas de modo que o tempo total de evacuação não alcance o momento em que a permanência na edificação apresente riscos à vida dos ocupantes. De acordo com DiNenno et al. (2002), o tempo total de evacuação consiste no tempo de início da evacuação e o tempo necessário para alcançar um local seguro.

A principal causa de mortes em incêndios é a inalação de fumaça e gases tóxicos. No caso da boate Kiss, conforme inquérito policial (ESTADO DO RS, 2013), sob o nº. 94/2013/150501 da 1ª delegacia de polícia de Santa Maria, a queima da espuma utilizada como revestimento acústico produziu gás cianídrico (HCN) que, agindo junto ao monóxido de carbono, foi o responsável pela asfixia e morte da maior parte das vítimas. Segundo ATSDR (2006), a exposição em quantidades de HCN suficientes pode levar a morte em poucos minutos. Com isso, o tempo em que a edificação apresenta concentrações fatais de gases tóxicos e fumaça depende dos materiais atingidos pelo fogo.

Publicações como de DiNenno et al. (2002) e Kuligowski e Gwynne (2010) mostram que há dificuldades na modelagem precisa do comportamento humano em uma situação de incêndio, resultando em softwares com certas limitações. Mesmo assim, simulações de evacuação de pessoas por métodos computacionais vêm sendo empregadas em estudos tanto no exterior quanto no Brasil, com exemplo de Ono (2010), onde se analisou métodos de dimensionamento de saídas de emergência para edifícios altos.

Dado o contexto, o principal objetivo do trabalho é comparar os três procedimentos normativos escolhidos para dimensionamento de saídas de emergência em casas noturnas, utilizando simulações computacionais de evacuação de pessoas.

2 MÉTODO DE PESQUISA

Considerando que o trabalho visa a utilização de simulação computacional de evacuação de pessoas, optou-se por aplicar os métodos de dimensionamento das saídas de emergência em uma edificação real. O artigo se divide em três etapas: a) descrição da boate Kiss utilizada como exemplo de aplicação; b) dimensionamento das saídas de emergência conforme os três procedimentos normativos; c) simulações utilizando o software de evacuação de pessoas. Salienta-se que este trabalho se limitou na avaliação apenas dos itens de distância máxima a percorrer, larguras mínimas, disposição das saídas e número mínimo de saídas.

As simulações foram rodadas no software *Pathfinder*, desenvolvido pela *Thunderhead Engineering* dos Estados Unidos da América. O programa utiliza parâmetros que visam simular as decisões individuais de cada pessoa na escolha da saída a utilizar, calculando a distância para as saídas, tempos de espera em filas e tempo total para sair da edificação. As configurações padrão do software não foram modificadas, resultando em um cenário não tão fiel à realidade, visto que os ocupantes tem conhecimento de todas as saídas de emergência disponíveis na edificação e escolherão a rota mais eficiente. A única modificação foi nos tempos de reação do público, atribuídos de acordo com a distância das pessoas ao início do incêndio, com

o objetivo de ilustrar a ausência de alarme e a demora das pessoas em reagir à situação.

A partir de plantas recriadas no AutoCAD e exportadas para o software *Pathfinder*, desenvolveram-se quatro modelos geométricos da boate Kiss com áreas de ocupação conectadas por portas internas, saídas, rampas e escadas. O primeiro modelo recriou a planta original com ocupação de 1200 pessoas conforme o dia da tragédia e os outros três se basearam nas modificações exigidas por cada um dos procedimentos normativos analisados, contendo suas respectivas populações utilizadas no dimensionamento das saídas de emergência. As pessoas foram distribuídas de acordo com o uso de cada espaço da boate, ou seja, maior densidade nas áreas de uso do público e menor densidade nas áreas de funcionários. Suas posições são randomicamente determinadas pelo programa, respeitando uma distância mínima entre si. Para cada um dos quatro modelos, foram elaborados três diferentes cenários ilustrando o efeito que a obstrução de uma das saídas de emergência causaria no tempo total de evacuação. O quadro 1 ilustra o esquema das simulações de evacuação de pessoas. A explicação detalhada dos cenários será apresentada no item 5.1 deste trabalho.

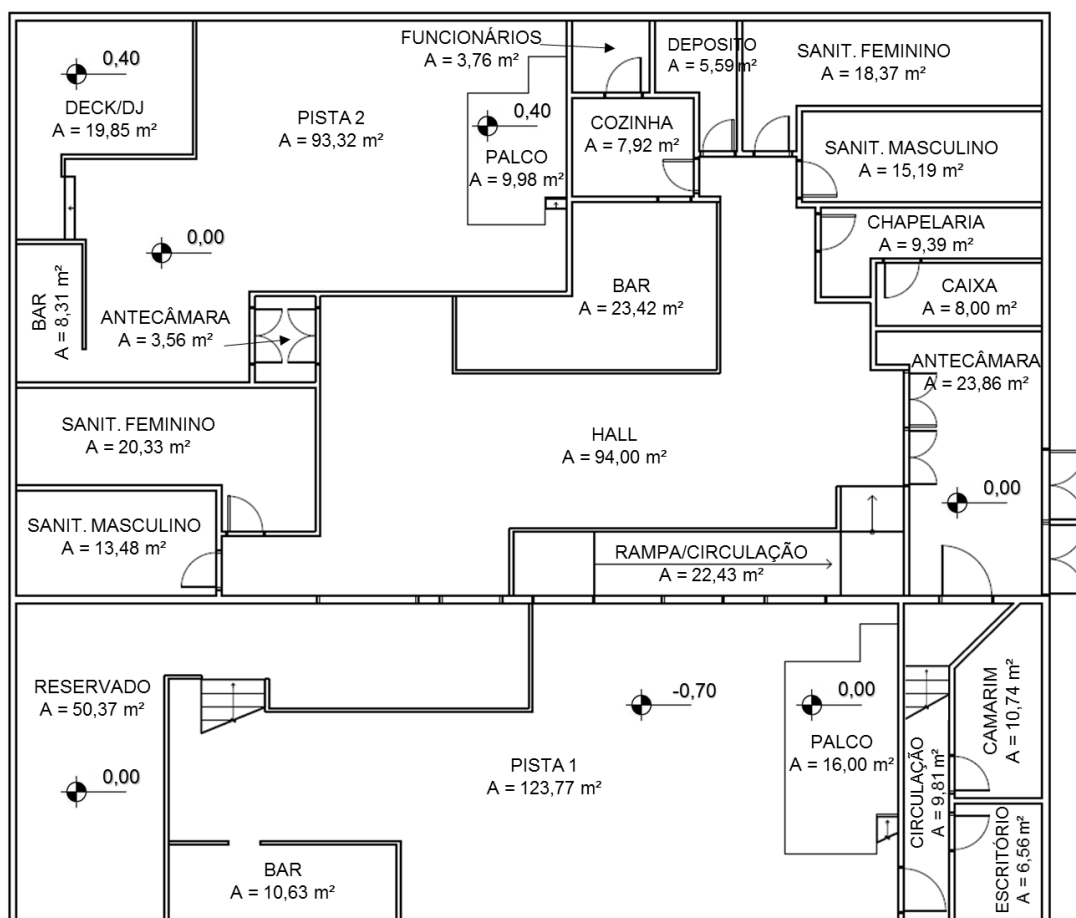
Quadro 1 – Estrutura da simulação de evacuação de pessoas.

MODELO GEOMÉTRICO	CENÁRIOS COM DIFERENTES PARÂMETROS SIMULANDO OBSTRUÇÃO DAS SAÍDAS		
ORIGINAL	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
RTCBMRS Nº11	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
BS 9999	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3
NFPA 101	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3

3 DESCRIÇÃO DA EDIFICAÇÃO

A planta utilizada foi a encontrada no anexo II do Relatório Técnico de análise do sinistro na boate Kiss emitido pelo CREA-RS, ilustrada na figura 1.

Figura 1 – Planta da boate Kiss conforme anexo II do Relatório Técnico emitido pelo CREA-RS.



A edificação pode ser dividida em três volumes principais: Pista 2, Hall e Pista 1. Essa divisão é importante para facilitar o cálculo das saídas de emergência secundárias e portas internas, garantindo que respeitem os mínimos requeridos para suas áreas atendidas. Uma antecâmara com duas portas consecutivas de 1,40 m de largura conecta a Pista 2 com o Hall e a ligação entre o Hall e a Pista 1 é feita através de uma rampa de acesso e uma abertura. No volume da Pista 1 há um desnível de 70 cm entre a área reservada e a pista, onde o acesso é dado por uma escada. Por não apresentar sinalização no dia da tragédia e para evitar grandes mudanças no layout da boate, a porta que conecta a Pista 1 com o camarim e escritório não será considerada como rota de saída e, portanto, será fechada nas simulações de evacuação.

O quadro 2 apresenta as áreas da boate de acordo com seu uso.

Quadro 2 – Áreas por uso da boate Kiss.

USO	ÁREA (m²)
Funcionários e depósito	104,13
Público	411,31
Palco	45,83
Sanitários	67,37
TOTAL	628,64

A única saída de emergência é localizada na parte frontal da edificação, onde há duas portas duplas com 1,80 m de largura cada, totalizando 3,6 m. Um problema notável na planta original é a dimensão das portas que conectam a antecâmara de entrada com o Hall. As duas portas têm 1,4 m de largura, totalizando 2,8 m, valor inferior às dimensões da saída de emergência frontal. Nesse caso, o valor limitante seria os 2,8 m, a menos que a porta que liga o camarim e escritório seja considerada uma rota de fuga. Mesmo assim, essas portas da antecâmara devem ter largura suficiente para atender a população do Hall e da Pista 2.

4 DIMENSIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EMERGÊNCIA

Os três procedimentos normativos seguem uma linha geral semelhante que se divide em três principais etapas: a classificação da edificação, o cálculo da população e o dimensionamento das saídas de emergência.

Enquanto a NFPA 101 (2018) contém exigências para edificações novas e existentes, tanto a RT N°11 (2016) e quanto a BS 9999 (2017) são aplicadas em edificações novas. Para a comparação dos procedimentos na boate Kiss, a edificação será considerada como nova.

O objetivo é atender aos três procedimentos com o mínimo de mudanças no layout da edificação. Sendo assim, será possível isolar a influência do

dimensionamento das saídas de emergência no tempo de evacuação total das simulações.

4.1 Classificação da Edificação

A RT N°11 (2016) utiliza uma classificação tabelada conforme o Decreto Estadual nº. 51.803, de 10 setembro de 2014. Boates e casas noturnas se enquadram na divisão F-6.

Já a norma britânica apresenta um processo mais complexo de classificação, conforme seção 2 da BS 9999 (2017). É criado um perfil de risco para cada parte da edificação com base na estimativa de crescimento do fogo, na familiaridade dos usuários com a edificação e se há pessoas dormindo ou não. O quadro 3 apresenta os prováveis perfis de risco para casas noturnas. As demais classificações com maiores detalhes estão presentes no item 6 da BS 9999 (2017).

Quadro 3 – Perfis de risco de acordo com as características de ocupação e taxa de crescimento do fogo conforme BS 9999.

CARACTERÍSTICA DE OCUPAÇÃO	TAXA DE CRESCIMENTO DO FOGO	PERFIL DE RISCO
A (ocupantes estão acordados e familiarizados com a edificação)	1 Lento	A1
	2 Médio	A2
	3 Rápido	A3
B (ocupantes estão acordados e não familiarizados com a edificação)	1 Lento	B1
	2 Médio	B2
	3 Rápido	B3

As áreas de uso dos clientes e palcos se enquadram no perfil de risco B2, onde os ocupantes estão acordados, não possuem familiaridade com a edificação e a taxa de crescimento do fogo é média. Já nas áreas de uso dos funcionários (cozinhas, bares, escritórios, etc.) o perfil adequado é o A3, onde os ocupantes estão acordados, familiarizados com o ambiente e a taxa de crescimento do fogo é alta.

Pela NFPA 101 (2018), a classificação é feita de acordo com o uso da edificação e de seus espaços internos, podendo haver mais de uma classificação para uma mesma edificação. Casas noturnas se enquadram na classificação Reunião de Público, reunião de 50 ou mais pessoas para entretenimento, alimentação, cerimônias religiosas ou outros usos similares. No caso de casas noturnas, suas áreas de uso dos funcionários podem entrar na classificação Mercantil, Negócios e Depósito. Porém, conforme item 6.1.14.1.3 da norma, essas áreas de apoio são consideradas como parte da ocupação principal, resultando em uma única classificação para a edificação. O capítulo 6 da NFPA 101 (2018) contém todas as classificações possíveis.

O quadro 4 apresenta as classificações conforme os três procedimentos.

Quadro 4 – Classificação da boate Kiss conforme RTCBMRS Nº11, NFPA 101 e BS 9999.

PROCEDIMENTO	CLASSIFICAÇÃO	DESCRIÇÃO
RT CBMRS Nº11	F-6	Casas noturnas
BS 9999	B2	Áreas do público e palco
	A3	Áreas de funcionários
NFPA 101	Reunião de Público	50 ou mais pessoas para entretenimento

4.2 Cálculo da população

O dimensionamento das saídas de emergência é feito em função da população da edificação para todos os procedimentos normativos.

No caso do procedimento gaúcho, utiliza-se os coeficientes da tabela 1 no anexo A da RT Nº11 (2016) para calcular a população de cada pavimento da edificação. Para o grupo F-6, a população é calculada com duas pessoas por m² de área. Conforme o item 5.3.4 da RT, as áreas de sanitários e elevadores são desconsideradas na ocupação F. As notas específicas (H) e (P) do Anexo A da RT Nº11 (2016) determinam que, para o grupo F-6, cozinhas e suas áreas de apoio e áreas de depósito com acesso esporádico e restrito para funcionários terão suas

populações calculadas na ordem de 1 pessoa por 7 m² de área. Além disso, a nota (O) considera uma população de 1 pessoa por m² em áreas de palco. Os resultados dos cálculos de população conforme a RT N^o11 (2016) estão expressos na tabela 1.

Tabela 1 – Cálculo da população para a boate Kiss conforme RTCBMRS N^o11.

USO	ÁREA (m ²)	COEFICIENTE	POPULAÇÃO
Funcionários e depósito	104,13	1 pessoa por 7 m ²	15
Público	411,31	2 pessoas por m ²	823
Palco	45,83	1 pessoa por m ²	46
TOTAL	561,27	-	884

De acordo com o item 16.2 da BS 9999 (2017), a população é determinada pela capacidade de pessoas a qual a edificação foi projetada ou através do cálculo de divisão das áreas de cada sala pelos seus fatores de espaço apresentados no quadro 5. Apesar da capacidade oficial da boate Kiss ser de 700 pessoas, foi feito o cálculo para fins de comparação.

Quadro 5 – Fatores de espaço para cálculo da população conforme BS 9999.

TIPO DE USO	DENSIDADE	FATOR DE ESPAÇO (m ² /pessoa)	EXEMPLO
Escritórios	Alta	4	Call center
	Normal	6	Escritório aberto
	Baixa	10	Escritório com células
Lojas	Normal	2	Loja de roupas
	Média	4	Supermercado
	Baixa	7	Loja de móveis
Locais com pessoas em pé	Muito Alta	0,3	Fila de pessoas
	Alta	0,5	Bar
	Normal	1	Saguão de teatro ou cinema
	Baixa	2	Museu ou galeria
Áreas com assentos	Normal	0,4	Auditório de teatro ou cinema

São excluídas do cálculo as áreas de sanitários, caixas de escada, elevadores e outras partes fixas da estrutura, mas são inclusos balcões, barras, assentos e unidades de exibição. Para a aplicação na boate Kiss, em áreas de uso do público o fator de espaço é de 0,5 m²/pessoa, nos palcos 1 m²/pessoa, camarim e escritório 6 m²/pessoa e nas demais áreas de funcionários 2 m²/pessoa. Os resultados estão expressos na tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo da população para a boate Kiss conforme BS 9999.

USO	ÁREA (m²)	FATOR DE ESPAÇO (m²/pessoa)	POPULAÇÃO
Funcionários	71,43	2	36
Escritório e camarim	27,11	6	5
Público	411,31	0,5	823
Palco	45,83	1	46
TOTAL	555,68	-	910

Conforme o item 7.3.1 da NFPA 101 (2018), a população é determinada pela divisão da área em questão por seu fator de carga de ocupação. A área utilizada no cálculo pode ser líquida, onde se desconta áreas de corredores, banheiros, escadas e outras áreas não ocupáveis, ou bruta, área total sem descontos. O quadro 6 apresenta os fatores utilizados para a boate Kiss e os mais comuns para casas noturnas. O restante se encontra na tabela 7.3.1.2 da NFPA 101 (2018). Quando não especificado, a área a ser utilizada é a bruta.

Quadro 6 – Fatores de carga de ocupação utilizados conforme NFPA 101.

USO	FATOR (m²/pessoa)
Reunião de pessoas	
Uso concentrado, sem assentos fixos	0,65 líquida
Uso menos concentrado, sem assentos fixos	1,4 líquida
Cozinhas	9,3
Palcos	1,4 líquida
Negócios	14
Salas de colaboração ≤ 41,8 m ²	2,8
Mercantil	
Vendas no andar da rua	2,8
Vendas em andares abaixo da rua	2,8
Vendas em andares acima da rua	5,6
Depósito	46,5

O resultado dos cálculos da população conforme NFPA 101 (2018) está na tabela 3.

Tabela 3 – Cálculo da população para a boate Kiss conforme NFPA 101.

USO	ÁREA (m²)	FATOR DE ESPAÇO (m²/pessoa)	POPULAÇÃO
Bares e sala dos funcionários	46,12	2,8	17
Cozinha	7,92	9,3	1
Chapelaria, caixa, camarim e escritório	44,50	14	4
Público	361,46	0,65	557
Palco	45,83	1,4	33
TOTAL	505,83	-	612

A tabela 4 apresenta as populações calculadas pelos três métodos.

Tabela 4 – Populações calculadas para a boate Kiss conforme RTCBMRS N°11, BS 9999 e NFPA 101.

PROCEDIMENTO	POPULAÇÃO
RT CBMRS N°11	884
BS 9999	910
NFPA 101	612

Enquanto a RT N°11 (2016) e BS 9999 (2017) tiveram valores bem próximos, a NFPA 101 (2018) apresentou o cálculo mais conservador com uma população aproximadamente 30% menor que as demais. Isso se deve principalmente pelo fato de que o procedimento norte americano usa uma densidade menor de pessoas por m² nas áreas de público, espaços que determinam a maior parte da população total em casas noturnas.

4.3 Dimensionamento das saídas de emergência

4.3.1 Número mínimo de saídas

O item 5.4.1.2.2 da RT N°11 (2016) determina que edificações do grupo F-6 devem apresentar mais de uma saída de emergência e a saída principal deve ter de 60% a 70% das unidades de passagem exigidas para a edificação. Utilizou-se duas saídas.

Para a norma britânica, o número mínimo de saídas para determinada sala, andar ou edificação é dado pelo item 16.3.1 da BS 9999 (2017), onde um local com até 60 pessoas exige uma saída, com até 600 pessoas duas saídas e com mais de 600 pessoas pelo menos três saídas.

Segundo o item 7.4 da NFPA 101 (2018), o número mínimo é de 3 saídas para edificações com população entre 500 e 1000 pessoas e 4 saídas para mais de 1000 pessoas.

4.3.2 Largura das saídas

Conforme o item 5.4.1 da RT N°11 (2016), a largura dos acessos, escadas e portas é calculada pelo número de unidades de passagem determinado através da equação 1:

$$N = P/C \quad (1)$$

Onde,

N = Número de unidades de passagem (UP), arredondando para cima;

P = População;

C = Capacidade da unidade de passagem, conforme valores do quadro 7. Se refere ao número de pessoas que passa por esta unidade em 1 minuto.

Quadro 7 – Valores da capacidade de UP para o grupo F-6 conforme RTCBMRS N°11.

GRUPO	CAPACIDADE DA UNIDADE DE PASSAGEM		
	Acessos/Descargas	Escadas/Rampas	Portas
F-6	100	75	100

A largura total é calculada multiplicando N por 0,55 m, valor fixo para cada UP. Ainda é necessário respeitar um mínimo de 1,10 m de largura, conforme item 5.4.2 do procedimento normativo. Os resultados estão expressos na tabela 5.

Tabela 5 – Larguras mínimas de acessos, escadas e portas para a boate Kiss conforme RTCBMRS Nº11.

COMPONENTE	C	N	LARGURA (m)
Acessos/Descargas	100	9	4,95
Escadas/Rampas	75	12	6,60
Portas	100	9	4,95

Pelo item 5.4.1.2.2 da RT, saídas principais para o grupo F-6 devem ter de 60% a 70% das unidades de passagem exigidas para a edificação. Utilizou-se 67% para a boate Kiss, totalizando em 3,3 m na saída principal e 1,65 m na secundária.

De acordo com o item 16.6 da BS 9999 (2017), em edificações de uso misto com diferentes perfis de risco em andares ou compartimentos, os valores apropriados devem ser aplicados para cada uso de acordo com o quadro 8.

Quadro 8 – Larguras para os perfis de risco analisados conforme BS9999.

PERFIL DE RISCO	LARGURA MÍNIMA POR PESSOA (mm)
A1	3,3
A2	3,6
A3	4,6
B1	3,6
B2	4,1
B3	6,0

Corredores devem possuir um mínimo de 1,2 m, podendo ser reduzidos para 1 m onde não há acesso para cadeirantes. A largura das portas deve respeitar um mínimo de 0,85 m quando é necessário acesso não assistido de cadeirantes ou 0,80 m para qualquer perfil de risco. Em casos onde a porta possui menos que 1,05 m, o número de pessoas acomodadas deve ser calculado através da equação 2:

$$n = 500/m$$

(2)

Onde,

n = número de pessoas acomodadas pela porta;

m = largura mínima por pessoa de acordo com o quadro 8.

Em rotas onde a mesma saída é utilizada por mais de um perfil de risco, o maior valor é o que determina as larguras dos componentes. No caso da boate Kiss, o valor do perfil A3 é o utilizado no cálculo de toda a edificação. O procedimento também determina que na presença de duas ou mais saídas, a maior delas é descontada do cálculo, exigindo que as demais acomodem toda a população da edificação. Com isso, a largura mínima das saídas de emergência calculada para a boate Kiss é de 4,186 m, distribuídas em pelo menos 3 saídas de 2,093 m totalizando 6,279 m. Escadas devem respeitar o mínimo de 1 m para deslocamentos descendentes e 1,2 para ascendentes e não podem ser menores que a largura da saída que às proporciona acesso. A tabela 13 da BS 9999 (2017) apresenta os valores de largura por pessoa utilizados para o cálculo de escadas. No caso dos perfis de risco A3 e B2, utiliza-se 5,4 mm e 4,8 mm por pessoa, respectivamente.

As larguras pelo método norte americano são dadas pelo item 7.3 da NFPA 101 (2018). Em todas as edificações, exceto para unidades de saúde e aquelas com conteúdo de alto risco, calcula-se as larguras para escadas com um fator de 7,6 mm de largura por pessoa e para os demais componentes 5 mm por pessoa. Todas as classificações devem respeitar um mínimo de 915 mm de largura nas portas ou 710 mm no caso de edificações existentes. Corredores devem apresentar no mínimo 1120 mm de largura em edificações novas. Com a população da boate Kiss de 612 pessoas, a largura calculada das saídas é de 3,06 m.

Os itens 12.2.3.6.2 e 13.2.3.6.2 estabelecem que, para boates e casas noturnas, a saída principal deve acomodar no mínimo dois terços em edificações novas ou metade da população total em edificações existentes, respectivamente. As demais saídas devem atender pelo menos metade da população total nos dois casos. Com isso, a saída principal da boate Kiss teria que dispor de 2,04 m e as demais 1,53

m de largura. Como são necessárias duas saídas de emergência secundárias, cada uma terá o mínimo de 915 mm, totalizando 3,87 m de largura na soma de todas as saídas da edificação.

A tabela 6 compara as dimensões calculadas das saídas de emergência para a boate Kiss de acordo com os três procedimentos analisados.

Tabela 6 – Larguras calculadas das saídas de emergência para a boate Kiss conforme RTCBMRS Nº11, NFPA 101 e BS 9999.

PROCEDIMENTO	SAÍDA PRINCIPAL	DEMAIS SAÍDAS	LARGURA TOTAL	LARGURA TOTAL/PESSOA
RT CBMRS Nº11	3,300 m	1,650 m	4,950 m	5,60 mm
BS 9999	2,093 m	2,093 m	6,279 m	6,89 mm
NFPA 101	2,040 m	0,915 m	3,870 m	6,32 mm

Apesar do procedimento gaúcho apresentar um cálculo inicial mais conservador em relação aos outros, as medidas adicionais requeridas pela BS 9999 (2017) e NFPA 101 (2018) para que as saídas atendam a população mesmo em uma situação de obstrução de uma das saídas fazem com que as larguras mínimas aumentem consideravelmente. Com isso, a BS 9999 (2017) é a que apresentou maior largura calculada por pessoa.

4.3.3 Distância máxima a ser percorrida

Na situação original, o caminho mais longo até a saída de emergência é de aproximadamente 30 m. Nos três procedimentos normativos analisados, as distâncias máximas a serem percorridas devem respeitar valores tabelados de acordo com a classificação da edificação.

O item 5.5.2 da RT Nº11 (2016) determina que o caminho mais longo a ser percorrido dentro da edificação deve respeitar os valores máximos expressos no quadro 9 e varia de acordo com a presença de chuveiros automáticos e detecção automática de incêndio.

Quadro 9 – Distância máxima a ser percorrida conforme RTCBMRS N°11.

GRUPO	SEM CHUVEIROS AUTOMÁTICOS		COM CHUVEIROS AUTOMÁTICOS	
	Sem detecção	Com detecção	Sem detecção	Com detecção
F-6	30 m	35 m	45 m	50 m

O quadro 10 apresenta as distâncias máximas permitidas pela norma britânica, de acordo com item 16.4 da BS 9999 (2017). Utiliza-se a distância real quando se tem conhecimento do layout da edificação e a distância direta quando não se sabe.

Quadro 10 – Distância máxima a ser percorrida conforme BS 9999.

PERFIL DE RISCO	DUAS OU MAIS SAÍDAS		UMA SAÍDA	
	Direta (m)	Real (m)	Direta (m)	Real (m)
A1	44	65	17	26
A2	37	55	15	22
A3	30	45	12	18
B1	40	60	16	24
B2	33	50	13	20
B3	27	40	11	16

Em estabelecimentos onde há consumo de bebidas alcoólicas, como é o caso de boates e casas noturnas, a norma aconselha reduzir em 25% essas distâncias. Como o layout da boate Kiss é conhecido, as distâncias máximas aplicando as reduções são de 33,75 m para o perfil A3 e 37,5 m para o perfil B2.

Conforme itens 12.2.6 e 13.2.6 da NFPA 101 (2018), o limite de distância máxima a ser percorrida é de 61 m tanto para edificações novas quanto para existentes, podendo subir para 76 m quando há sistema de chuveiros automáticos.

A tabela 7 apresenta as distâncias máximas a serem percorridas para a boate Kiss conforme os três procedimentos analisados.

Tabela 7 – Distâncias máximas a serem percorridas para a boate Kiss conforme RTCBMRS N°11, NFPA 101 e BS 9999.

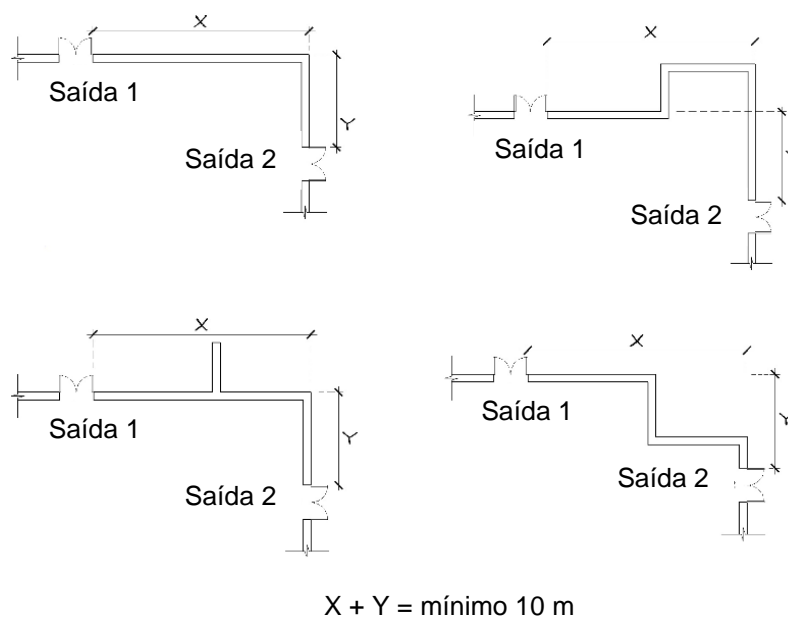
PROCEDIMENTO	CLASSIFICAÇÃO	DISTÂNCIA (m)
RT CBMRS N°11	F-6	30
BS 9999	B2	37,50
	A3	33,75
NFPA 101	Reunião de Público	61

Nesse item o procedimento gaúcho é o mais conservador, estabelecendo uma distância de 30 m que se iguala ao caminho mais longo estimado na planta original da boate Kiss.

4.3.4 Disposição das saídas

A RT N°11 (2016) apenas exige que as saídas estejam posicionadas em paredes diversas e com afastamento de 10 m de acordo com a figura 2.

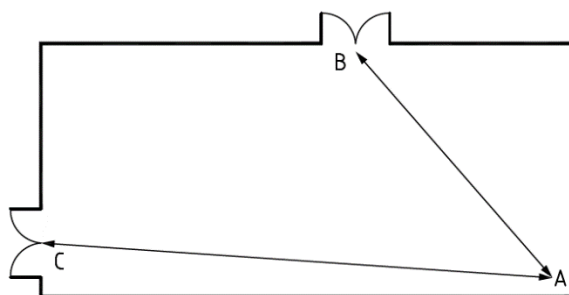
Figura 2 – Afastamento das saídas de emergência conforme RTCBMRS N°11.



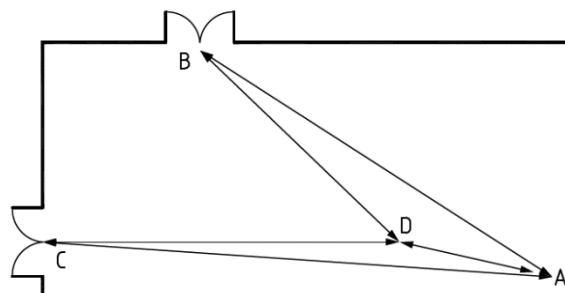
De acordo com a BS 9999 (2017), as saídas devem ser dispostas de forma que minimize a possibilidade de todas serem obstruídas ao mesmo tempo. A presença de

mais de uma rota de saída é dada a partir do ponto onde o ângulo entre as saídas de emergência é maior que 45°. A figura 3 ilustra exemplos de acordo com as exigências.

Figura 3 – Afastamento das saídas de emergência conforme BS 9999.



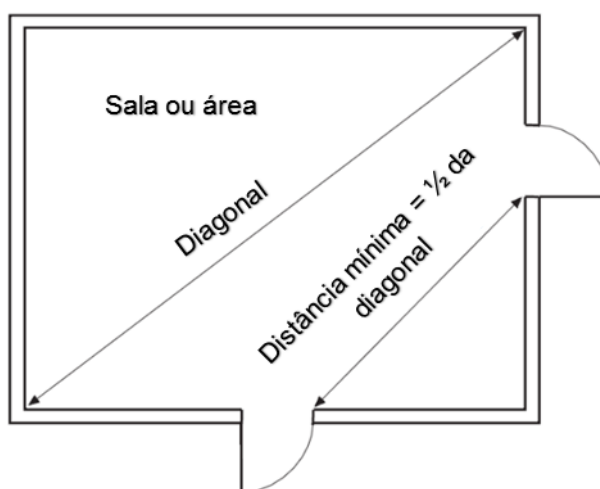
Mais de uma saída está disponível para o ponto A, pois o ângulo BAC é maior que 45°. BA e BC devem respeitar a distância máxima a ser percorrida para duas ou mais saídas.



Não há mais de uma saída disponível para o ponto A, pois o ângulo BAC é menor que 45°. Entretanto, depois de alcançar o ponto D o ângulo BDC é maior que 45° e há mais de uma saída disponível. AD deve respeitar a distância máxima para uma saída e AB e AC devem respeitar a distância máxima para duas ou mais saídas.

A NFPA 101 (2018) também exige uma disposição que evite a perda de mais de uma saída simultaneamente. A distância mínima entre saídas é de pelo menos metade da maior diagonal da área analisada, conforme a figura 4.

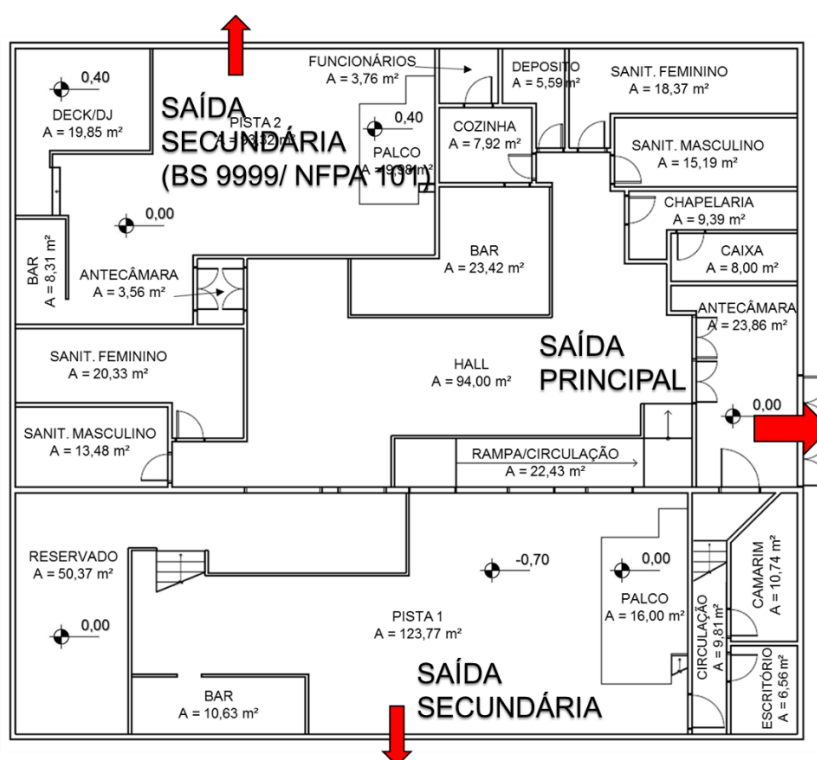
Figura 4 – Afastamento das saídas de emergência conforme NFPA 101.



Percebe-se que a BS 9999 (2017) e NFPA 101 (2018) se preocupam em garantir o funcionamento de pelo menos uma das saídas de emergência, caso uma delas se encontre indisponível no momento da evacuação.

Pelo fato da boate Kiss ser localizada em uma área muito próxima às edificações vizinhas, não haveria a possibilidade de posicionar saídas em outras faces da edificação além da frontal. Para não propor mudanças drásticas no layout da edificação ou limitar a população permitida, considerou-se que é possível colocar saídas nas laterais da boate. Por esses mesmos motivos, a rampa de acesso entre o Hall e a Pista 1 foi considerada como um elemento adicional e não foi alterada. A saída principal foi mantida na mesma posição original nos três casos. No caso da norma britânica e norte americana, posicionou-se uma porta em cada pista. Para o procedimento gaúcho, a segunda saída foi colocada na Pista 1, por ter a maior população entre os três volumes divididos. Além disso, as portas internas e a escada de ligação da Pista 1 foram modificadas, quando necessário, para atender as populações que as utilizarão. A figura 5 mostra as posições das saídas de emergência em planta.

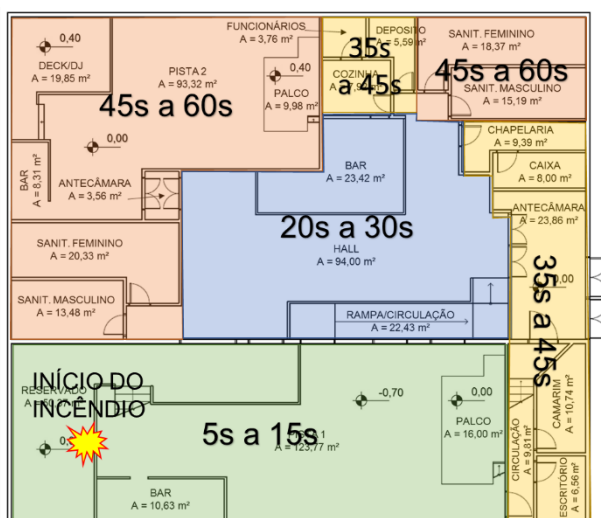
Figura 5 – Posição das saídas de emergência conforme RTCBMRS N°11, BS 9999 e NFPA 101.



5 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE EVACUAÇÃO DE PESSOAS

As configurações padrão do software não foram modificadas, apenas se atribuiu diferentes intervalos de tempos de reação do público conforme a distância ao início do fogo, como ilustra a figura 6.

Figura 6 – Planta com intervalos de tempo em segundos de reação conforme a distância ao início do incêndio.



Essa mudança no tempo de reação cria uma simulação mais próxima da realidade, visto que não havia alarme de incêndio no local. Principalmente no Brasil, onde aparentemente não há muita conscientização sobre segurança contra incêndio, as pessoas também demorariam para entender a gravidade da situação e iniciar o deslocamento para as saídas.

Salienta-se que, na configuração padrão, o software permite no máximo 1300 pessoas dispostas aleatoriamente no modelo recriado da boate, número semelhante ao do dia da tragédia. Populações próximas desse limite apresentam dificuldades para a randomização da posição dos ocupantes.

5.1 Cenários

Para cada um dos quatro modelos principais representando as características geométricas da boate e atendendo às exigências dos procedimentos normativos,

foram elaborados diferentes cenários que simulam o efeito que a obstrução de uma das saídas de emergência causaria no tempo total de evacuação. Os cenários são:

- CENÁRIO 1: simula uma situação ideal, onde todas as saídas de emergência e portas internas estão funcionando como o esperado.
- CENÁRIO 2: apresenta a saída de emergência localizada na Pista 1, local de início do incêndio, obstruída completamente a partir dos 60 segundos de simulação. Esse cenário não se aplica no modelo da boate original, por conter apenas uma saída de emergência na frente da edificação.
- CENÁRIO 3: simula a obstrução progressiva das portas que conectam o Hall com a antecâmara, onde está a saída de emergência principal na frente da edificação. Metade da passagem se fecha aos 60 segundos de simulação e aos 120 segundos a obstrução é completa. No caso do modelo original da boate, onde não há outras saídas de emergência, a porta do camarim é aberta aos 120 segundos para não prender os ocupantes restantes.

Através de relatos e imagens do dia da tragédia na boate Kiss, sabe-se que a fumaça tomou completamente a Pista 1 em torno de 60 segundos após o início de queima da espuma utilizada como isolante acústico. Por esse motivo, considera-se que a partir desse tempo a saída mais próxima se tornaria inacessível, como ilustra o cenário 2 das simulações. O cenário 3 foi motivado pela acumulação de pessoas no dia da tragédia devido à presença de obstáculos próximos às saídas e bloqueio dos seguranças da boate.

5.2 Resultados

Todas as simulações foram rodadas cinco vezes, randomizando a posição dos ocupantes em cada repetição. Analisando alguns pontos levantados pelos vídeos das simulações ([disponíveis através do link](#)), nota-se que, no cenário 1 do modelo original da boate, ainda havia pessoas perto do local de início do incêndio até aproximadamente 4 minutos e 30 segundos do início da simulação. A exposição ao

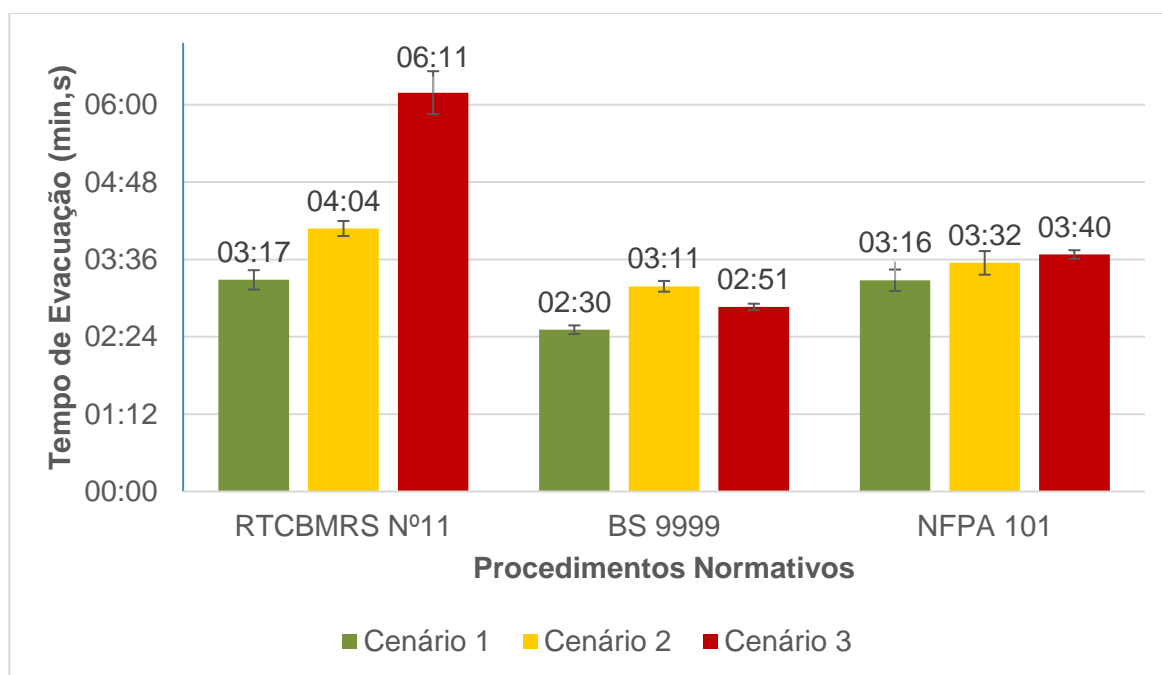
gás cianídrico liberado pela queima da espuma no dia da tragédia poderia ser fatal nesse tempo. No cenário 3, o modelo da RT Nº11 (2016) apresentou ocupantes escolhendo rotas contrárias e se trancando na região do Hall, sendo esses os últimos a evacuarem.

A tabela 8 mostra os tempos médios de evacuação para todas as simulações, enquanto a figura 7 ilustra a média dos tempos e o desvio padrão das cinco repetições para os três modelos de cada processo normativo analisado.

Tabela 8 – Média de tempos em minutos das simulações.

MODELO	CENÁRIO 1	CENÁRIO 2	CENÁRIO 3
ORIGINAL	06:40	-	19:58
RTCBMRS Nº11	03:17	04:04	06:11
BS 9999	02:30	03:11	02:51
NFPA 101	03:16	03:32	03:40

Figura 7 – Gráfico com as médias dos tempos de evacuação para os modelos da RTCBRS Nº11, BS 9999 e NFPA 101.



Analisando os tempos de evacuação, nota-se que a BS 9999 (2017) apresentou os melhores resultados em todos os cenários, mesmo sendo o procedimento que considera a maior população. O modelo da RT N°11 (2016) foi o mais prejudicado pelas obstruções das saídas de emergência, tanto da saída secundária quanto da principal.

No cenário 1, onde todas as saídas funcionam como o esperado, a NFPA (2018) e RT N°11 (2016) resultaram em tempos muito próximos, mesmo com o procedimento norte americano possuindo uma população 30% menor. O método britânico evacuou 910 pessoas em 2 minutos e 30 segundos, tempo aproximadamente 23% menor que os demais.

Nas simulações do cenário 2, quando há obstrução da saída secundária, a RT N°11 (2016) apresentou um aumento de 47 segundos (24%) em relação ao cenário 1, similar aos 41 segundos (27%) da BS 9999 (2017). Porém, a evacuação do modelo britânico foi 53 segundos mais rápida. Ainda nesse cenário, a NFPA 101 (2018) obteve um acréscimo de apenas 16 segundos (8%), sendo a menos prejudicada pelo bloqueio da saída de emergência secundária.

Quando a saída principal foi obstruída no cenário 3, o modelo mais afetado foi o da RT N°11 (2016), onde houve um incremento de 2 minutos e 54 segundos (88%) em relação ao tempo do cenário ideal, diferente da BS 9999 (2017) e NFPA 101 (2018) que apresentaram acréscimos semelhantes entre si de 21 segundos (14%) e 24 segundos (12%), respectivamente.

Pelos resultados das simulações, nota-se que os procedimentos dos Estados Unidos da América e Reino Unido tendem a proporcionar evacuações mais seguras em uma situação de obstrução de alguma saída de emergência. Já o método do Rio Grande do Sul, que inicialmente obteve tempos próximos aos demais, pode demandar uma evacuação consideravelmente mais longa caso alguma das saídas se torne inacessível.

Salienta-se que as simulações não consideram a influência da fumaça na evacuação, resultando em tempos possivelmente menores do que em uma situação

real. Os 20 minutos apresentados no cenário 3 do modelo original da boate Kiss não são recomendados como tempo de evacuação, podendo provocar um número elevado de óbitos, como ocorreu na tragédia de 2013. Em situações onde os ocupantes estão expostos a substâncias como o gás cianídrico, alguns dos tempos obtidos, principalmente do cenário 3 da RT N°11 (2016), poderiam ser suficientes para causar vítimas fatais.

6 CONCLUSÕES

Comparando a largura total das saídas com a população calculada para a edificação, a BS 9999 (2017) apresenta as dimensões mais conservadoras, seguida pela NFPA 101 (2018), possivelmente devido ao fato de ambas considerarem a situação onde uma das saídas de emergência se torne inacessível. Além disso, os procedimentos internacionais exigem um número mínimo de saídas superior e regras mais complexas de disposição das saídas. A RT N°11 (2016) tem a seu favor uma distância máxima a percorrer mais rígida, principalmente comparada ao procedimento norte americano.

Analisando os resultados das simulações, conclui-se que o método britânico tende a proporcionar o menor tempo de evacuação, mesmo com uma população superior. Para o procedimento gaúcho, cenários onde ocorre a obstrução das saídas de emergência geraram aumentos significativos nos tempos quando comparados com a situação ideal de funcionamento das saídas. Esse aumento poderia resultar em um número maior de vítimas fatais, principalmente na presença de substâncias como o gás cianídrico. Os 20 minutos obtidos na simulação do modelo original da boate seriam ainda piores. Já os códigos dos Estados Unidos da América e Reino Unido foram pouco prejudicados pelas obstruções.

A continuidade do trabalho poderia ser feita através da implementação de simulação de fumaça e gases tóxicos liberados no incêndio. Além disso, mais repetições das simulações e mudanças nas configurações padrão do programa, além de comparação com outros softwares ou ainda, com simulações reais, poderiam proporcionar resultados mais precisos.

7 AGRADECIMENTOS

À empresa *Thunderhead Engineering*, por disponibilizar a licença de uso do software *Pathfinder*.

8 REFERÊNCIAS

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY. **Toxicological Profile for Cyanide**. U.S. Department of Health and Human Services. Atlanta, 2006.

BRITISH STANDARD INSTITUTION. **BS 9999**: Fire safety in the design, management and use of buildings – Code of Practice. Londres, 2017.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DO RIO GRANDE DO SUL. **Relatório Técnico**: Análise do Sinistro na Boate Kiss. Porto Alegre, 2013.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO RIO GRANDE DO SUL. **Resolução Técnica CBMRS Nº11 – Parte 01/2016**: saídas de emergência. Porto Alegre, 2016.

DINENNO, P.J. et al. **The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**. Third Edition. Quincy: National Fire Protection Association, 2002.

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Assembleia Legislativa do Estado do Rio Grande do Sul. **Decreto nº 53.280**. Porto Alegre, 2016

ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. SSP – Polícia Civil. **Relatório Final**. 1ª Delegacia de Polícia de Santa Maria – RS, p. 33, 2013. Disponível em: <http://estaticog1.globo.com/2013/03/22/relatorio_kiss_definitivo.pdf>. Acesso em: novembro de 2019.

KULIGOWSKI, Erica; GWYNNE, Steve. **The Need for Behavioral Theory in Evacuation Modeling**. In: Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008. Springer, Berlin, 2010.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 101**: Life Safety Code. Quincy, MA, 2017.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **Case Study**: Nightclub Fires.

ONO, R. **O Impacto do Método de Dimensionamento das Saídas de Emergência Sobre o Projeto Arquitetônico de Edifícios Altos**: Uma análise crítica e proposta de aprimoramento. 2010. Tese. Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

THUNDERHEAD ENGINEERING. **Pathfinder User Manual – Pathfinder 2019**. Manhattan, 2019.