

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS – UNISINOS
UNIDADE ACADÊMICA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ARQUITETURA E URBANISMO
NÍVEL MESTRADO**

NAYARA DE BARROS

**ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA DE SAÍDA DE EMERGÊNCIA APLICADO NO
PROJETO DE ARQUITETURA: ESTUDO DE CASO**

São Leopoldo

2017

Nayara de Barros

ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA DE SAÍDA DE EMERGÊNCIA APLICADO NO
PROJETO DE ARQUITETURA: ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Fonseca Tutikian

Coorientador: Prof. Me. Fabricio Longhi Bolina

São Leopoldo

2017

B277a Barros, Nayara de
Análise crítica do sistema de saída de emergência aplicado no projeto de arquitetura : estudo de caso / por Nayara de Barros. – 2017.
113 f. : il. ; 30 cm.

Dissertação (Mestrado) — Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo, São Leopoldo, RS, 2017.

Orientador: Dr. Bernardo Fonseca Tutikian.
Coorientador: Me. Fabricio Longhi Bolina.

1. Saída de emergência. 2. Evacuação. 3. Simulação computacional.
4. Comportamento humano. I. Título.

CDU: 72:614.841.33

Nayara de Barros

ANÁLISE CRÍTICA DO SISTEMA DE SAÍDA DE EMERGÊNCIA APLICADO NO
PROJETO DE ARQUITETURA: ESTUDO DE CASO

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo pelo Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade do Vale do Rio dos Sinos – UNISINOS

Orientador: Prof. Dr. Bernardo Fonseca Tutikian

Coorientador: Prof. Me. Fabricio Longhi Bolina

Aprovado em 28 de novembro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Profa. Dra. Maria Fernanda de Oliveira – UNISINOS MPArqUrb

Prof. Dr. Marcos Oliveira – ITT Performance UNISINOS

“Só o imperfeito pode evoluir.
O perfeito já se estagnou, cristalizou-se.
Portanto, só o imperfeito tem futuro.”
(Bert Hellinger)

AGRADECIMENTOS

A Deus, primeiramente pela vida, por possibilitar meu crescimento profissional e pessoal, amparando-me, cuidando e protegendo.

Ao amor e dedicação incondicionais que recebi dos meus pais, Gilberto e Iliane, que nunca mediram esforços para me auxiliar, inspirar e incentivar.

A minha filha Isabelle, maior motivadora, por compreender minhas ausências e dificuldades, sempre festejando cada conquista.

A minha irmã Luciana, por todo esmero, cuidado e estímulo dedicados, por todo o apoio e incentivo.

A minha prima, amiga e psicóloga Dra. Fernanda, sempre com suas doses de ânimo, apoiando, acreditando e não me deixando desistir.

Aos meus familiares e amigos, que pessoalmente ou por mensagens alegraram meus dias, renovando meu alicerce para continuar.

A minha professora e amiga Dra. Roberta Edelweiss, pelo incentivo no início do trabalho juntamente com o Dr. Eduardo Estêvam Camargo Rodrigues.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Bernardo Tutikian, por acreditar em minha pesquisa, dispondo de desmedida dedicação e disponibilidade, mesmo possuindo inúmeras atividades paralelas. Serei eternamente grata por ter sido sua aluna e orientanda.

Ao meu co-orientador Prof. Me. Fabricio Longhi Bolina pelo enriquecimento desta, através de sua experiência e conhecimento técnico científico.

À Prof. Dra. Maria Fernanda de Oliveira e ao Dr. Marcos Oliveira, do ITT Unisinos, por participarem das bancas de qualificação e de defesa, contribuindo na avaliação através de críticas e sugestões.

RESUMO

O estudo de caso desenvolvido no presente trabalho é relacionado ao sistema de saída de emergência. Composto por: acesso à saída, a saída em si e a descarga, podendo ser concebido de formas variadas, porém sempre visando à segurança dos usuários e da comunidade local diante dos desafios que as cidades enfrentam. Ao antever falhas do sistema de prevenção e proteção contra incêndio, é afirmada a importância do correto planejamento, desenvolvimento, execução e manutenção do projeto de evacuação. As variáveis envolvidas nesse processo e as noções de comportamento humano perante um incêndio sofrem influência da velocidade de saída das pessoas, da resposta ao tempo de alarme e das reações em decorrência da fumaça. O presente trabalho procura expor os aspectos a serem analisados num processo de evacuação, ligados aos sistemas de saída de emergência. A análise em questão é uma edificação escolar de ensino técnico, de nível médio profissionalizante, que concentra uma população de idade variável, inclusive classificação de riscos diferentes. O projeto é de uma escola de ensino técnico de nível médio profissionalizante, com capacidade para 1200 alunos, com blocos separados por função, sendo o bloco administrativo/pedagógico disposto em dois pavimentos, principal objeto de estudo. O modelo de projeto desenvolvido é proposto para aplicação a nível nacional, já implantado no estado do Ceará, em 2011. Partindo do diagnóstico de utilização das diretrizes contra incêndio, foi realizada a verificação de aplicação do projeto nos Estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, e a simulação através do *software Pathfinder* para investigação das principais variáveis envolvidas no processo de evacuação. Poucas foram as diferenças notadas entre as exigências das normativas. O número de alunos por sala de aula foi ditado pela lei e parecer dos sistemas de educação estaduais. Um projeto proposto ao fortalecimento de instituições nacionais deve atentar para o cumprimento do exigido nas normativas, verificando o funcionamento do projeto com auxílio do *software*. Entretanto é necessária uma revisão projetual para atendimento do mínimo exigido para o uso efetivo das saídas de emergência.

Palavras chave: Saída de emergência. Evacuação. Simulação computacional. Comportamento humano.

ABSTRACT

The case study developed in the present work is related to the emergency exit system. It compounds: access to exit, exit itself and the discharge, it can be conceived in various ways, but always aiming at the safety of users and the local community in the face of the challenges facing cities. When anticipating failures of the fire prevention and protection system, the importance of correct planning, development, execution and maintenance of the evacuation project is affirmed. The variables involved in this process and the notions of human behavior in the face of a fire are influenced by people's exit velocity, response time to alarm and reaction due to the smoke. The present work tries to expose the aspects to be analyzed in an evacuation process, linked to emergency exit systems. The analysis in question is a school building of technical education, of medium professional level, that concentrates a population of variable age, including classification of different risks. The project consists of a technical secondary school with a capacity for 1200 students, with blocks separated by function, the administrative / pedagogical block being arranged in two floors, the main object of study. The developed project model is proposed for implementation at the national level, already implemented in the state of Ceará, in 2011. Based on the diagnosis of the use of fire directives, a verification of the application of the project was carried out in the states of Santa Catarina and Rio Grande and the simulation through Pathfinder software to investigate the main variables involved in the evacuation process. Few were the differences noted between the requirements of the regulations. The number of students per classroom was dictated by the law and opinion of the state education systems. A project proposed for the strengthening of national institutions, must pay attention to the fulfillment of the required in the regulations, verifying operation of the project with the help of software. However, a design review is required to meet the minimum required for the effective use of emergency exits.

Keywords: Emergency exit. Evacuation. Computational simulation. Human behavior.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Linha do Tempo de Evacuação.....	31
Figura 2. Vistas gerais da simulação, com destaque para escadas, rampas e patamares.	47
Figura 3. Imagem 3D da implantação geral.....	50
Figura 4. Implantação geral.....	50
Figura 5. Vista interna auditório.....	52
Figura 6. Planta baixa auditório.....	53
Figura 7. Vistas do acesso e da biblioteca.	54
Figura 8. Plantas térreo e pavimento superior do acesso e da biblioteca.	55
Figura 9. Vistas do bloco pedagógico e administrativo.	57
Figura 10. Plantas do térreo e pavimento superior do bloco pedagógico e administrativo.	57
Figura 11. Vistas do bloco de serviço e vivência.....	59
Figura 12. Planta baixa do bloco de serviço e vivência.....	59
Figura 13. Vista Quadra Poliesportiva Coberta.	60
Figura 14. Planta baixa térreo e pavimento superior da quadra poliesportiva coberta.	61
Figura 15. Vistas dos blocos de laboratórios especiais.....	62
Figura 16. Planta baixa do bloco de laboratórios especiais.	62
Figura 17. Evolução da movimentação no processo de fuga em relação ao tempo (em segundos) – Estudo 1 - Ceará	66
Figura 18. Evolução da movimentação no processo de fuga em relação ao tempo (em segundos) – Estudo 2 – Santa Catarina.....	71
Figura 19. Evolução da movimentação no processo de fuga em relação ao tempo (em segundos) – Estudo 3 – Rio Grande do Sul.....	76
Figura 20. Recorte legislação – Dimensionamento das saídas de emergência	78
Figura 21. Recorte legislação Ceará – Larguras corredores.....	79
Figura 22. Recorte legislação Santa Catarina – Larguras corredores.....	80
Figura 23. Recorte legislação Rio Grande do Sul – Larguras corredores	81
Figura 23. Recortes planta baixa – Largura corredores	82
Figura 25. Recortes legislações – Distâncias máximas a percorrer	83
Figura 26. Recorte – Corte BB	85

Figura 27. Recortes de planta baixa térreo e superior – escadas	86
Figura 28. Recorte de normativas – Tipo e número de escadas.....	87
Figura 29. Acessos a escadas - Aglomeração	90
Figura 30. Acessos a escadas - Aglomeração	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definições de Saídas de Emergência por estado	24
Tabela 2 – Definição dos componentes de Saídas de Emergência	27
Tabela 3. Comparativo do exigido nas legislações de saídas de emergência dos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Ceará – Escola em geral	35
Tabela 3.1. Comparativo do exigido nas legislações de saídas de emergência dos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Ceará - Profissionalizantes	37
Tabela 3.2. Comparativo do exigido nas legislações de saídas de emergência dos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Ceará –	38
Tabela 4. Distâncias máxima a percorrer NFPA 101 (2015) - Ocupação Educacional	39
Tabela 5. Modelos de Abandono.....	40
Tabela 6. Configurações das simulações.....	43
Tabela 7. Da Edificação e Áreas de Risco	48
Tabela 8. Dados com relação a Saída de Emergência	49
Tabela 9. Descrição do bloco Auditório, funções e áreas.	51
Tabela 10. Descrição do bloco de Acesso e Biblioteca, funções e áreas.	54
Tabela 11. Descrição do bloco Pedagógico/Administrativo, funções e áreas.	55
Tabela 12. Descrição do bloco de Serviços e Vivência, funções e áreas.	58
Tabela 13. Descrição da Quadra Poliesportiva Coberta, funções e áreas.	60
Tabela 14. Divisão do bloco de Laboratórios Especiais, funções e áreas.....	61
Tabela 15. Dados da simulação – estudo 1	63
Tabela 16. Dados simulação – estudo 1	64
Tabela 17. Comparativo para simulação de Santa Catarina	67
Tabela 18. Dados da simulação – estudo 2	69
Tabela 19. Dados simulação, Santa Catarina – estudo 2	70
Tabela 20. Comparativo para simulação do Rio Grande do Sul.....	72
Tabela 21. Dados da simulação – estudo 3	73
Tabela 22. Dados simulação Rio Grande do Sul – estudo 3.....	74
Tabela 23. Resultados de distância máxima percorrida.....	84
Tabela 23. Comparativo do exigido nas legislações – dimensionamento	88
Tabela 24. Resumo das simulações	92

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Simulação 01, relação ocupantes x tempo de fuga.	64
Gráfico 2. Simulação 02, relação ocupantes x tempo de fuga.	69
Gráfico 3. Simulação 03, relação ocupantes x tempo de fuga.	74
Gráfico 4. Desempenho de uso escadas x rampa.....	91

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
BSI	<i>British Standards Institution</i>
CBMRS	Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Sul
CBMSC	Corpo de Bombeiros Militar de Santa Catarina
CBPMESP	Corpo de Bombeiros Polícia Militar do Estado de São Paulo
DAPE	Diretoria de Articulação e Expansão de Educação Profissional e Tecnológica
DAT	Diretoria de Atividades Técnicas
FNDE	Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação
FSE	<i>British and International Organisation for Standards fire safety engineering</i>
IN	Instrução Normativa
ISO	<i>International Organisation for Standardisation</i>
IT	Instrução Técnica
NFPA	<i>National Fire Protection Association</i>
NBR	Normas Brasileiras de Regulação
NT	Norma Técnica
MEC	Ministério da Educação
Pronatec	Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego
RT	Resolução Técnica
SCI	Segurança Contra Incêndio
SETEC	Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica
TRF	Tempo de Resistência ao Fogo
TRRF	Tempo Requerido de Resistência ao Fogo
UP	Unidade de Passagem

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	7
ABSTRACT	8
1 INTRODUÇÃO	13
1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA	14
1.2 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.3.1 OBJETIVO GERAL.....	16
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	16
1.4 JUSTIFICATIVA	17
2 A SAÍDAS DE EMERGÊNCIA E ROTAS DE FUGA: A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E O PROJETO ARQUITETÔNICO	20
2.1 Sistemas de Saída de Emergência	23
2.1.2 Tempo de evacuação	30
2.1.3 Fatores que influenciam o movimento da multidão na análise do fluxo...33	
2.1.4 Normas e legislações.....	34
2.2 Simulações computacionais aplicadas na Segurança Contra Incêndio	39
3 MÉTODO	43
3.1 Do <i>software Pathfinder</i>	45
3.2 Das simulações e configurações	46
3.3 Aplicação do Método e da Simulação	48
3.3.1 Dados do projeto:.....	48
4. RESULTADOS:	63
4.1 Estudo 1 – Projeto aplicado no Ceará	63
4.2 Estudo 2 – Projeto com análise da legislação do estado de Santa Catarina67	
4.3 Estudo 3 – Projeto com análise da legislação do estado do Rio Grande do Sul.....	72
5. CONCLUSÕES	77
5.1 Resultados da Legislação	77
5.1.1 Dimensionamento para saídas de emergência	77
5.1.2 Larguras dos corredores	78
5.1.3 Distâncias máximas a percorrer	82

5.1.4 Escadas.....	84
5.1.5 Resumo das Normativas	88
5.2 Resultados da Simulação com <i>Pathfinder</i>.....	89
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	93
7. BIBLIOGRAFIA	96
ANEXOS	101

1 INTRODUÇÃO

Silva (2015) afirma que, por meio de uma sucessão de incêndios a nível mundial – no qual cita Roma (64), Londres (1966) e Chicago (1971) - os estudos relacionados às medidas de segurança contra incêndios evoluíram. Foi de uma escala urbanística, no qual o projeto é ligado ao afastamento de edificações e à criação e expansão da rede de infraestrutura das ruas, como soluções que garantam a integridade e a evacuação dos ocupantes através de eficientes soluções arquitetônicas e até mesmo a evolução de técnicas, métodos e dispositivos de combate.

Em decorrência da localização, proporção e da visibilidade, dada através do avanço dos meios de comunicação, os incêndios ocorridos nos anos 70 em São Paulo - em destaque os edifícios Andraus, em 1972, e Joelma, em 1974 - suscitaram mudanças significativas nas normativas de prevenção e proteção contra incêndio e pânico nesse estado. Decorrente desses eventos, outros estados brasileiros – sendo Pará, Paraíba, Rio Grande do Norte, São Paulo, Rio de Janeiro, Brasília e Rio Grande do Sul, criaram novos regimentos e atualizaram os já existentes, para que assegurassem as falhas que acarretaram os acidentes anteriores. Outro fato que mobilizou uma transição dos corpos normativos foi o incidente ocorrido na Boate Kiss, em 2013, na cidade de Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul. Observa-se o período de aproximadamente 41 anos entre os avanços e aprimoramentos do regimento. (RODRIGUES, 2016).

Com ressalva às devidas proporções de cada evento, torna-se evidente a semelhança dos incêndios ocorridos no Canecão Mineiro, em Belo Horizonte, no ano de 2001, e na Boate Kiss, no Rio Grande do Sul em 2013. Em ambos os casos é possível descrever o mesmo cenário, com o uso indevido de fogos de artifício num ambiente fechado com revestimentos combustíveis, aliado à falta de segurança – enfatizando, entre outros, a ausência de sinalização adequada e principalmente de saídas de emergência.

A importância desse sistema que envolve o processo de evacuação, do seu correto planejamento, execução e manutenção que tem como partes principais: o acesso à saída, a saída em si e a descarga da saída, podendo ter como complementos, conforme a necessidade do projeto, do local e de acessibilidade com

circulação, corredores, hall, escadas, rampas, descargas e portas, elevadores de emergência, entre outros.

Ademais, é imprescindível a concordância com o relatado nas normativas nacionais e estaduais, específicas de cada área, aspirando níveis elevados de segurança à vida e ao patrimônio. A necessidade de confirmação dos parâmetros normativos, que regem as saídas de emergência numa linguagem próxima à realidade, utiliza-se da simulação com software de evacuação e da análise da relação de segurança do usuário. Aliás, a simulação sustenta a efetividade ou a interferência na relação com o ocupante e através dos resultados obtidos, surge a possibilidade de potencializar as exigências vigentes.

O imóvel de caráter público possui características próprias, ou seja, obedecer ao menor custo; desempenhar prazos reduzidos em todas as fases, planejamento, elaboração e execução de obra; acatar ao descrito com relação ao uso de materiais, orçamento, entre outros.

As edificações de escolas públicas, especificamente o ensino técnico de nível médio profissionalizante, a cada dia conta com acréscimo na população, com idade entre 15 a 65 anos, público misto – sendo jovens, a maioria adultos, idosos e pessoas com deficiência locomotora. É primordial a ponderação dos riscos, pois num mesmo local se encontram diferentes funções: auditório; laboratórios com computadores, com produtos químicos e inflamáveis; biblioteca; depósitos; almoxarifados; cozinha; ginásio e funções administrativas.

Com isso a análise das saídas de emergência, devem ser seguras, para que, em caso de incêndio, permitam a evacuação e salvamento de vidas. Como principais itens avaliados neste trabalho, têm-se a distância máxima a ser percorrida até chegar a um local seguro; a quantidade e dimensionamento das saídas de emergência, além do posicionamento delas.

1.1 DEFINIÇÃO DO TEMA

O arquiteto e urbanista Jan Gehl (2013) afirma que não é possível definir uma boa arquitetura apenas através da forma, mas, sim, analisando a interação entre a vida e a forma. Entre as inúmeras relações a serem tratadas, uma delas, abordada nesta dissertação, é a questão da segurança à vida das pessoas, especificamente o

sistema de saída de emergência, assegurando a condição incólume dos indivíduos de uma edificação e no decorrer da evacuação, em caso de incêndio.

Conforme Gouveia e Etrusco (2002), em função dos incêndios serem eventos de assustadora hostilidade e de caráter imprevisível, faz o abandono de ambiente uma das táticas mais seguras e eficientes para resguarda da vida humana. Os sistemas de saída de emergência possuem ligação direta com a arquitetura, fazendo parte da concepção do projeto, integrado na circulação da edificação e interferindo diretamente na evacuação, favorecendo ou prejudicando o escape.

É notável que após os incidentes ocorridos, já citados anteriormente, uma nova consciência e responsabilidade ao projetar seja pensada. Essa mudança de atitude é determinada através de uma maior rigidez na legislação e na cobrança dos órgãos fiscalizadores envolvidos, com relação à segurança das pessoas. No contexto atual, o projeto arquitetônico tem que se ajustar à primordialidade de salvar vidas em um caso de incêndio.

As diferenças das normas do corpo de bombeiros, que, atualmente, em cada estado possui a sua própria legislação, no que trata de distâncias a percorrer, larguras de portas, entre outros, que compõem as saídas de emergência, são questionadas pelos profissionais da área de projetos. Através deste estudo, foi possível verificar a viabilidade de um mesmo projeto ser aplicado em diferentes estados brasileiros atendendo as diretrizes de incêndio exigidas, utilizando o modelo de escola de ensino técnico com nível médio profissionalizante.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TRABALHO

É incontestável a relevante importância do abandono seguro da edificação durante um evento de emergência, sendo este um dos meios mais eficazes para o salvamento de vidas (GOUVEIA; ETRUSCO, 2002). A busca por um projeto que atenda a todos os requisitos arquitetônicos, estruturais, complementares, incluindo a segurança contra incêndio e toda sua legislação demanda de uma análise rigorosa, além do comprometimento de todos os profissionais envolvidos das mais distintas áreas. As saídas de emergência possuem papel principal, não podendo apresentar falhas, e a simulação computacional contribui para chegar a um bom resultado.

O programa *Pathfinder* é um instrumento que simula a evacuação, auxiliando na organização e na elaboração do projeto, pois gera dados que são utilizados para prever locais com aglomerações que prejudicam a fuga segura.

Os dados utilizados para o evento em estudo, como o comparativo entre os dados de tempo máximo de fuga – convencionado em 2,5 minutos (NBS *Building Regulations*, 2006 apud ONO, 2010); da velocidade de caminhada - em 1,3 m/s (TANAKA, 2002 e MUROSAKI, 1993 apud ONO, 2010) e Murosaki (1993, p. 134, apud ONO, 2010, p. 81) e para pessoas com o perfil de mobilidade reduzida de 0,8 m/s - baseados em pesquisas internacionais pela falta de dados brasileiros.

Com base nesses dados, princípios e necessidades, o eixo dessa pesquisa está focado na análise crítica das saídas de emergência de edificações escolares, tomando como base o projeto arquitetônico.

1.3 OBJETIVOS

O objetivo geral e os específicos serão apresentados a seguir:

1.3.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral desta pesquisa é aplicar os requisitos das prescrições normativas para o sistema de saída de emergência, sobretudo ao processo de fuga. Baseado em um modelo de aplicação nacional proposto pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, do Ministério da Educação - MEC, analisou-se como estudo uma escola de ensino técnico de nível médio profissionalizante, com 6 blocos distintos: auditório, acesso e biblioteca, bloco pedagógico/administrativo composto por 2 pavimentos e objeto de estudo, serviços e vivência, quadra poliesportiva coberta e ensino profissionalizante.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

a) Identificar e comparar os dados da legislação no quesito de dimensionamento das saídas de emergência, entre os estados de Ceará, Santa Catarina e Rio Grande do Sul, na classificação educacional de nível médio e profissionalizante;

b) Avaliar quais os pontos críticos identificados na simulação de evacuação do projeto de escola de ensino técnico de nível médio, proposto pelo Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, do Ministério da Educação – MEC;

c) Analisar as variáveis do projeto envolvidas no processo de evacuação. Entre elas a relação entre a população máxima, os componentes da saída – acesso, portas, escadas, rampas e corredores, usuários com mobilidade reduzida e distâncias a percorrer para alcançar um local seguro em edificação de 2 pavimentos, através da simulação computacional;

d) Avaliar o impacto causado pelas variáveis analisadas no projeto para otimizar o tempo de fuga dos ocupantes das edificações escolares de 2 pavimentos.

1.4 JUSTIFICATIVA

Ao serem introduzidas as medidas de segurança contra incêndio nas fases iniciais de projeto, bem como no decorrer de seu uso, seguindo os preceitos apropriados, torna-se possível a discussão e a pesquisa para o aprimoramento de ideias com excelentes resultados arquitetônicos, além de diminuir o impacto do capital aplicado. (ONO, 2010).

Ao elaborar projetos, os profissionais da área – engenheiros, arquitetos e urbanistas, devem colaborar e obter a colaboração de diversas áreas com outras habilidades específicas – uma delas o conhecimento absoluto em segurança contra incêndio em edificações - tornando esse procedimento de elaboração um recurso com perspectiva multidisciplinar e com o mínimo de falhas. (FONTES, FONSECA e MADI, 2013).

A integração de projetos e normas regulamentadoras, conhecimentos do projetista, sociedade em geral, administração pública, instituições de ensino e pesquisa entre outros, além do uso de tecnologias avançadas, contribuem muito para a atualização e o aprimoramento da legislação. A demanda cresce a cada dia, atrás de projetos que não só proporcionem instalações com agradável ambiência, funcionalidade e segurança, por meio da utilização de materiais eficientes e que permitam a evacuação em caso de emergência. Para que essa demanda seja atendida com excelência, um diagnóstico apurado pode ser obtido através de dados como tempo utilizado para o movimento e da leitura dos possíveis caminhos a serem

seguidos para alcançar uma área em segurança, realizado através da ajuda dos softwares de simulação. (SILVA, 2015).

Os modelos computacionais de evacuação são peças importantes para corroborar na elaboração de projetos arquitetônicos, pois permitem o cálculo do tempo de fuga dos ocupantes da edificação e confirmam os efeitos planejados e esperados dos sistemas de saída de emergência propostos. (SILVA, 2015).

A NFPA 101 (p. 30, 2015) define, por capacidade de evacuação, a aptidão dos ocupantes, moradores e funcionários como grupo, seja para evacuar um edifício ou para se mudar do ponto de ocupação para um ponto de segurança. (tradução nossa). A partir daí verifica-se a importância da real efetividade dos sistemas de saída de emergência, o que torna trabalhos com esse foco de ampla importância, pois, caso ocorra a falha dos demais sistemas de proteção e combate ao incêndio, a salvaguarda humana deve ser garantida.

O modelo de projeto a participar desse estudo consiste em uma iniciativa do Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego – Pronatec. O Brasil Profissionalizado busca o fortalecimento do ensino médio, integrado à educação profissional nas redes estaduais de educação profissional, instituído no ano de 2007. Após a realização de algumas obras, constatou-se a necessidade de modificações técnicas e benfeitorias que proporcionassem melhor funcionamento da edificação escolar, com isso, a equipe técnica da Diretoria de Articulação e Expansão de Educação Profissional e Tecnológica/Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica/Ministério da Educação - DAPE/SETEC/MEC, desenvolveu o projeto de arquitetura executivo padrão e o caderno de especificações técnicas, disponibilizado no sítio do MEC em fevereiro de 2011, tendo sido adotado por algumas Unidades da Federação. A proposta é a aplicação do modelo de âmbito nacional, com capacidade para 1.200 alunos. (BARCELOS; PEDRA, 2011).

Entretanto, desponta a dúvida de uma tipologia e especificações de projeto a ser empregado em todos os estados brasileiros, nesse estudo, especificamente, para os estados do Ceará – no qual o projeto encontra-se implantado, e disponibilidade de inserção em Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Além de seguir o regramento federal e diretrizes próprias do Corpo de Bombeiros, referente à saída de emergência, devem atentar para alcançar o exigido no regulamento mais restritivo. O projeto em questão a ser discutido teve em sua concepção os princípios da segurança contra incêndio levados em consideração? Surge, então, a

necessidade de atestar as informações, através de fundamentação técnico-científica o resultado do projeto com os possíveis movimentos das pessoas. A importância desse trabalho está na confirmação dos dados exigidos, determinando quais números se aproximam de uma situação real de evacuação, utilizando a simulação computacional.

2 A SAÍDAS DE EMERGÊNCIA E ROTAS DE FUGA: A SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E O PROJETO ARQUITETÔNICO

“O fogo sempre representou uma das principais preocupações do homem com a construção, pois envolve questões ligadas à vida das pessoas, além do seguro dos bens capitais”, afirma Meirelles (2012).

Para Silva, Vargas e Ono (2010), “(...) a principal finalidade da segurança contra incêndio em edificações é minimizar o risco à vida das pessoas expostas ao sinistro”, sendo que o conceito de risco à vida engloba exposição direta à fumaça dos ocupantes da edificação, juntamente com os gases quentes e o calor, até chegar à ruína dos elementos construtivos. Por isso, destaca-se a importância da eficiência na elaboração do projeto e a prevenção contra incêndio, para que se permita o rápido abandono dos ambientes atingidos — ou em risco — pelas chamas.

Os meios de segurança contra incêndio a serem aplicados em edificações devem ser previstos desde as fases iniciais, sendo realizados junto aos estudos preliminares, desenvolvendo-se com o anteprojeto e compatibilizando as partes que compõem o projeto arquitetônico, estrutural, entre outros. A utilização dos três pilares vitruvianos, sendo firme e bem estruturado - *firmitas*, possuir uma função - *utilitas* e, principalmente, interessante de se ver - *venustas*, além do preceito segurança à vida, deve reger o processo de estudo do projeto.

O que se observa, nos dias atuais, são implicações decorrentes da fase de regularização legal, a adequação das edificações existentes às novas necessidades. O preciso gerenciamento de projetos, das mais diferentes áreas, diminui o risco de intervenções desnecessárias, evitando falhas nos sistemas essenciais e gastos indevidos.

Outro dado relevante que tem interferência mútua na relação segurança contra incêndio *versus* projeto arquitetônico é a fase da pesquisa onde se define as características da população que fará uso da edificação. Essas particularidades psicológicas e físicas auxiliarão na análise da dificuldade do abandono e salvamento numa situação de incêndio¹.

¹ ABNT NBR 9050:2015, item 5.2.2 orienta a importância de observar as normas estabelecidas pelo Corpo de Bombeiros em situações de incêndio, pânico e evacuação.

O comportamento humano é definido por KOBES *et. al* (2010) como as “ações pessoais decorrentes de sua percepção perante a situação, sua intenção de agir, juntamente com o raciocínio anterior a tomada de decisão”, sendo o período atribuído durante uma fuga designado como o comportamento de evacuação.

Os primeiros estudos relacionados ao comportamento humano iniciaram nos EUA, no primórdio do século XX. Em 1905, na primeira edição do *National Building Code* (NBC), o mínimo exigido para largura de escadas a serem usadas como rota de fuga era de 510 mm (20 polegadas) (BUKOWSKI, 2009). Quando surgiu o *Committee on Safety to Life* - Comitê de Proteção a Vidas, em 1913, este destinou seus estudos às perdas humanas e à avaliação da origem/causa dos incêndios. Esses estudos auxiliaram na construção do *Life Safety Code* da *National Fire Protection Association* (NFPA), com diretrizes de concepção para escadas de segurança e, conseqüentemente, saídas de emergência. (VALENTIN; ONO, 2006).

Em 1909, o mais antigo estudo foi realizado para assessorar o projeto do Terminal Hudson em Nova York o qual calculava a velocidade dos pedestres. Já na década de 1930, os estudos de evacuação foram relacionados e desenvolvidos em estações de metrô, terminais de trem, lojas de departamento, teatros e escritório públicos. Eles deram princípio ao *National Bureau of Standards – Design and Construction of Building Exits* e foram publicados em 1935. (BRYAN, 2002).

A época de maior evolução nessa área compreende o período entre os anos 70 até metade dos anos 80, através de seminários e pesquisas desenvolvidas. Nos anos 80 e até metade dele, o governo americano financiou as pesquisas, com foco nos modelos computacionais de simulação, do comportamento humano na evacuação de edifícios em incêndio (VALENTIN; ONO, 2006). O Japão e a Noruega se destacaram neste propósito de estudos, através de experimentos com pessoas na identificação de caminhos, dos efeitos da fumaça e do calor.

Uma nova perspectiva foi estabelecida no final do século XX, onde o caráter tecnológico alterou-se para o comportamental. A ocupação é apontada como a relação entre as pessoas e os ambientes, estando o tipo de ocupação e o comportamento dependendo do ambiente em que o indivíduo se encontra.

Focando na abordagem da psicologia tradicional, onde as pessoas são analisadas em termos de traços de personalidade, capacidade e características individuais. Em contrapartida, estudos apontam que as pessoas não respondem da

mesma maneira numa mesma localização e circunstância. Como a reação humana em situação de emergência é imprevisível, devido à instabilidade emocional, há interferência direta com o modo de fuga, o que intervém tanto no tempo de reação ao início do som do alarme, quanto na velocidade de saída. Os seres humanos agem de acordo com a forma como se adaptam a uma situação, dependendo das informações e oportunidades oferecidas em diferentes locais. A probabilidade de uma fuga segura não depende apenas de particularidades pessoais ou do tipo de classificação de utilização e ocupação do edifício em que o indivíduo se encontra, outros fatores como o layout, o projeto e o projeto de interiores do imóvel causam impacto sobre o processo de evacuação. (KOBES et. al., 2010).

É durante a fase inicial do incêndio que o comportamento humano é considerado imprescindível. Segundo Sime (1991 apud Seito et al. 2008), “(...) existe a tendência de as pessoas adotarem o percurso mais familiar para a saída, que é a entrada normal da edificação, do que uma saída de emergência pouco familiar”. O mesmo autor cita ainda, que o perfil das pessoas que mais sobrevivem em situações de emergência não tem relação com idade ou força, mas sim com o nível de consciência do que está acontecendo e seu preparo para decidir o que fazer no momento. Daí vem a importância de treinamentos específicos para abandono e a devida manutenção dos equipamentos para utilização. É preciso atentar para algumas condições específicas, como o deslocamento de fumaça, pensando em sistemas que auxiliem na proteção, retirando os gases e combatendo o incidente.

A fumaça é um produto extremamente perigoso, que pode preencher a maior parte do edifício e tem grande influência na segurança à vida (SHEN, 2003). Independente da classificação do material incendiado e das condições físicas do local, a composição da fumaça envolve uma mistura de gases quentes, partículas sólidas e vapores, podendo ser notada através do odor ou visualmente através da velocidade de propagação, interferindo diretamente na fase de abandono da edificação. Os principais impactos decorrentes da fumaça sofrem variação conforme o produto envolvido, mas genericamente são descritos como: dificuldade de visibilidade de rotas de fuga por causar lacrimejamento, sufocação e tosses; efeitos físicos, como aumento de palpitação e pânico; diminuição do poder de mobilidade das pessoas, reduzindo a capacidade de reação e consciência; velocidade de marcha mais lenta, ou até mesmo optar por uma rota de fuga mais longa; e

limitações psicológicas em relação à evacuação como resultado de mudanças na percepção do perigo por um indivíduo. (KOBES et. al., 2010).

A questão da visibilidade depende das características da fumaça, do ambiente onde está e das condições físicas e mentais do observador. A maioria das mortes por incêndio é devida à inalação de fumaça e gases de combustão tóxicos. O nível de toxicidade é influenciado diretamente pela composição química do material em combustão, o calor, a oxigenação e o estágio do incêndio. (SEITO et al., 2008).

O movimento da fumaça é impulsionado por forças motrizes, que são a fluabilidade e a alta temperatura, por isso acumulam-se primeiramente na parte superior do compartimento, preenchendo toda a área até fluir para outros espaços através de aberturas diversas, como portas, shafts, dutos, entre outros. (SHEN, 2003).

Costa (p.10, 2009) cita algumas reações que podem irromper durante um incêndio, como “o pânico, a reentrada, o agrupamento ou o movimento através da fumaça.”

A importância do aprendizado, através das experiências e dos estudos, em âmbito nacional e internacional², tem relação direta com a decisão no uso de novas tecnologias, materiais, sistemas construtivos, perfil populacional, entre outros. O entendimento das possíveis tomadas de decisões no comportamento humano, perante uma situação de emergência, corrobora para o constante aprimoramento dos regimentos, conforme descrito no item 2.1.4 Normas e legislações, de abrangência nacional - como a Lei 13.425 de 30 de março de 2017, e estaduais³.

2.1 Sistemas de Saída de Emergência

As saídas de emergência consistem em um sistema de proteção passiva, sendo entendidas como um meio de escape da edificação. (FERREIRA, 2014). “Os meios de escape devem ser constituídos por rotas seguras que proporcionem às pessoas escapar em caso de incêndio, de qualquer ponto da edificação a um lugar seguro, fora da edificação, sem assistência exterior” (*The Fire Service College*, 1995

² Conforme é possível verificar em documentos internacionais como o IFC 2007, 3.0 Community Health and Safety.

³ A importância da Lei Complementar nº 14.376, do estado do Rio Grande do Sul – denominada Lei Kiss e a resiliência desse estado após a tragédia na Boate Kiss, na cidade de Santa Maria, em 2013.

apud SEITO et al., 2008, p. 94). Seito et al. (2008) ainda definem como sendo um complexo e numeroso sistema de concepção e de planificação da evacuação, juntamente uma rede de normas e legislações que regulam e visam a proporcionar segurança com baixo custo, independente da atual condição de movimentação humana. Nesse sentido, as rotas devem direcionar a saídas de emergência previamente calculadas e apropriadas para a população do local.

O primeiro item a ser garantido pela segurança contra incêndio em edificações é manter a integridade física dos ocupantes. Pressupondo que os outros sistemas de prevenção e proteção possam falhar, é fundamental que as saídas de emergência sejam adequadas e efetivas na hora do abandono pelos usuários. (ONO, 2010).

O sistema de saída de emergência, segundo Shen (2003), é composto por três partes distintas: o acesso à saída, a saída em si e a descarga da saída. Essa tríade pode ter acréscimos, conforme exigência de legislação, com o uso de outros componentes como elevadores de emergência e segurança, passarelas, local para resgate aéreo, entre outros, dependendo das diretrizes de projeto, sua utilização e dimensionamento. A Tabela 1 descreve a interpretação contida em cada estado estudado para as Saídas de Emergência.

Tabela 1 - Definições de Saídas de Emergência por estado

Instrução Normativa 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência (2014)	Resolução Técnica CBMRS nº 11 – Parte 1 – Saídas de Emergência (2016)	CBMCE - Norma Técnica nº 005/2008 - Saídas de Emergência
I – acessos (circulação, corredores e hall)	a) acessos ou rotas de saídas horizontais, isto é, acessos às	a) acessos;
II – saídas adequadas em todos os pavimentos (escadas, rampas)	escadas, quando houver, e respectivas portas ou espaço livre exterior térreo, nas	b) rotas de saídas horizontais, quando
III – saídas finais adequadas (descargas e portas)	edificações térreas;	houver, e respectivas portas ou espaço livre exterior, nas edificações
	b) escadas ou rampas;	térreas;
	c) elevadores de emergência;	c) escadas ou rampas;
	d) descarga.	d) descarga.

Fonte: IN 009/DAT/CBMSC; RT CBMRS nº 11 e CBMCE NT nº 005.

Além dos itens citados na Tabela 1, alguns dados compõem o levantamento e devem ser citados. Para o correto dimensionamento da saída de emergência, deve ser realizado o cálculo da população da edificação que tem interferência direta no processo evacuação. A determinação da distância máxima a ser percorrida para alcançar um local seguro, que leva em consideração as características construtivas - devido a propagação do fogo; além do número de saídas e da utilização ou não de chuveiros automáticos. As saídas nos pavimentos sofrem influência da altura da edificação e respectivamente do tipo da escada a ser utilizada. Ressalta-se que esses dados são correlacionados e a classificação da ocupação interfere em todos os itens relacionados anteriormente.

A Lei Federal nº 13.425, de 30 de março de 2017, não trata desses conceitos em específico, entretanto afirma no Art.7º que “as diretrizes estabelecidas por esta Lei serão suplementadas por normas estaduais, municipais e do Distrito Federal, na esfera de competência de cada ente político.” Também serão consideradas as peculiaridades regionais e locais para determinação de diretrizes diferenciadas por classificação, visando à prevenção e combate a incêndio, desastres e segurança da população.

De acordo com Shen (2003), independente do projeto arquitetônico, sempre haverá espaços críticos no sistema de saída, mas seu grau de relevância impede a exclusão desse espaço no projeto. O corredor é um deles, considerado espaço-chave, onde as pessoas localizadas em salas conectadas a ele não possuem outra rota para saída. O segundo dado a ser levado em conta é o tempo em que as pessoas levam para escapar desse espaço, quando uma grande área possui saída com complicados corredores, mesmo seguindo as regras da legislação.

O exigido nas normatizações é o mínimo a ser atendido e, por elas possuírem características prescritivas, acabam não permitindo ao projetista alternativas criativas. (ONO, 2010).

É importante salientar que a integração do projeto arquitetônico e paisagístico ao sistema construtivo, dos materiais utilizados para acabamento, mobiliário e sistemas de proteção contra incêndio ativo e passivo, por exemplo, devem fazer parte dessa análise. Além da relevância das empresas fornecedoras em realizarem testes para a certificação de seus produtos e os profissionais envolvidos na obra em exigir laudos com ensaios referentes a isolamento térmico, estanqueidade aos gases

e resistência mecânica ou estabilidade, prevendo o mínimo de falhas em caso de necessidade de utilização dos sistemas de emergência.

Ressalta-se que de nada vale um eficaz sistema de segurança se há imprudência ou negligência dos usuários, deixando portas corta-fogo abertas e permitindo a propagação do incêndio através da convecção, mediante gases aquecidos, irradiação por ondas caloríficas das chamas, não protegendo durante a evacuação ou ainda obstruindo as rotas de fuga. (FONTES; FONSECA; MADI, 2013). A importância do sistema para salvamento de vida não admite falhas ou falta de manutenção dos sistemas, que é de responsabilidade do usuário atender o descrito no manual de uso, manutenção e operação da edificação. Nas análises computacionais realizadas, admitiu-se que todos os sistemas projetados são eficientes e não falham.

Alguns fatores influenciam no modo de localizar as saídas de emergência, como ser de fácil percepção; sem características labirínticas; seja feito um correto dimensionamento e planejamento de iluminação e sinalização; preferencialmente com mais de uma alternativa de saída e escadas bem distribuídas, sendo que, em caso de haver um piso inferior ao pavimento de descarga, este não deve apresentar continuidade; rampas e/ou elevadores de segurança para que facilitem a evacuação de pessoas que possuem restrições/dificuldade de mobilidade. Vários pesquisadores concluíram que a capacidade máxima de vazão das saídas é de 60 indivíduos por metro por minuto, levando em consideração a saída efetiva e não a largura real da saída. (KOBES et. al., 2010).

No conjunto da Tabela 2, que compreende 2.1 a 2.5, estão descritos os componentes das saídas de emergência conforme a legislação estadual específica.

Tabela 2 – Definição dos componentes de Saídas de Emergência

Tabela 2.1 Acesso

Instrução Normativa 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência (2014)	Resolução Técnica CBMRS nº 02 – Terminologia Aplicada a Segurança Contra Incêndio (2014)	CBMCE - Norma Técnica nº 002/2008 – Terminologia e Simbologia de Proteção Contra Incêndio
Caminho a ser percorrido pelos usuários do pavimento, constituindo a rota de saída horizontal, para alcançar a escada ou a rampa, área de refúgio ou descarga. Os acessos podem ser constituídos por corredores, circulações, vestíbulos, balcões, varandas e terraços.	Caminho a ser percorrido pelos usuários do pavimento, constituindo a rota de saída horizontal, para alcançar a escada ou a rampa, área de refúgio ou descarga, nas edificações com mais de um pavimento, ou o espaço livre exterior, nas edificações térreas. Os acessos podem ser constituídos por corredores, passagens, vestíbulos, antecâmaras, sacadas, varandas e terraços.	Caminho a ser percorrido pelos usuários do pavimento ou do setor, constituindo a rota de saída horizontal, para alcançar a escada ou rampa, área de refúgio ou descarga para saída do recinto do evento. Os acessos podem ser constituídos por corredores, passagens, vestíbulos, balcões, varandas e terraços.

Fonte: IN 009/DAT/CBMSC; RT CBMRS nº 11 e CBMCE NT nº 005.

O item acesso, entre os descritos a seguir, é o único que consta na Lei Complementar do Rio Grande do Sul nº 14.376, de 26 de dezembro de 2013, e de relevante similaridade de conceito.

2.2 Descarga

Instrução Normativa 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência (2014)	Resolução Técnica CBMRS nº 02 – Terminologia Aplicada à Segurança Contra Incêndio (2014)	CBMCE - Norma Técnica nº 002/2008 – Terminologia e Simbologia de Proteção Contra Incêndio
É a parte da saída de emergência de uma edificação, que fica entre a escada e a via pública ou área externa em comunicação com a via pública.	Parte da saída de emergência de uma edificação que fica entre a escada e o logradouro público ou área externa com acesso a este.	Parte da saída de emergência de uma edificação que fica entre a escada e o logradouro público ou área externa com acesso a este.

Fonte: IN 009/DAT/CBMSC; RT CBMRS nº 11 e CBMCE NT nº 005.

2.3 Escada de Emergência (de Segurança)

Instrução Normativa 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência (2014)	Resolução Técnica CBMRS nº 02 – Terminologia Aplicada à Segurança Contra Incêndio (2014)	CBMCE - Norma Técnica nº 002/2008 – Terminologia e Simbologia de Proteção Contra Incêndio
Não consta.	Escada integrante de uma rota de saída, podendo ser uma escada enclausurada à prova de fumaça, escada enclausurada protegida, escada não enclausurada (quando for o tipo de escada exigida para a edificação) ou escada aberta externa.	Não consta.

Fonte: IN 009/DAT/CBMSC; RT CBMRS nº 11 e CBMCE NT nº 005.

2.4 Porta Corta-Fogo (PCF)

Instrução Normativa 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência (2014)	Resolução Técnica CBMRS nº 02 – Terminologia Aplicada à Segurança Contra Incêndio (2014)	CBMCE - Norma Técnica nº 002/2008 – Terminologia e Simbologia de Proteção Contra Incêndio
Não consta.	<p>Dispositivo construtivo (conjunto e folha(s) de porta, marco e acessórios), com tempo mínimo de resistência ao fogo, instalado nas aberturas da parede de compartimentação e destinado à circulação de pessoas e de equipamentos. É um dispositivo móvel que, vedando aberturas em paredes, retarda a propagação do incêndio de um ambiente para outro. Quando instaladas nas escadas de segurança, possibilitam que os ocupantes das edificações atinjam os pisos de descarga com as suas integridades físicas garantidas. Deve atender às exigências de resistência mecânica, estanqueidade e isolamento térmico.</p>	<p>Dispositivo construtivo com tempo mínimo de resistência ao fogo, instalado nas aberturas da parede de compartimentação, destinadas à circulação de pessoas e de equipamentos.</p>

2.5 Rampa

Instrução Normativa 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência (2014)	Resolução Técnica CBMRS nº 02 – Terminologia Aplicada à Segurança Contra Incêndio (2014)	CBMCE - Norma Técnica nº 002/2008 – Terminologia e Simbologia de Proteção Contra Incêndio
Não consta.	Parte inclinada de uma rota de saída, que se destina a unir dois níveis de pavimento.	Parte construtiva inclinada de uma rota de saída, que se destina a unir dois níveis ou setores de um recinto de evento.

Fonte: IN 009/DAT/CBMSC; RT CBMRS nº 11 e CBMCE NT nº 005.

Na hierarquia das legislações de caráter Federal, estadual, municipal, Corpo de Bombeiros e específicas dos órgãos de classe, supõe-se o uso do parâmetro mais rigoroso.

2.1.2 Tempo de evacuação

O processo de movimento dos usuários da edificação implica o deslocamento deliberado em direção às saídas ou por vias de fuga com a intenção de sair do edifício ou chegar a um local em segurança.

Para se obter uma estimativa do tempo de evacuação, os preceitos seguidos basearam-se nas normas da *British and International Organisation for Standards fire safety engineering* (FSE), padrão BSI DD240 (*British Standards Institution*, 1997) e ISO TR13387-8 (*International Organisation for Standardisation*, 1999). Partindo dessa premissa, são duas as categorias principais que integram o comportamento dos ocupantes no processo, definidos como pré-movimento e movimento, conforme Figura 1. O primeiro inicia com um alarme ou algum outro sinal e termina quando começa o movimento de evacuação. Nele, há a fase de reconhecimento, quando os ocupantes continuam com atividades de pré-alarme e, durante esse período,

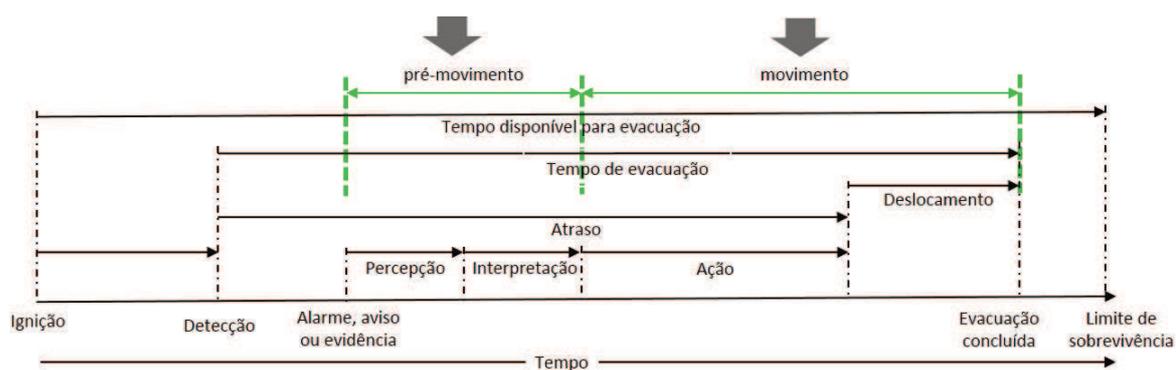
realizam uma série de atividades, como parar máquinas, reunir membros da família, investigar a situação, alertar as outras pessoas e combater o fogo. O segundo, o processo de movimento, começa quando inicia a ação de locomoção e termina quando se atinge um local seguro do incêndio ou os indivíduos saem do edifício. Esta, chamada “resposta”, indica a variedade e a sequência de atividades envolvidas para trabalhar o desenvolvimento da emergência, antes da própria ação de evacuação, através de uma rota de fuga escolhida e iniciada. (PURSER; BENSILUM, 2001).

Pode-se observar que cada autor denomina um título diferente para cada período de tempo, mas o conceito é o mesmo. De acordo com Ono (2010):

(...) os ocupantes deverão realizar o movimento de deslocamento para abandonar o edifício numa situação de emergência, é necessário considerar o tempo admissível para o abandono, que deve ser sempre inferior ao tempo disponível para o abandono.

Esse tempo para o abandono é o limite tido como padrão de segurança à vida. O tempo de pré-movimento e o comportamento pré-movimento são elementos chave no processo de fuga. (ONO, 2010).

Figura 1. Linha do Tempo de Evacuação



Fonte: Ono (2010, p.52), com adaptação da autora.

Ao analisar a Figura 1, percebe-se que o tempo de deslocamento nunca poderá ser maior do que os parciais anteriores; se os antecessores do deslocamento forem muito maiores, o resultado implica estar mais suscetível às condições adversas, sendo fatal em muitos casos. (ONO, 2010)

Ono (2010) afirma que as pessoas levam um tempo para perceberem/reconhecerem o alarme e para o início do movimento de abandono. Visando a chegar a um local seguro, conta-se o tempo de deslocamento e de espera, caso tenha acúmulo nas localidades das saídas, por isso a importância do correto dimensionamento, da integração do projeto da edificação com o de sistema de segurança contra incêndio.

Valentin (2008) sustenta que o tempo de percurso é vinculado à composição do projeto da edificação e às circunstâncias, físicas e psicológicas, dos ocupantes. Já os outros momentos da linha do tempo são vinculados às características do incêndio, aos sistemas de detecção utilizados e à própria resposta individual durante o evento.

Os tempos de pré-movimento sugeridos pela PD 7974-6, parte do PD 7974, têm suas diferenças conforme o cenário comportamental, o tipo de ocupação, familiaridade com o edifício, densidade, características da detecção de incêndio – automática, manual, complexidade das edificações – projeto de interiores simples ou complexo, que facilite ou não o abandono e gestão de segurança adotado. (BSI, 2004).

Segundo Kobes et. al. (2010), o próprio sinal de evacuação, o alarme, muitas vezes não é considerado como uma indicação clara de perigo. O cheiro da fumaça, ou ainda visualizar as chamas e a fumaça, proporciona maior entendimento de um incêndio e a necessidade de escapar. Os autores ainda afirmam que a influência da incerteza sobre o perigo da situação, aguardando para que outros respondam primeiro antes de tomar a decisão própria, gera o atraso da evacuação e maior risco de vida.

Na hora de determinar a duração da evacuação, na qual é submetida à dinâmica da movimentação da população, das suas características e da rota de fuga, mesmo as simulações com softwares mais sofisticados podem dar resultados enganosos se todos esses fatores não forem representados de forma adequada, de acordo com Purser (2009). Assim, é através da previsão do tempo teórico de evacuação, de acordo com o uso da edificação, que se obtêm as dimensões das saídas e das rotas de evacuação, sendo que o tempo não pode ser o agente causador de efeitos prejudiciais no organismo. (SEITO, et al., 2008).

2.1.3 Fatores que influenciam o movimento da multidão na análise do fluxo

Alguns fatores influenciam diretamente no planejamento das vias de evacuação e no sentido do fluxo de saída, como:

- a densidade, caracterizada pelo grau de aglomeração na via de fuga;
- a velocidade, onde se leva em consideração a distância a ser percorrida por uma pessoa em uma determinada unidade de tempo. (SHEN, 2003). Sendo que ao possibilitar a permanência e circulação livre numa área de fila, a intimidade é preservada e, na medida do possível, não se perturba os demais, porém, em condições extremas de evacuação, onde as pessoas mantêm um contato físico direto e nenhum movimento é possível, instaura-se o pânico. (SANTOS; AGUIRRE, 2004). Tanaka (2002, p. 320 apud ONO, 2010, p. 79) estipula o deslocamento ao andar para o pedestre “padrão” de 1,3 m/s; Murosaki (1993, p. 134, apud ONO, 2010, p. 81) considerou também o perfil de pessoas com mobilidade reduzida de 0,8 m/s;
- o fluxo, no qual se analisa o número de pessoas que passaram em um determinado local em um tempo específico. (SHEN, 2003).

Além desses aspectos, deve-se atentar para a largura, o dimensionamento das rotas de fuga (que não deve diminuir durante o percurso), a característica populacional da edificação, a quantidade, distância, configuração e localização das saídas de emergência e a sua manutenção adequada.

ONO (2010) ressalta que um fato a ser levado em consideração é o perfil da população. Este sofre constantes mudanças, como o aumento de pessoas obesas e da expectativa de vida, com maior número de pessoas idosas. Esses fatores influenciam tanto na área ocupada pelas pessoa como na velocidade de deslocamento, ou seja com caminhamento. Esses dados devem ser levados em consideração quando a densidade de população contiver uma grande participação de pessoas com esse perfil. Purser (2009) afirma que o processo de evacuação é composto por inúmeros parâmetros comportamentais e estes se refletem na crescente complexidade dos modelos de simulações computacionais.

2.1.4 Normas e legislações

A legislação que trata de segurança contra incêndio no Brasil obteve grande avanço em dois períodos. O primeiro foi através dos incêndios ocorridos nos anos 70, em que foram editados Códigos de Edificações, a criação de Leis, a reestruturação do Corpo de Bombeiros, a elaboração de Normas Técnicas específicas, além de novos Decretos, Normas Regulamentadoras, entre outras. Manifestações e simpósios técnicos auxiliaram para a criação de decretos, normas, leis, códigos de segurança além da capacitação de profissionais:

As regulamentações devem refletir e acompanhar todo e qualquer tipo de evolução que venha a ser introduzida, tanto no processo produtivo como no uso do edifício, contribuindo para a implantação efetiva de um sistema global de segurança contra incêndio. (SEITO et al., 2008, p. 66).

Entre as inúmeras regulamentações disponíveis sobre o assunto, é possível citar:

A **Norma Regulamentadora** nº 23 – NR 23, é editada pelo Ministério do Trabalho – trata da proteção contra incêndios que devem dispor os ambientes de trabalho, visando à prevenção da saúde e da integridade física dos trabalhadores.

As **Normas Brasileiras** – NBR – são documentos aprovados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT – que fornecem regras ou características para produtos ou processos, de caráter não obrigatório, a menos que sejam citadas como padrão ou referência em legislação. Abrangem diversos assuntos, inclusive o tema de proteção e combate a incêndios. A utilização da NBR 9050 – Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, ao tratar das condições gerais das rotas de fuga. Já a NBR 9077 – Saída de Emergência em Edifícios, não foi utilizada, sendo substituída pelas normativas estaduais específicas do Corpo de Bombeiros, mais restritivas.

As **Instruções Técnicas/Normas Técnicas** – IT/NT – elaboradas pelo Corpo de Bombeiros possuem validade em âmbito estadual. Assumem obrigatoriedade quando citadas em lei e definem os parâmetros e critérios a serem fiscalizados e aplicados nas mais variadas ocupações.

Além das leis e decretos estaduais e nacionais, muitos casos remetem à consulta em normas internacionais pela ausência de legislação brasileira específica, desde que tecnicamente reconhecidas, como exemplos, *ISO – International Standard Organization* e *NFPA - National Fire Protection Association*.

Em uma análise feita por Seito et al. (2008, p. 29), observou-se que as legislações propostas na década de 80, por diferentes órgãos, possuem incompatibilidade de itens, com informações que constam em umas e diferem ou são ausentes em outras, mostrando a falta de integração entre os órgãos públicos responsáveis, não contribuindo para uma linguagem única entre normatizações. Fato que permanece nos dias atuais.

Ao considerar como princípio da precaução, é necessário o uso da legislação mais restritiva, o que proporcionará maior segurança às pessoas e ao patrimônio. Entre os vários fatores que estão ligados à falta de proteção na ocorrência de incêndios, cita-se um, em especial, o não cumprimento das normas relacionadas às rotas e saídas de emergência com ligação direta à evacuação da população fixa e variável do prédio. (FERREIRA, 2014). É imprescindível, ainda, a perfeita interação na integração e no desenvolvimento na tríade da segurança: as normas, o órgão fiscalizador e a população.

Com o levantamento das legislações vigentes nos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Ceará, foi possível elaborar as Tabelas 3, 3.1 e 3.2, que apontam as características das exigências contidas nos regimentos prescritivos dos estados estudados, conforme segue:

Tabela 3. Comparativo do exigido nas legislações de saídas de emergência dos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Ceará – Escola em geral

Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Ceará
Instruções Normativas (IN 001/DAT/CBMSC) – da Atividade Técnica (IN 009/DAT/CBMSC) – Sistema de Saídas de Emergência 2015	Resolução Técnica CBMRS nº 11 – Parte 01 – Saídas de Emergência 2016	CBMCE Norma Técnica nº 001/2008 – Procedimento Administrativo e nº 005/2008 – Saídas de emergência
Classe de Ocupação: Escolar Geral (escolas de ensino fundamental, médio ou superior, creches, jardins de infância, maternal, curso supletivo, curso pré-vestibular e congêneres).	Ocupação/Uso: Educacional e cultura física; Divisão: E-1; Escola em geral: Escolas de primeiro, segundo e terceiro graus, cursos supletivos e pré-universitário e assemelhados.	Ocupação/Uso: Educacional e cultura física; Divisão: E-1; Escola em geral: Escolas de ensino fundamental e médio, cursos supletivos, pré-universitários, universitários e assemelhados.
Cálculo da população: 1 aluno/m ² .	População: 1 pessoa por 1,5 m ² de área de sala de aula.	População: 1 pessoa por 1,5 m ² de área de sala de aula.
Capacidade (nº de pessoas por unidade de passagem: corredores e circulação: 100; escadas e rampas: 60; portas: 100.	Capacidade da unidade de passagem: acessos/descargas: 100; escadas/rampas: 75; portas: 100.	Capacidade da unidade de passagem: acessos/descargas: 100; escadas/rampas: 60; portas: 100.
Tipo e número de escadas: H ≤ 6, quantidade: 1, tipo: escada comum; H ≤ 12, quantidade: 2, tipo: escada protegida.	Tipo de escada por ocupação: H ≤ 6, tipo: escada comum; 6 < H ≤ 12, tipo: escada comum (com área do pavimento acima de 750 m ² , requer escada enclausurada protegida.	Tipo de escada por ocupação: H ≤ 6, quantidade: 2, tipo: escada comum; 6 < H ≤ 12, quantidade: 2, tipo: escada enclausurada protegida (com área do pavimento acima de 750 m ²).

Fonte: IN 001 e 009/DAT/CBMSC; RT CBMRS nº 11 e CBMCE NT nº 001 e 005.

Tabela 4.1. Comparativo do exigido nas legislações de saídas de emergência dos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Ceará - Profissionalizantes

Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Ceará
Instruções Normativas (IN 001/DAT/CBMSC) – da Atividade Técnica (IN 009/DAT/CBMSC) – Sistema de Saídas de Emergência 2015	Resolução Técnica CBMRS nº 11 – Parte 01 – Saídas de Emergência 2016	CBMCE Norma Técnica nº 001/2008 – Procedimento Administrativo e nº 005/2008 – Saídas de emergência
Classe de Ocupação: Escolar Diferenciada (escolas de artes, artesanatos, profissionalizantes, academias de ginástica, escolas de idiomas, escolas de música e outros).	Ocupação/Uso: Educacional e cultura física; Divisão: E-4; Centro de treinamento profissional: Escolas profissionais em geral.	Ocupação/Uso: Educacional e cultura física; Divisão: E-4; Centro de treinamento profissional: Escolas profissionais em geral.
Cálculo da população: 1 aluno/m ²	População: 1 pessoa por 1,5 m ² de área de sala de aula.	População: 1 pessoa por 1,5 m ² de área de sala de aula.
Capacidade (nº de pessoas por unidade de passagem: corredores e circulação: 100; escadas e rampas: 60; portas: 100	Capacidade da unidade de passagem: acessos/descargas: 100; escadas/rampas: 75; portas: 100.	Capacidade da unidade de passagem: acessos/descargas: 100; escadas/rampas: 60; portas: 100.
Tipo e número de escadas: H ≤ 12, quantidade: 1, tipo: escada comum.	Não consta.	Tipo: H ≤ 6, quant.: 2, tipo: escada comum; 6 < H ≤ 12, quant.: 2, tipo: escada enclausurada protegida (com área do pavimento acima de 750 m ²).

Fonte: IN 001 e 009/DAT/CBMSC; RT CBMRS nº 11 e CBMCE NT nº 001 e 005.

Tabela 5.2. Comparativo do exigido nas legislações de saídas de emergência dos estados de Santa Catarina, Rio Grande do Sul e Ceará –
Independente da classificação/ocupação

Santa Catarina	Rio Grande do Sul	Ceará
<p>Instruções Normativas (IN 001/DAT/CBMSC) – da Atividade Técnica (IN 009/DAT/CBMSC) – Sistema de Saídas de Emergência 2015</p>	<p>Resolução Técnica CBMRS nº 11 – Parte 01 – Saídas de Emergência 2016</p>	<p>CBMCE Norma Técnica nº 001/2008 – Procedimento Administrativo e nº 005/2008 – Saídas de emergência</p>
<p>Caminhamento máximo edificações térreas, ambiente único: sem restrição de caminhamento, possuir sinalização e iluminação; ambiente setorizado: caminhamento máximo de 25 m, caminhamento superior a 25 m, possuir corredor enclausurado com paredes corta-fogo (TRRF de 2h), com antecâmara, iluminação de emergência e sinalização de abandono do local.</p> <p>Edificações verticalizadas: sem isolamento entre pavimentos, escada do tipo comum distância máxima de 20 m; pavimentos isolados entre si, distância máxima de 30 m; isolamento entre pavimentos e unidades autônomas, distância máxima de até 40 m.</p>	<p>Distâncias máximas a serem percorridas sem proteção por chuveiros automáticos, com saída única, sem detecção automática de incêndio, no andar de saída da edificação (piso de descarga): 40 m; demais andares: 30 m; com detecção automática de incêndio (piso de descarga) 45 m; demais andares: 35 m. Mais de uma saída, sem detecção automática de incêndio (piso de descarga): 50 m; demais andares 40 m; com detecção automática de incêndio (piso de descarga): 60 m; demais andares: 45 m.</p>	<p>Distâncias máximas a serem percorridas sem proteção por chuveiros automáticos, com saída única, sem detecção automática de incêndio e saída única: 30 m; mais de uma saída: 40 m; com detecção automática de incêndio saída única: 45 m; mais de uma saída: 55 m.</p>

Fonte: IN 001 e 009/DAT/CBMSC; RT CBMRS nº 11 e CBMCE NT nº 001 e 005.

Porém, seguindo a Lei Complementar nº 170/2008 do estado de Santa Catarina, o número máximo de alunos por sala de aula é de 40, sendo respeitado 1,30 m² de área por aluno e 2,5m² por professor. Já parecer nº 1400/2002, do Conselho Estadual de Educação do estado do Rio Grande do Sul, define o número máximo por sala de aula de 35 alunos, sendo respeitado 1,20 m² de área por estudante.

A NFPA 101 (2015) cita, para a ocupação Educacional, as distâncias máximas a serem percorridas, conforme Tabela 4, em:

Tabela 6. Distâncias máxima a percorrer NFPA 101 (2015) - Ocupação Educacional

	Sem chuveiros automáticos	Com chuveiros automáticos
Caminhamento comum (metros)	23	30
Corredores sem saída (metros)	6,1	15
Distância a percorrer até uma saída (metros)	46	61

Fonte: Adaptado de GASPARETTO (2017).

Entre as normativas de incêndio no Brasil, nacionais, estaduais, municipais e próprias da corporação dos bombeiros, a de caráter mais restritivo é a que deve prevalecer, pois se completam, para que seja garantida a segurança das pessoas e a do patrimônio. A aplicação das diretrizes não pode causar falhas no sistema, mas, caso isso ocorra, a saída de emergência deve ser funcional e facilitar o rápido escape da edificação em situação de incêndio.

2.2 Simulações computacionais aplicadas na Segurança Contra Incêndio

Conforme Kuligowski (2003 apud ONO 2010, pág. 127), os modelos são classificados conforme suas peculiaridades em três grupos:

- Modelo de movimento: parte de uma população com velocidade e fluxo uniforme, população bem distribuída nas saídas com um fluxo constante, com um

padrão fluxo hidráulico. Ideal para avaliação de gargalos e congestionamentos na edificação.

- Modelo de comportamento parcial: para calcular o movimento das pessoas além de comportamentos de menor complexidade, com incorporação do tempo de pré-movimento e comportamento de ultrapassagem. Leva em consideração os dados de observações de comportamento humano ao realizar práticas de abandono de edificações.

- Modelo de comportamento: utilizam outras ações além do movimento em sentido à saída. Incluindo a escolha de conceder ou não comportamentos/ações individuais com particularidades conforme o modelo, variando em velocidade de caminamento, gênero, idade. Os mais complexos podem inclusive simular efeitos de fumaça e calor do incêndio nos indivíduos, levando até a morte.

O software selecionado aproxima-se ao grupo de comportamento parcial onde reconhece arquivos em CAD, possibilitando visualizar a movimentação dos ocupantes durante a evacuação. Na Tabela 5, estão descritos alguns dos modelos disponíveis.

Tabela 7. Modelos de Abandono

Modelos de Abandono		
Modelo	País	Descrição
<i>Allsafe</i>	Noruega	Modelo de saída, incluindo fatores humanos
<i>ASERI</i>	Alemanha	Movimento de pessoas em geometrias complexas, incluindo resposta comportamental a fumaça e a propagação do fogo
<i>BuildingEXODUS</i>	Reino Unido	Modelo de evacuação que inclui interações para milhares de pessoas em geometrias grandes
<i>EESCAPE</i>	Austrália	Evacuação de edifícios com vários andares via escadas
<i>EGRESS</i>	Reino Unido	Evacuação de autômatos celulares de várias pessoas através de geometrias complexas. Inclui visualização
<i>EgressPro</i>	Austrália	Programa de saída que inclui tempos de enfrentamento e ativações do detector de <i>sprinklers</i>

<i>ELVAC</i>	EUA	Programa de saída para uso de elevadores para evacuação
<i>EVACNET 4</i>	EUA	Determina o plano ideal de evacuação do prédio
<i>EVACS</i>	Japão	Modelo de evacuação para determinar o projeto ideal
<i>EXIT89</i>	EUA	Evacuação de um edifício alto
<i>EXITT</i>	EUA	Modelo de saída do tipo nó e arco incluindo aspectos de comportamento de pessoas
<i>PATHFINDER</i>	EUA	Modelo de saída
<i>SEVE-P</i>	França	Modelo de saída que inclui obstruções no caminho
<i>Simulex</i>	Reino Unido	Modelo de saída baseado em coordenadas. Simula a evacuação em edifícios de vários andares
<i>STEPS</i>	Reino Unido	Modelo de saída
<i>WAYOUT</i>	Austrália	Parte de saída do pacote de programas <i>FireWind</i>

Fonte: Olenick e Carpenter (2002, p. 96) – Tradução nossa.

A existência de *softwares* mais completos, conforme descrito na tabela anterior, acarretam em maiores dificuldades de acesso.

Através de levantamento realizado em artigos, dissertações e revistas brasileiras referente ao assunto proposto nessa dissertação, pode-se citar as seguintes pesquisas:

Gouveia e Etrusco, em artigo publicado em 2002, afirmam que o emprego de resultados obtidos através de ensaios internacionais é impraticável quando o objetivo é a análise aos dados a serem avaliados no processo de salvamento de vida, devido às características regionais, geográficas, construtivas, climáticas, entre outros.

Afirmam que, para a definição dos tempos envolvidos num escape, é necessária a realização de ensaios e a aplicação de métodos de simulações de incêndio. Do contrário, a determinação do tempo para fuga torna-se inconsistente, inseguro, demandando de um elevado custo sem necessidade. Entretanto, confirmam que cada edificação possui suas particularidades que devem deter de diagnósticos específicos.

NAGAMINE e ONO (2006) escreveram em artigo que apresenta dados para compreensão da arquitetura escolar e a influência aos usuários e os ambientes escolares no que se refere à segurança contra incêndio. Certificam a ausência de programas que visam à educação preventiva contra incêndios e aos exercícios de abandono. Em decorrência desse fato, o despreparo para situações de emergência.

Em estudo de VALENTIN (2008), a análise de um edifício escolar através da simulação computacional de evacuação, em que inicialmente tinha o objetivo de verificar as ligações entre pavimentos e escadas, descreveu dados referente ao tempo disponível para o abandono com relação aos riscos da edificação, onde o considerado normal pelo *Her Majesty's Government*, publicado em 2006, é de 2,5 minutos. Reavaliou dados com relação às saídas de emergência, escadas, dimensionamento, distância máxima a percorrer, etc.

Concluiu consolidando que o uso de *softwares* de simulação de eventos contribui para apurar os projetos, principalmente de maior complexidade, almejando níveis elevados de segurança se comparados aos que são baseados apenas pelas normativas prescritivas.

No trabalho desenvolvido por MONTENEGRO (2016), utilizaram-se dados da simulação computacional para confrontar as orientações sugeridas por diferentes legislações de SCI e os fundamentos relacionados ao dimensionamento das saídas de emergência. Verificou-se o cumprimento das diretrizes para saídas de emergência em três edificações universitárias, discutindo sobre as soluções projetuais de cada edificação. Ressaltou a ausência de dados nacionais referentes ao tempo total de abandono e à velocidade do ocupante para a fuga e comprovou lacunas existentes nas legislações estudadas, podendo resultar em falhas no processo de evacuação.

3 MÉTODO

Ao tratar da análise dos sistemas de saída de emergência e sua segurança, é possível questionar e avaliar a linha prescritiva através de um meio mais próximo ao real. A desocupação de um edifício em caso de incêndio apresenta muitas variáveis, com padrões teóricos de complexidades diferentes a serem definidos com precisão.

Desenvolveu-se um levantamento das legislações de incêndio vigentes dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, NBR 9050, NFPA 101, referente aos sistemas de saída de emergência e à leitura de diversas documentações relativas ao tema. As edificações, como um todo, possuem particularidades conforme a atividade a desenvolver. No item 2.2.4 Normas e legislações, Tabela 3, são apresentados os dados de classificação em um comparativo por estado, onde se optou por utilizar, como recorte na pesquisa, a classificação educacional, o projeto do modelo de escola de ensino técnico de nível médio profissionalizante

Essa pesquisa é constituída por duas etapas, a análise da legislação vigente no que trata dos sistemas de saída de emergência e em seguida a realização da simulação, visando a avaliar as condições de abandono, tempo necessário para evacuação, pontos de congestionamento, entre outros.

Dentre as várias simulações realizadas para o estudo, três delas foram analisadas e constaram nessa dissertação, Tabela 6, onde se considerou:

Tabela 8. Configurações das simulações

Nº Simulação e descrição	Modo	Condições
1ª. Projeto original conforme implantado no Ceará.	Steering	<ul style="list-style-type: none"> - Os ocupantes se dirigirão a saída de emergência mais próxima; - Localização das portas de saída de emergência conforme projeto e consideradas sempre abertas; - A velocidade de saída padrão é 1,3 m/s e para cadeirantes 0,8 m/s; - População de 1200 pessoas; - A distribuição dos ocupantes de forma aleatória pelo programa, respeitando o valor informado na planta

		<p>para o auditório. No auditório 201 pessoas, biblioteca 51, espaço de convivência 64, números definidos conforme mobiliário. Nos laboratórios especiais, 51 pessoas, e no ginásio 135, incluindo lotação nas arquibancadas. Em todos os blocos, pelo menos 1 cadeirante foi incluído.</p>
2ª. Projeto com dados de Santa Catarina	Steering	<ul style="list-style-type: none">- Os ocupantes se dirigirão a saída de emergência mais próxima;- Localização das portas de saída de emergência conforme projeto e consideradas sempre abertas;- A velocidade de saída padrão é 1,3 m/s e para cadeirantes 0,8 m/s;- População de 1200 pessoas;- Manteve-se no auditório, biblioteca e espaço de convivência o mesmo número de pessoas, nos mesmos lugares em todas as simulações. Alterou-se conforme a legislação a quantidade de alunos nas salas, mantendo em todas a quantidade de 40 alunos com a sala mobiliada. Para que o número total de pessoas mantivesse o mesmo em todas as simulações, utilizaram-se, nos laboratórios especiais, 30 pessoas, e no ginásio 99. Os cadeirantes se mantiveram nos mesmos locais.
3ª. Projeto com dados do Rio Grande do Sul	Steering	<ul style="list-style-type: none">- Os ocupantes se dirigirão à saída de emergência mais próxima;- Localização das portas de saída de emergência conforme projeto e consideradas sempre abertas;- A velocidade de saída padrão é 1,3 m/s e para cadeirantes 0,8 m/s;- População de 1200 pessoas;- Manteve-se no auditório, biblioteca e espaço de convivência o mesmo número de pessoas, nos mesmos lugares da primeira simulação. Alterou-se conforme a legislação a quantidade de alunos nas

salas, mantendo em todas a quantidade de 35 alunos com a sala mobiliada. Para que o número de pessoas mantivesse o mesmo em todas as simulações nos laboratórios especiais, ficaram 59 pessoas, e no ginásio 159. Os cadeirantes se mantiveram nos mesmos locais.

Fonte: Elaborado pela autora.

Dados que não foram considerados na simulação foram a população flutuante e funcionários - por não existir um número específico que determine a quantidade - além do local de incêndio e a presença de fumaça.

Como objetivo deste capítulo, está a análise do modelo de escola de ensino técnico de nível médio profissionalizante, proposto pelo Ministério da Educação para aplicação em todo o território nacional. As avaliações são centradas na evacuação de edificações escolares, no atendimento do projeto ao exigido nas legislações dos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e nas simulações realizadas através do *software Pathfinder*.

3.1 Do *software Pathfinder*

Trata-se de um programa matemático de modelo para simulação de abandono e movimento de comportamento parcial, além de prever a duração de uma situação de abandono numa edificação e os locais de congestionamento.

A modelagem computacional proporciona importantes informações relacionadas ao deslocamento de pessoas no processo de evacuação de uma edificação. Entre elas dados de locais que apresentam estrangulamento, posicionamento e eficácia das saídas de emergência em caso de necessidade, resultados numéricos para os tempos de movimento e densidade. (MUNIZ, 2013).

Kuligowski (2003 apud ONO, 2010) afirma que os modelos computacionais de evacuação despontaram há mais de 30 anos, a partir disso tem evoluído com o progresso da tecnologia e dos computadores.

O programa é composto por dois modos de movimento do ocupante, sendo um modo o "SFPE" e o modo "STEERING". O primeiro é implementado pelos conceitos do "*SFPE Society of Fire Protection Engineers*", onde a combinação da

densidade e do fluxo é controlado pela dimensão da porta, que influencia a velocidade. O segundo é baseado na ideia de comportamentos de direção inversa, evitando a colisão dos ocupantes, sendo que a fluidez não sofre interferência de limitação pelas portas, guardando a distância entre os ocupantes. A interface gráfica com o usuário, que é usada principalmente para criar simulações de projeto e execução, possui ferramenta de visualização 2D e 3D para análise de resultados.

O programa permite definir variáveis com relação ao perfil de indivíduos, sendo eles em altura, idade, sexo e a velocidade do caminhar. Os resultados numéricos fornecidos permitem a análise de tempos e caminhos utilizados para o deslocamento, a velocidade adotada, número de ocupantes, entre outros.

Para o processo de desenvolvimento desta pesquisa, utilizou-se o programa *Pathfinder*, da empresa *Thunderhead Engineering*, no qual o modelo referido gerou soluções satisfatórias para a análise de projetos dos sistemas de saída de emergência, conforme normativas e o tempo de evacuação.

A versão 2017 do programa incluiu a possibilidade de evacuação de pessoas com uso de cadeira de rodas, possuindo a opção de deslocamento com auxílio e sem ele, desde que o local apresente configuração de acessibilidade.

3.2 Das simulações e configurações

O projeto disponibilizado no sítio do MEC estão em *AutoCad*, com formato de arquivo *dwg*, que foi importado para o *Pathfinder* e modelado conforme indicação de projeto. As rampas e escadas foram inseridas na modelagem com dimensões, ângulos e alturas previstas, conforme demonstrado na Figura 2, possibilitando o escape de todos os ocupantes.

Figura 2. Vistas gerais da simulação, com destaque para escadas, rampas e patamares.



Fonte: Elaborada pela autora.

Os parâmetros adotados em todas as simulações têm como base a circunferência da medida ombro a ombro de 45,58 cm e a altura de 182,88 cm, definido como perfil padrão do próprio programa. O modelo de cadeira de rodas utilizado está conforme disponibilizado pelo software, sem necessitar de auxílio para o movimento de evacuação.

Simulação de movimento no modo “*steering*”, no qual os ocupantes se esquivam, mantendo um afastamento ponderável uns dos outros, com resultados mais próximos ao experimental. (MUNIZ, 2013). O tempo de pré-movimento não foi levado em consideração, pois Ono (2010) afirma esse valor ter relação direta com as características da edificação e de seus ocupantes, sendo esse o mais conhecido e antigo, não possível de informar quando começa a contagem desse tempo. Com relação ao tempo de pré-movimento, no padrão do programa Pathfinder, é estimado em 0,1 segundo, ou seja, todos os ocupantes iniciam ao mesmo momento a evacuação. O resultado obtido é apresentado por informações relacionadas ao fluxo de evacuação, à densidade e ao tempo de escape dos ambientes.

A população foi distribuída nos ambientes de forma aleatória, as saídas consideradas abertas e a velocidade de caminamento do pedestre “padrão” em 1,3 m/s e pessoas com cadeira de rodas em 0,8 m/s, conforme já citado. A primeira simulação foi realizada conforme o projeto se apresenta, com todos os dados já citados nas Tabelas 6 e 7. A segunda e terceira simulações se referem aos dados das legislações de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul, respectivamente.

3.3 Aplicação do Método e da Simulação

Da classificação das edificações que se enquadram nesta pesquisa, escolheu-se a ocupação predominante educacional, com especificações conforme segue:

3.3.1 Dados do projeto:

O primeiro estudo foi do projeto de autoria dos arquitetos Paulo Cabral de Araujo Neto, Priscila Sell Jansen e Viviane Mayumi Kawasaki, de propriedade do Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação – FNDE, do Ministério da Educação.

Trata-se de uma Escola de Ensino Profissionalizante, composta de dois pavimentos. O térreo composto por auditório, área de vivência, laboratórios, cozinha, cantina, depósito de materiais, biblioteca, quadra poliesportiva, entre outros. No pavimento superior, encontram-se as salas de aula e biblioteca.

Na Tabela 7, a seguir, verificam-se dados fornecidos no Memorial Descritivo de Segurança Contra Incêndio e Pânico para Escola de Ensino Técnico Profissionalizante, elaborado para o Corpo de Bombeiros do Estado do Ceará, onde o projeto já foi executado:

Tabela 9. Da Edificação e Áreas de Risco

Classificação da edificação:	E-1
Proprietário:	Ministério da Educação
Projetista:	João de Deus Evangelista Filho
Classificação da atividade:	Escola em Geral
Risco:	Médio – Carga de Incêndio 300 MJ/m ²
Endereço:	Unidades diversas
Área total construída:	4.444,45 m ²
Área total do terreno:	12.000,00 m ²
Número de Pavimentos:	2
Altura considerada:	6 m
Altura total da edificação:	10 m

Número de unidades por andar:	1
Número de unidades comerciais:	0
Número total de unidades:	1
Do Acesso de Viaturas	
- Largura da via interna:	5,00 m
- Altura da entrada principal:	Altura livre

Fonte: BRASIL (2011).

Com relação as Saídas de Emergência, Tabela 8 que segue:

Tabela 10. Dados com relação a Saída de Emergência

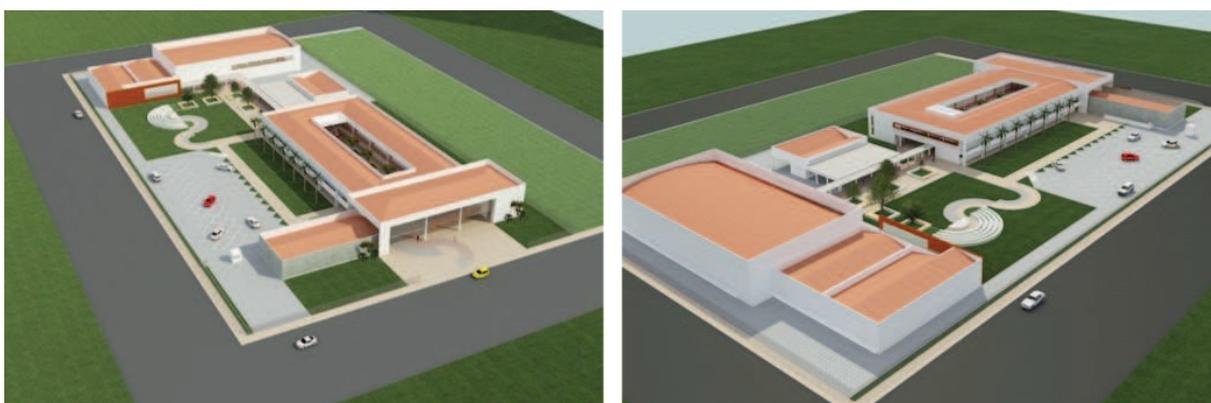
Da Saída de Emergência	
Quanto à ocupação:	E-1
Quanto à altura:	L
Quanto às características construtivas:	Z
Área do maior pavimento (Térreo):	3.900,00 m ²
Número de saídas:	01
Tipo de escada:	NE
Altura do corrimão:	0,90 m
TRF dos elementos estruturais:	Resistente ao fogo à 2 horas
Número de escadas:	03
População:	1 pessoa por 3 m ² de área
Dimensionamento das Saídas de Emergência:	Escadas: 1,65 m. Portas: 1,10 m.
(dados obtidos conforme NT 5).	Adotadas três saídas de emergência de 1,40 m.

Fonte: BRASIL (2011).

Destinado a uma instituição de ensino que contempla a educação profissional e tecnológica de nível médio, o projeto é constituído por 12 salas de aula, 6 laboratórios básicos, auditório, biblioteca, teatro de arena, refeitório, área de vivência, quadra poliesportiva coberta e 2 grandes laboratórios. O terreno ideal para essa implantação deve ser retangular com dimensões de 80m de largura por 150m

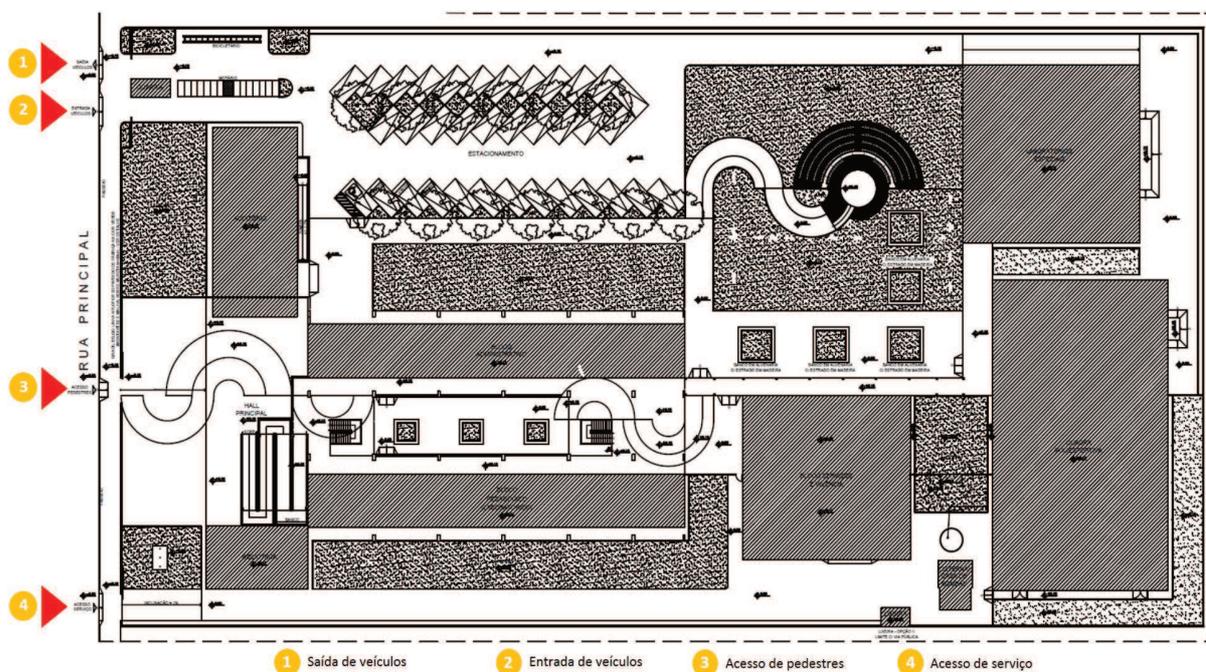
de profundidade e declividade máxima de 3%. Por se tratar de um projeto modelo, conforme demonstrado nas Figs. 3 e 4 a ser aplicado em âmbito nacional, levou-se em consideração a diversidade de relevo e a diversificação de tamanhos de lotes disponíveis. A unidade escolar foi projetada em blocos independentes, que podem ser realocados conforme as características encontradas.

Figura 3. Imagem 3D da implantação geral



Fonte: BRASIL (2011).

Figura 4. Implantação geral



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

São 4 acessos independentes, acesso principal para pedestres, acesso de veículos aos estacionamentos - controlado por guarita - e bicicletário, acesso de serviço e acesso secundário à quadra de esportes. A área total mínima deve ser de

12.000 m², sendo o projeto com área construída de 5.577,39 m². No sistema construtivo, são empregadas paredes de alvenaria em tijolo cerâmico comum, lajes nervuradas com vigas protendidas e telhas metálicas.

Os 6 blocos são definidos conforme a função a que se destinam, todos interligados por circulação coberta, em:

- Auditório;
- Bloco de Acesso e Biblioteca;
- Bloco Pedagógico/Administrativo;
- Bloco de Serviços e Vivência;
- Quadra Poliesportiva Coberta;
- Bloco de Ensino Profissionalizante; e,
- Anexos (guarita, lixeira, GLP e casa de bombas).

As particularidades de cada bloco são descritas conforme segue:

- Auditório:

Tabela 11. Descrição do bloco Auditório, funções e áreas.

Auditório (Figuras 5 e 6)	Área (m²)
- Dois acessos principais e uma saída de emergência;	
- Conjunto de sanitários;	
- Sala Técnica;	
- Plateia com capacidade para aproximadamente 200 pessoas, incluindo 2 lugares para P.O. (Pessoa Obesa), 2 lugares para P.M.R (pessoa com mobilidade reduzida) e 4 lugares para P.C.R (pessoa em cadeira de roda).	
- Rampa para acessibilidade ao palco;	
- Palco, com espaço de apoio contendo sanitário e bancada com pia.	
	Total: 297,28

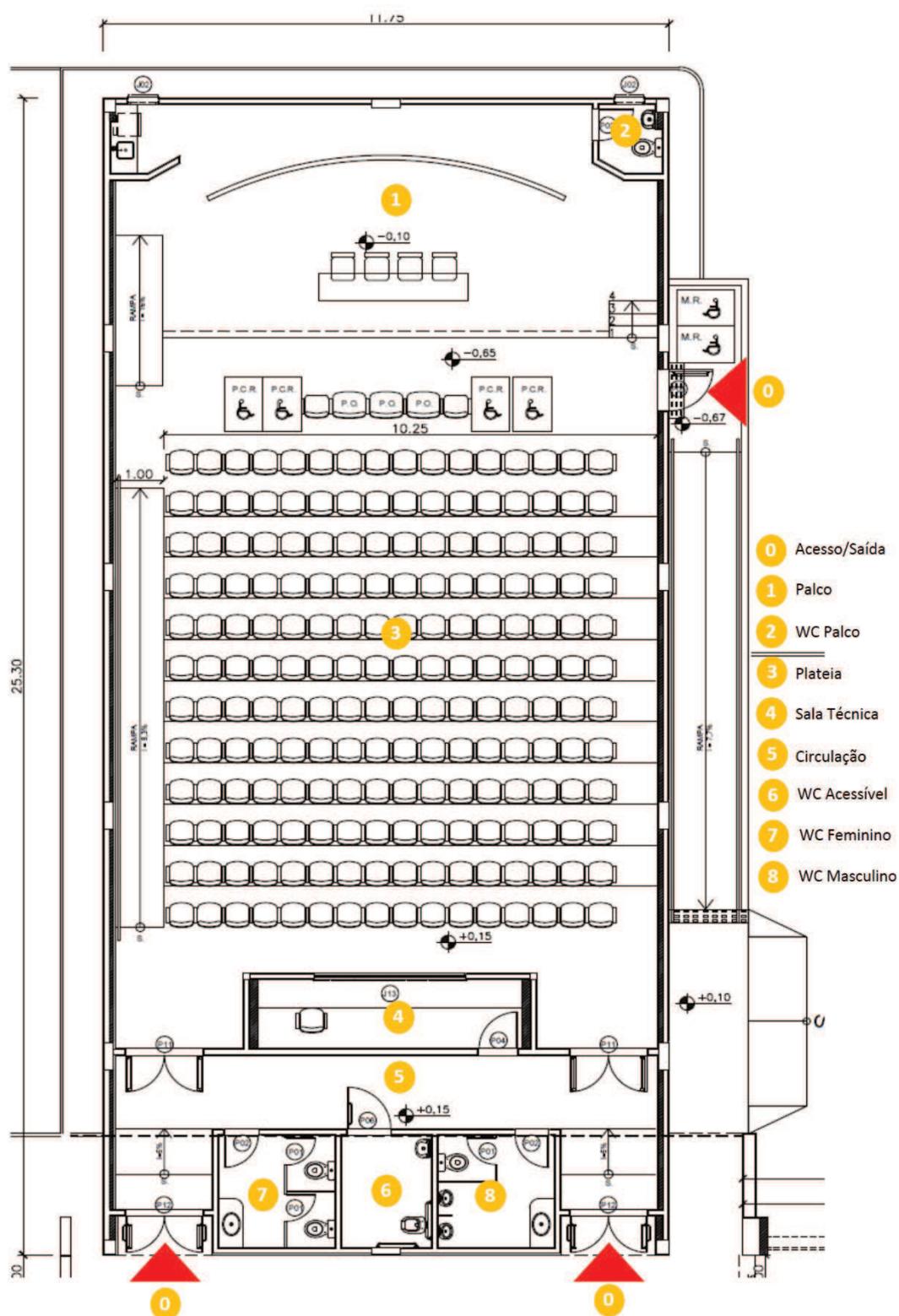
Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

Figura 5. Vista interna auditório.



Fonte: BRASIL (2011).

Figura 6. Planta baixa auditório



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

- Bloco de Acesso e Biblioteca:

Tabela 12. Descrição do bloco de Acesso e Biblioteca, funções e áreas.

Bloco de acesso e biblioteca (Figuras 7 e 8)	Área (m ²)
- Hall coberto, que serve também como foyer do auditório;	Térreo: 118,72 Superior: 74,54
- Circulação vertical principal no hall, feita por rampa;	
- Biblioteca;	Hall principal: 403,05
- Plataforma de acessibilidade ao pavimento superior da biblioteca.	Biblioteca: 193,26 Total: 596,31

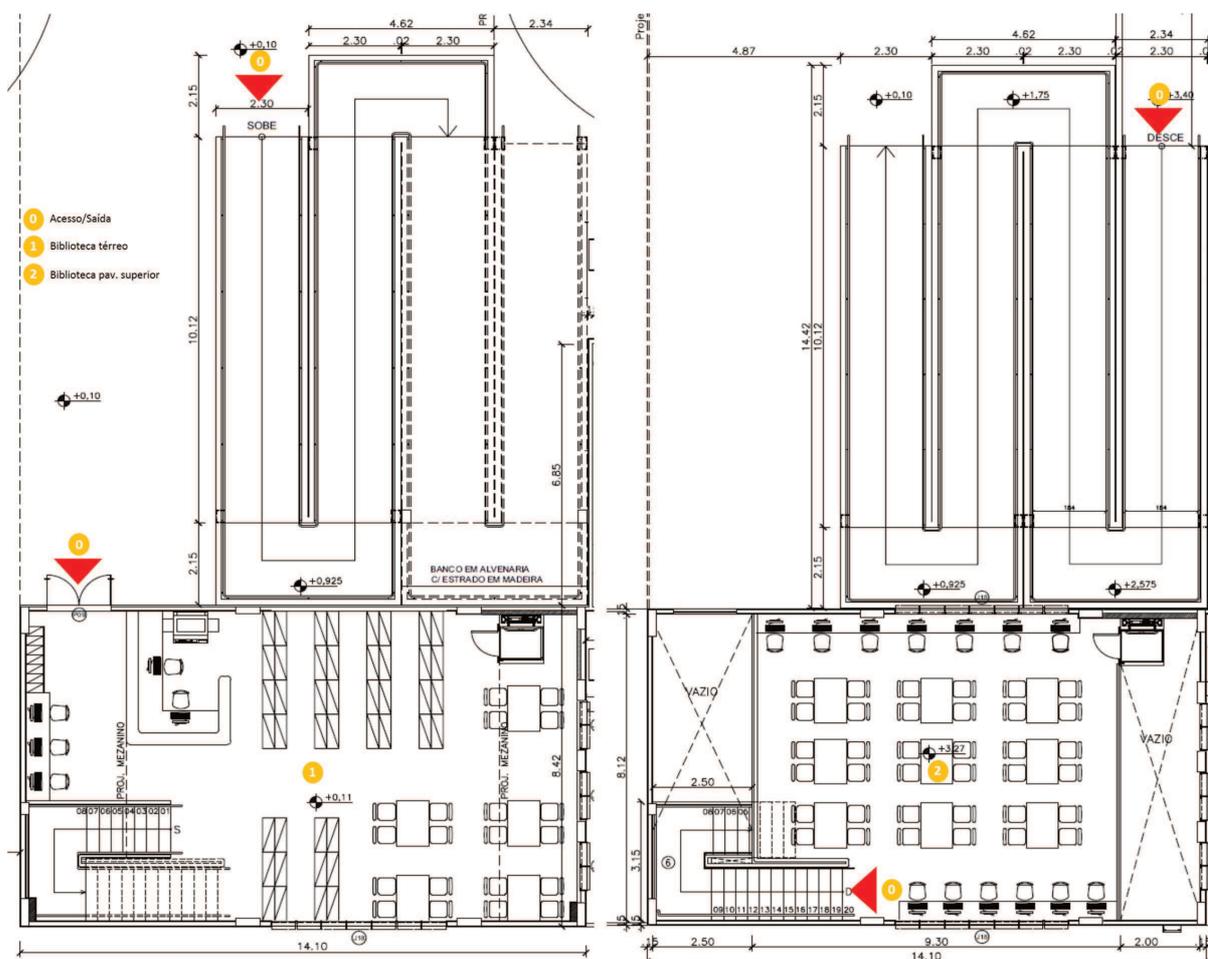
Fonte: Adaptado de BRASIL (2011)

Figura 7. Vistas do acesso e da biblioteca.



Fonte: BRASIL (2011).

Figura 8. Plantas térreo e pavimento superior do acesso e da biblioteca.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

- Bloco Pedagógico e Administrativo:

Tabela 13. Descrição do bloco Pedagógico/Administrativo, funções e áreas.

Bloco pedagógico/administrativo (Figuras 9 e 10)	Área (m ²)
- Secretaria com almoxarifado e reprografia;	
- Coordenação pedagógica;	
- Coordenação de estágio;	
- Diretoria;	
- Sala de professores/reunião;	
- Conjunto de sanitários e copa para professores e funcionários.	

Sendo que a área pedagógica é distribuída em 2 pavimentos. No térreo localiza-se a área administrativa, com:

- Secretaria com almoxarifado e reprografia;	
- Coordenação pedagógica;	
- Coordenação de estágio;	
- Diretoria;	
- Sala de professores/reunião;	Térreo: 1.209,86
- Conjunto de sanitários e copa para professores e funcionários.	Superior: 1.071,56
	Total: 2.281,42

Fonte: BRASIL (2011).

No pavimento térreo da área pedagógica, encontram-se os seis laboratórios básicos, sendo:

1. Laboratório de biologia;
2. Laboratório de química;
3. Laboratório de física;
4. Laboratório de matemática;
5. Laboratório de línguas;
6. Laboratório de informática.

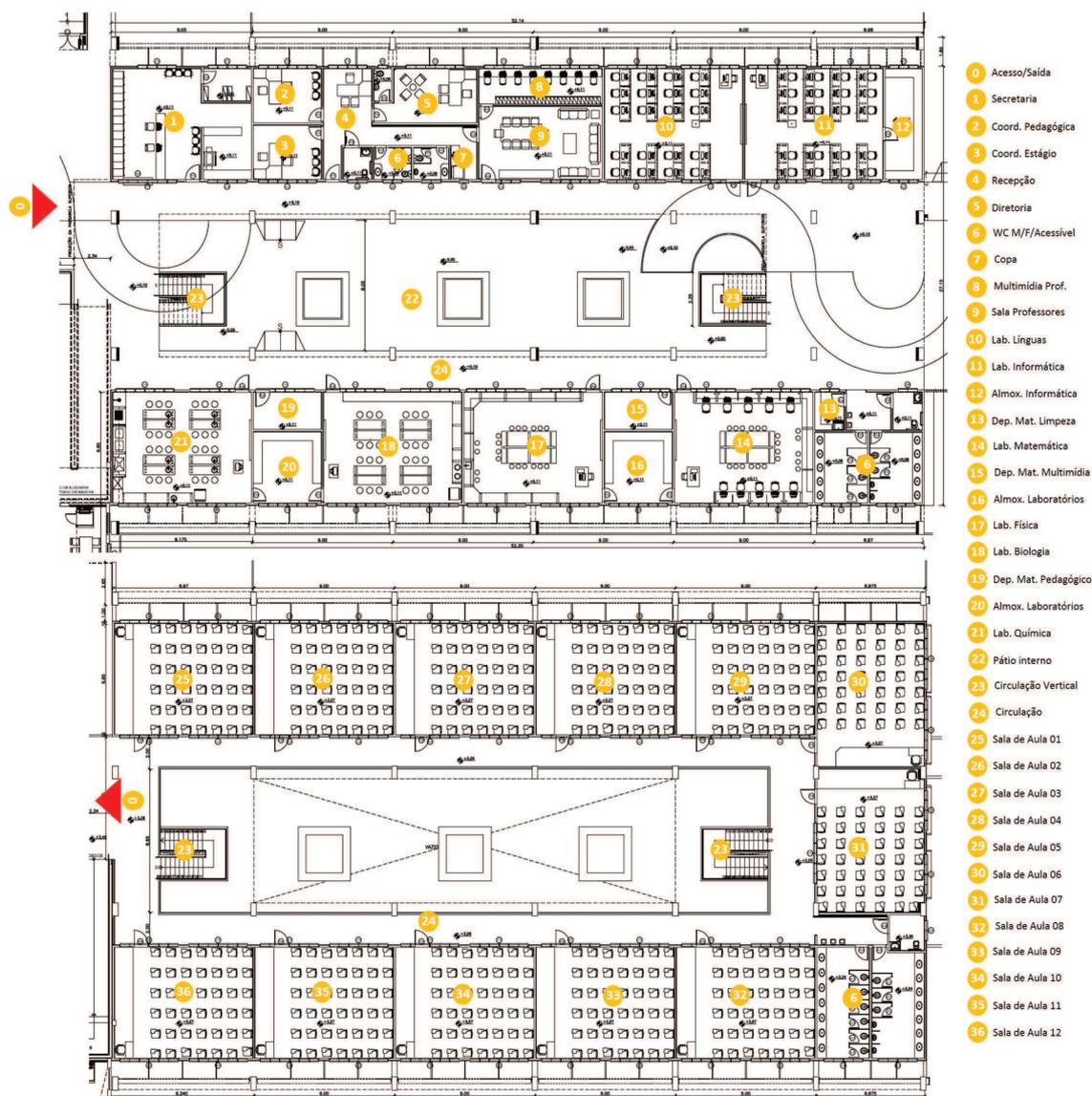
Além de possuir três almoxarifados; sala de técnica de apoio; depósito de material pedagógico; depósito de material multimídia; doze salas de aula, localizadas no pavimento superior; dois conjuntos de sanitários para alunos, sendo um em cada pavimento, com depósito de material de limpeza; e átrio central de vivência, com circulação vertical feita através de escada.

Figura 9. Vistas do bloco pedagógico e administrativo.



Fonte: BRASIL (2011).

Figura 10. Plantas do térreo e pavimento superior do bloco pedagógico e administrativo.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

- Bloco de Serviço e Vivência:

Tabela 14. Descrição do bloco de Serviços e Vivência, funções e áreas.

Bloco de serviços e vivência (Figuras 11 e 12)	Área (m ²)
<ul style="list-style-type: none"> - Depósito de material de limpeza; - Sanitários e vestiários de funcionários; - Cantina; - Cozinha com as seguintes divisões: <ul style="list-style-type: none"> - Área de recepção e pré-lavagem de hortaliças; - Bancada de preparo de carnes; - Bancada de preparo de legumes e verduras; - Cocção; - Bancada de passagem de alimentos prontos; - Bancada de recepção de louças sujas; - Área para armazenagem e lavagem de louças; - Depósito de lixo orgânico e inorgânico; - Despensa; - Despensa fria. - Depósito e manutenção de mobiliário; - Pátio de serviços (carga/descarga); - Central de GLP. 	
<p>O bloco de vivência:</p>	
<ul style="list-style-type: none"> - Área coberta com refeitório; - Grêmio estudantil; - Teatro de arena; 	
<ul style="list-style-type: none"> - Área descoberta com bancos e jardineiras. 	<p>(Incluindo passarela) Total: 685,79</p>

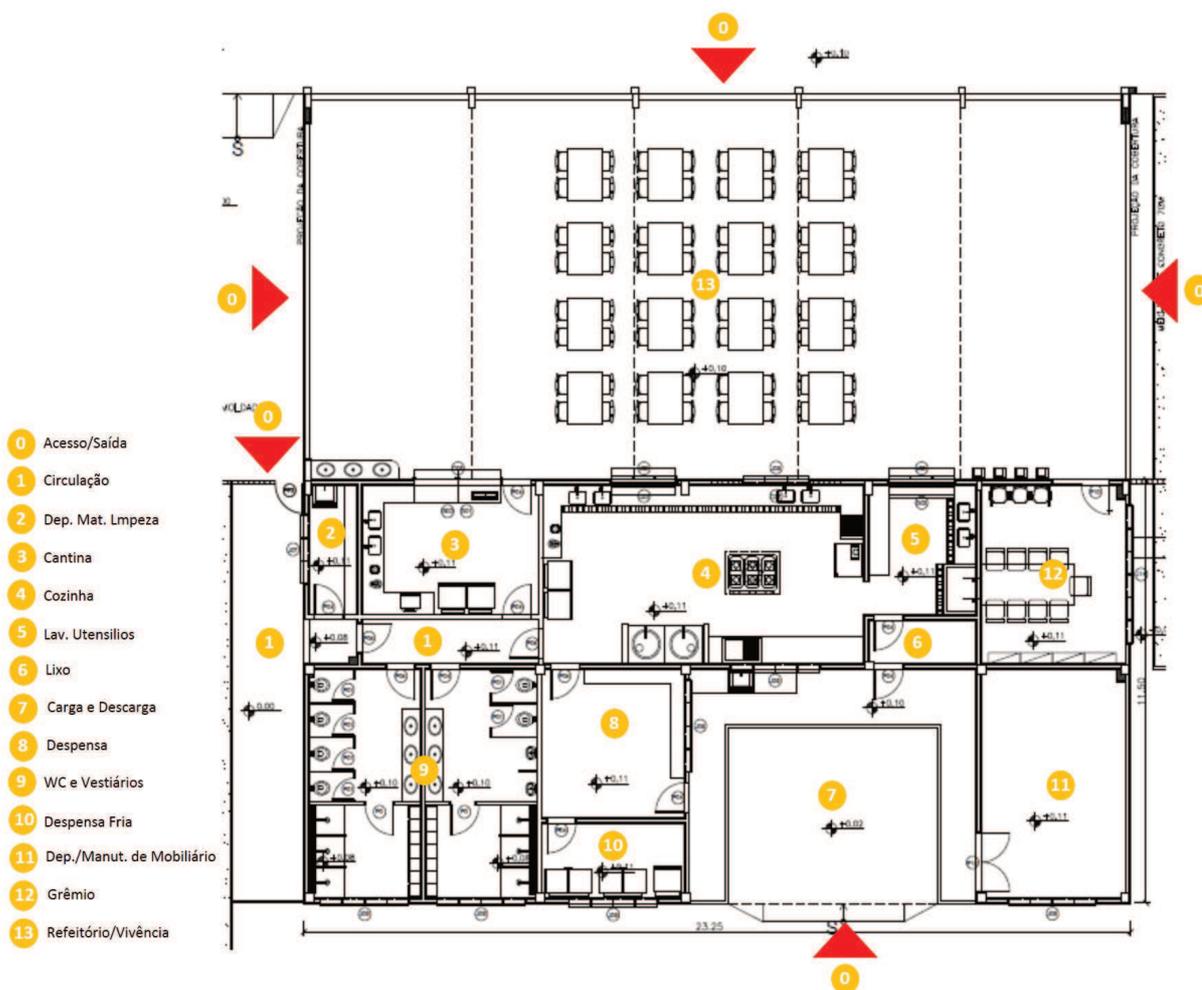
Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

Figura 11. Vistas do bloco de serviço e vivência.



Fonte: BRASIL (2011).

Figura 12. Planta baixa do bloco de serviço e vivência.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

- Quadra Poliesportiva Coberta:

Tabela 15. Descrição da Quadra Poliesportiva Coberta, funções e áreas.

Quadra Poliesportiva Coberta (Figuras 13 e 14)	Área (m²)
- Arquibancada;	
- Vestiários masculino e feminino com adaptação para P.N.E.;	
- Depósito para material esportivo;	Térreo: 1.007,59
- Sala multiuso;	Superior: 86,67
- Sala da coordenação de educação física.	Total: 1.094,23

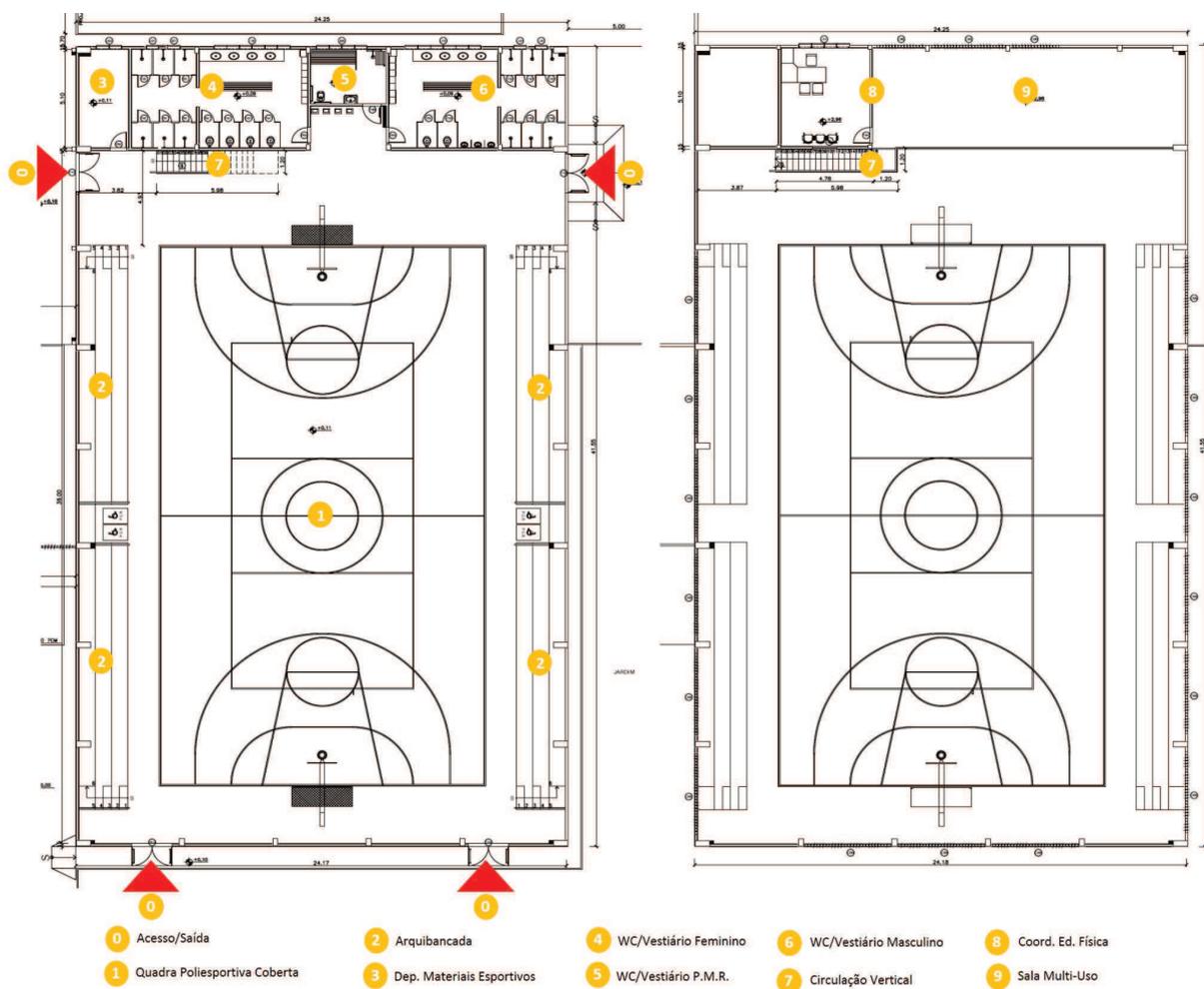
Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

Figura 13. Vista Quadra Poliesportiva Coberta.



Fonte: BRASIL (2011).

Figura 14. Planta baixa térreo e pavimento superior da quadra poliesportiva coberta.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

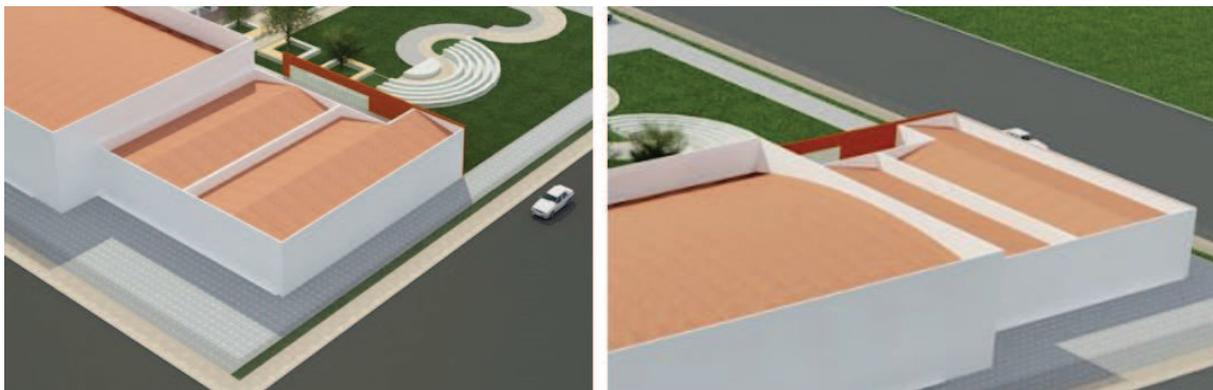
- Bloco de Laboratórios Especiais:

Tabela 16. Divisão do bloco de Laboratórios Especiais, funções e áreas.

Bloco de laboratórios especiais (Figuras 15 e 16)	Área (m ²)
- Laboratórios especiais que abrigarão diferentes propostas pedagógicas de ensino técnico profissionalizante;	
- Um conjunto de sanitários para alunos;	
- Pátio de carga/descarga de materiais.	
	Total: 581,12

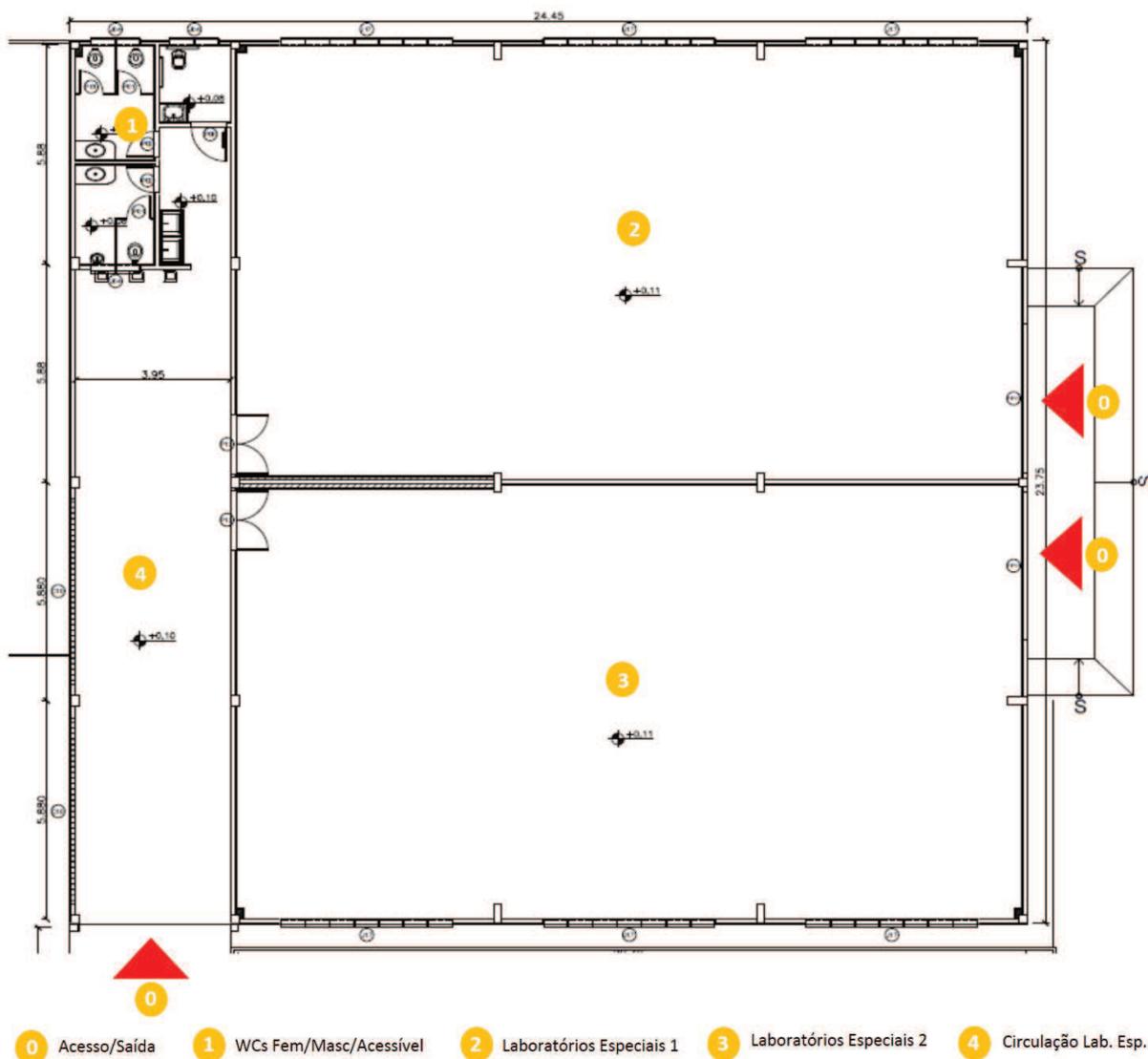
Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

Figura 15. Vistas dos blocos de laboratórios especiais.



Fonte: BRASIL (2011).

Figura 16. Planta baixa do bloco de laboratórios especiais.



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

4. RESULTADOS:

Dos simulados executados, três foram descritos, conforme segue.

4.1 Estudo 1 – Projeto aplicado no Ceará

O projeto foi proposto para atender 1.200 alunos e esse valor foi utilizado para a simulação de evacuação. Estão incluídos nesse número 9 pessoas em cadeira de roda sem necessidade de auxílio.

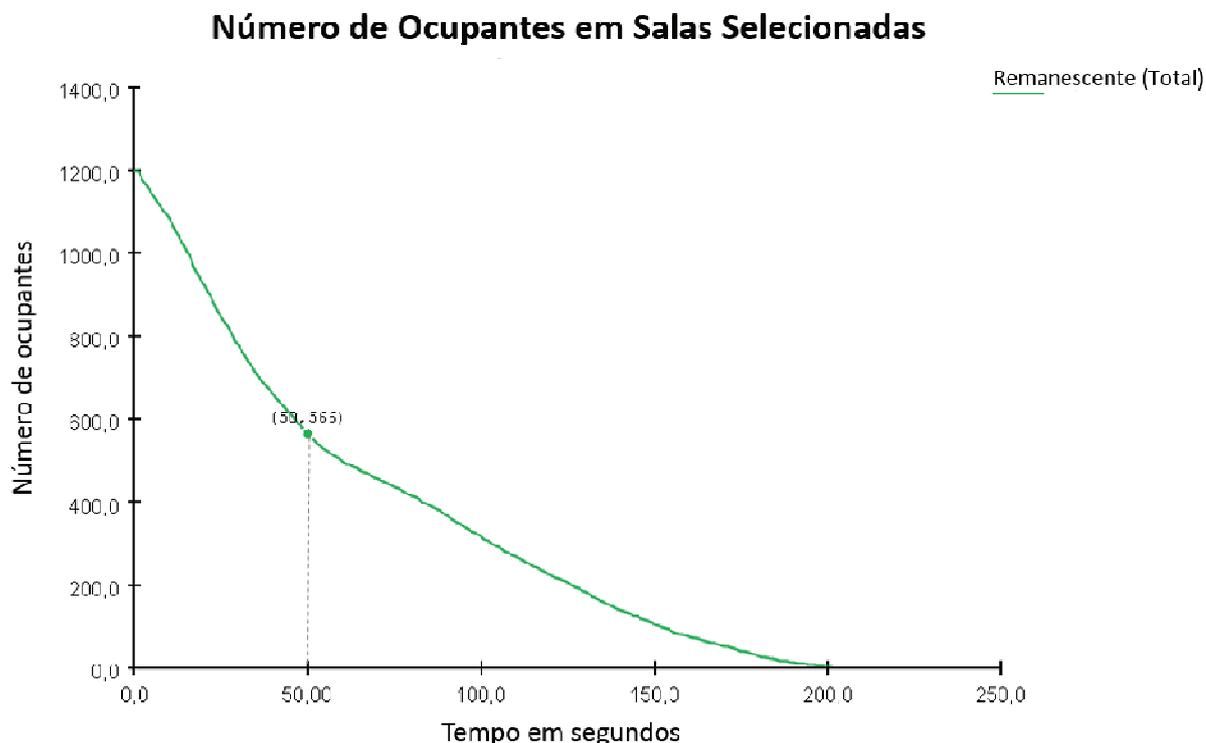
Os dados da Tabela 15 foram gerados e analisados, considerando que as pessoas saíram da área coberta, alcançando um local seguro fora da edificação, mas ainda dentro da área cercada do terreno. Esses dados geraram o Gráfico 1, onde se observa a relação entre a evacuação dos ocupantes em relação ao tempo.

Tabela 17. Dados da simulação – estudo 1

Descrição:	Quantidade:	Tempo (seg.):		Distância (metros):	
		Mín.:	Máx.:	Mín.:	Máx.:
Toda população:	1200	1,0	201,9	0,6	111,0
População “padrão”:	1191	1,0	201,9	0,6	109,4
População cadeirante:	9	7,4	184,5	2,0	111,0

Fonte: Elaborado pela autora.

Gráfico 1. Simulação 01, relação ocupantes x tempo de fuga.



Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Para fins de comparativo entre simulações, elegeu-se o tempo de 50 segundos relacionado ao número de pessoas que alcançaram um local seguro fora da edificação. Nesse primeiro estudo, foram 566 pessoas nesse período. Esse fato ocorreu devido à grande concentração nas salas de aula no pavimento superior com as portas abrindo para dentro do corredor. Relacionou-se, na Tabela 16, a relação entre o número de pessoas no bloco e a saída utilizada, juntamente com os tempos mínimos e máximos de cada uma delas.

Tabela 18. Dados simulação – estudo 1

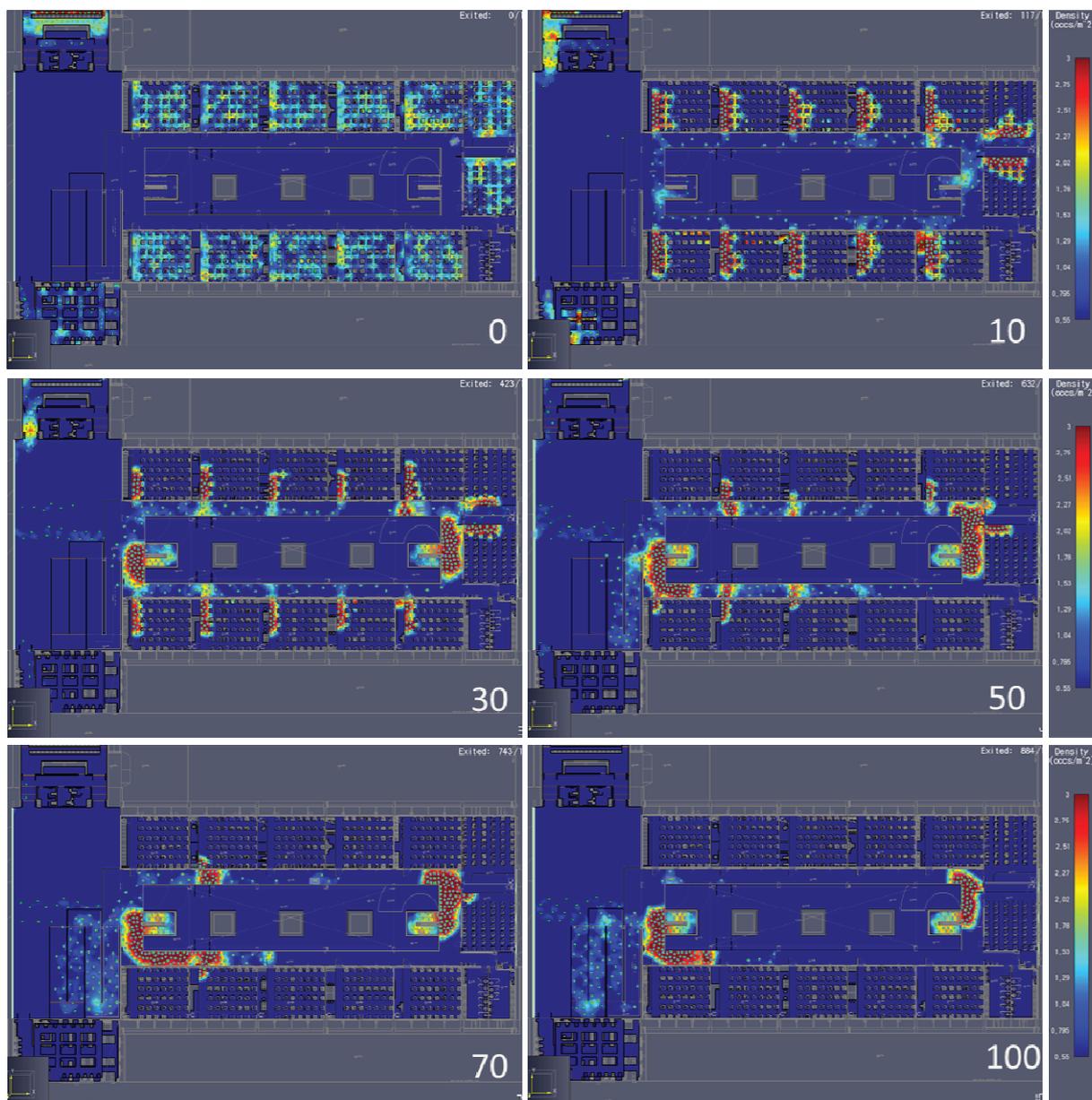
Descrição:	População:	Tempo (segundos):	
		Mín.:	Máx.:
Auditório	201		
Saída de emergência:	97	1,6	108,6
Acesso/Saída 1:	104	2,8	96,0
Acesso/Saída 2:	0	0	0

Biblioteca	51	1,3	50,3
Térreo:	24		
Pavimento superior:	27		
Pedagógico e administrativo	698		
Rampa:	135	57,7	175,7
Escada frente:	191	10,1	187,9
Escada fundos:	178	9,3	174,4
Hall Térreo Geral*			
(*incluso valor de descarga do auditório e biblioteca)			
Acesso geral frente:	551	3,2	201,9
Acesso fundos:	302	11,4	182,3
Vivência	64		
Saída 1:	17	1,2	7,4
Saída 2:	29	1,1	8,8
Saída 3:	18	1,0	7,7
Quadra poliesportiva coberta	135		
Acesso 1:	31	7,0	22,0
Saída de emergência 1:	37	3,7	25,0
Saída de emergência 2:	30	4,1	16,4
Saída de emergência 3:	37	6,8	23,7
Laboratórios especiais	51	6,4	33,5

Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Os dados da Tabela 16 podem ser observados na Figura 17, com os instantes retirados durante a simulação. Percebe-se as alterações na relação entre o tempo e a densidade desde o instante inicial - 0,0; 10,0; 30,1; 50,0; 70,0; e 100,0 até aproximadamente metade do tempo de duração da simulação. Quase 50% da população já havia evacuado.

Figura 17. Evolução da movimentação no processo de fuga em relação ao tempo (em segundos) – Estudo 1 - Ceará



Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Nos cenários destacam-se os pontos de maior concentração de pessoas no processo de movimentação durante a evacuação. No bloco administrativo/pedagógico, o agrupamento inicial – aos 10 segundos - é localizado nas saídas das salas de aula. Posteriormente o acesso aos corredores tem congestionamento – nos 30 e 50 segundos – em função da abertura das portas das salas serem no corredor, formando uma barreira que dificulta a fluidez, juntamente com o acesso às escadas.

4.2 Estudo 2 – Projeto com análise da legislação do estado de Santa Catarina

Seguindo a Lei Complementar nº 170/2008 do estado, o número máximo de alunos por sala de aula é de 40, sendo respeitado 1,30 m² de área por aluno e 2,5m² por professor. Os mesmos dados populacionais foram mantidos, porém, com o ajuste exigido na lei nas salas de aula, onde foi necessário compensar os números de pessoas no bloco da quadra coberta e laboratórios especiais, conforme descrito na Tabela 6.

Conforme já citado no item 2.2.4 Normas e Legislações, Tabela 2, embora na normativa catarinense existam duas classes de ocupação – escolar geral e escolar diferenciada – a diferença entre elas está no tipo e número de escadas. Sendo a escolar geral mais restritiva, exigindo $H \leq 6$, quantidade: 1, tipo: escada comum; $H \leq 12$, quantidade: 2, tipo: escada protegida; e na escolar diferenciada $H \leq 12$, quantidade: 1, tipo: escada comum. Um dado importante é que a maior altura, localizada no centro da quadra poliesportiva coberta, chega a aproximadamente 9,25 metros; bem como o bloco pedagógico e administrativo com altura de 7,75 metros.

Tabela 19. Comparativo para simulação de Santa Catarina

Conforme projeto:	Conforme legislação de saída de emergência do estado de Santa Catarina	Lei Complementar nº 170/2008
População: 1 pessoa por 3 m ² de área.	População: 1 aluno/m ² .	40 alunos no máximo por sala de aula, sendo respeitado 1,30 m ² de área por aluno e 2,5 m ² por professor.
Capacidade: - corredores e circulação: 100; - escadas e rampas: 75; - portas: 100.	Capacidade: - corredores e circulação: 100; - escadas e rampas: 60; - portas: 100.	Não consta.

Distância máxima a ser percorrida: Não é citado no memorial descritivo de combate a incêndio e SPDA esse item. Porém, na NT referida 005/2008 do Corpo de Bombeiros do Ceará, constam informações no tipo de edificação Z, ocupação E: - Sem chuveiros ou sem detectores automáticos: Saída única: 30m / mais de uma saída: 40m - Com chuveiros ou com detectores automáticos: Saída única: 45m / mais de uma saída: 55m	Caminhamento máximo - edificações térreas , ambiente único: sem restrição de caminhamento, devendo todo o ambiente possuir sinalização e iluminação como se rota de fuga fosse; ambiente setorizado: caminhamento máximo de 25 m, sendo que quando o caminhamento do pavimento for superior a 25 m, deverá possuir corredor enclausurado com paredes corta-fogo (TRRF de 2h), com antecâmara, iluminação de emergência e sinalização de abandono do local. - edificações verticalizadas : quando não houver isolamento entre pavimentos e a escada for do tipo comum a distância máxima é de 20 m; para pavimentos isolados entre si, distância máxima de 30 m; quando houver isolamento entre pavimentos e isolamento entre unidades autônomas, a distância máxima a percorrer será de até 40 m.	Não consta.
---	---	-------------

Fonte: BRASIL, 2011; IN 009/DAT/CBMSC, 2014 e Lei Complementar nº170/2008

Os dados da 2ª simulação geraram a Tabela 18 e o Gráfico 2, a seguir com a relação entre a evacuação dos ocupantes em relação ao tempo.

Tabela 20. Dados da simulação – estudo 2

Descrição:	Quantidade:	Tempo (seg.):		Distância (metros):	
		Mín.:	Máx.:	Mín.:	Máx.:
Toda população:	1200	1,0	196,6	0,6	110,6
População “padrão”:	1191	1,0	193,6	0,6	109,5
População cadeirante:	9	7,1	196,6	1,8	110,6

Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Gráfico 2. Simulação 02, relação ocupantes x tempo de fuga.



Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

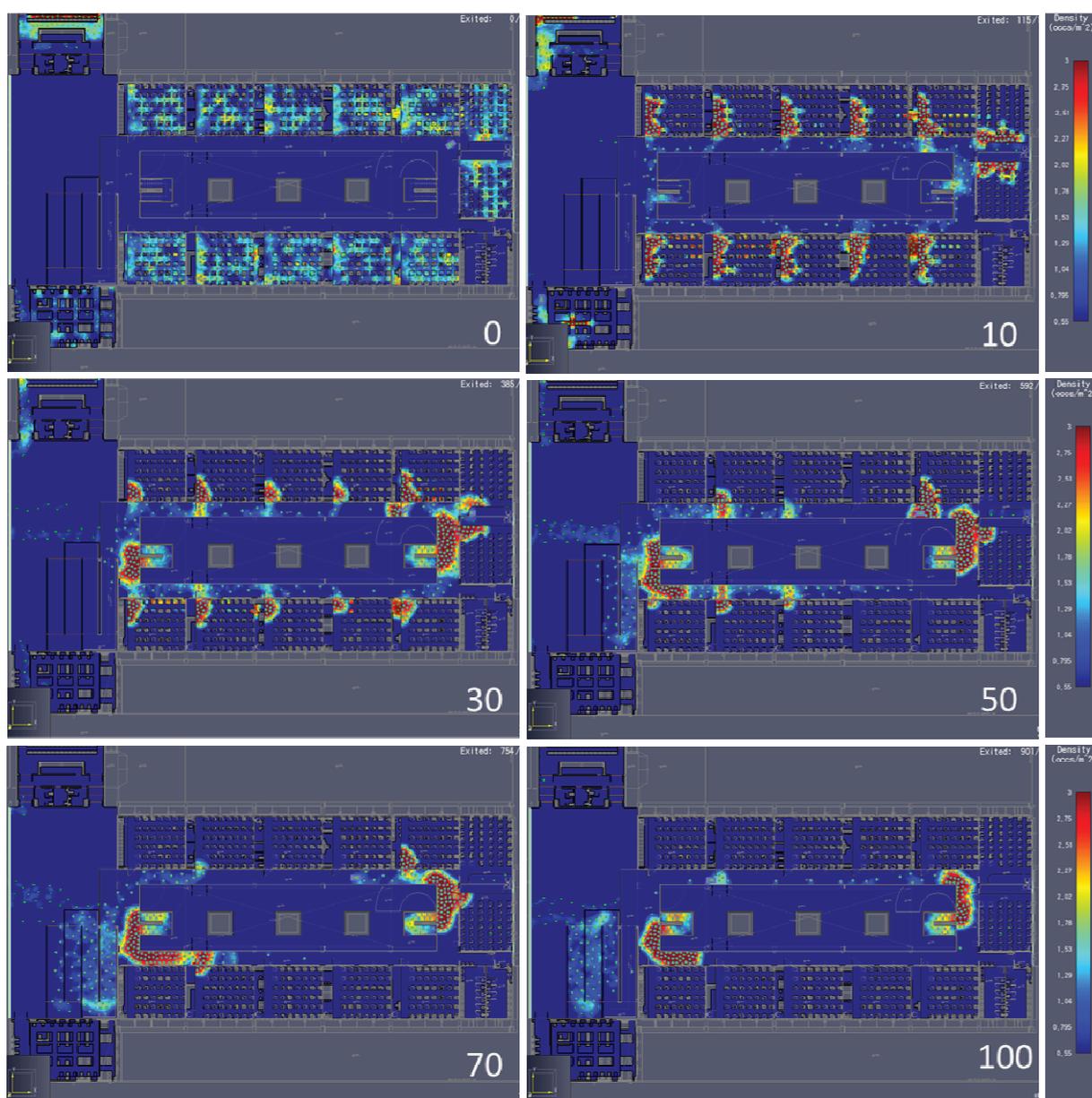
Seguindo o determinado na simulação 1, no tempo de 50 segundos, conforme os dados utilizados de Santa Catarina, 604 pessoas alcançaram um local seguro, ou seja, metade da população. Observa-se, na Tabela 19, a relação entre o número de pessoas no bloco e a saída utilizada, juntamente com os tempos mínimos e máximos de cada uma delas.

Tabela 21. Dados simulação, Santa Catarina – estudo 2

Descrição:	População:	Tempo (segundos):	
		Mín.:	Máx.:
Auditório	201		
Saída de emergência:	100	1,5	111,9
Acesso/Saída 1:	101	2,8	102,1
Acesso/Saída 2:	0	0	0
Biblioteca	51	1,3	48,3
Térreo:	24		
Pavimento superior:	27		
Pedagógico e administrativo	695		
Rampa:	118	58,0	187,7
Escada frente:	180	10,1	179,5
Escada fundos:	182	9,3	177,0
Hall Térreo Geral*			
(*incluso valor de descarga do auditório e biblioteca)			
Acesso geral frente:	550	3,2	196,6
Acesso fundos:	357	9,5	184,9
Vivência	64		
Saída 1:	17	1,2	7,3
Saída 2:	29	1,1	8,8
Saída 3:	18	1,0	7,7
Quadra poliesportiva coberta	99		
Acesso 1:	21	7,2	21,0
Saída de emergência 1:	25	5,0	23,9
Saída de emergência 2:	25	4,1	16,3
Saída de emergência 3:	28	7,0	20,5
Laboratórios especiais	30	6,4	29,8

Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Figura 18. Evolução da movimentação no processo de fuga em relação ao tempo (em segundos) – Estudo 2 – Santa Catarina



Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Novamente o destaque dos cenários são os pontos de maior concentração de pessoas no momento da fuga. As manchas do bloco em estudo mantêm as mesmas características da primeira simulação, inicialmente nas saídas das salas de aula, logo após corredores e o acesso às escadas. A mudança no cenário é observada no número de pessoas e mobiliário das salas de aula, seguindo o indicado na Lei Complementar nº 170/2018.

4.3 Estudo 3 – Projeto com análise da legislação do estado do Rio Grande do Sul

Seguindo o Parecer nº 1400/2002 do Conselho Estadual de Educação do estado do Rio Grande do Sul, o número máximo de alunos por sala de aula é de 35, sendo respeitado 1,20 m² de área por aluno.

Conforme já citado no item 2.2.4 Normas e Legislações, Tabela 4, da mesma forma que no item anterior – 3.3.2 - são duas as classes de ocupação – escola em geral e escolas profissionais em geral – a diferença entre elas está no tipo e número de escadas.

Tabela 22. Comparativo para simulação do Rio Grande do Sul

Conforme projeto:	Conforme legislação de saída de emergência do estado do Rio Grande do Sul	Parecer nº 1400/2002
População: 1 pessoa por 3 m ² de área.	População: 1 pessoa por 1,5 m ² de área de sala de aula.	35 alunos no máximo por sala de aula, sendo respeitado 1,20 m ² de área por aluno.
Capacidade: - corredores e circulação: 100; - escadas e rampas: 75; - portas: 100.	Capacidade da unidade de passagem: acessos/descargas: 100; escadas/rampas: 75; portas: 100.	Não consta.
Número de escadas: 03 Tipo da escada: NE (não enclausurada ou comum)	Tipo de escada por ocupação: H ≤ 6, tipo: escada comum; 6 < H ≤ 12, tipo: escada comum (com área do pavimento acima de 750 m ² , requer escada enclausurada protegida.	Não consta.
Não é citado no memorial descritivo de combate a incêndio e SPDA esse item. Porém, na NT referida 005/2008 do Corpo de Bombeiros do Ceará, consta	Distâncias máximas a serem percorridas sem proteção por chuveiros automáticos, com saída única, sem detecção automática de incêndio, no andar de saída da edificação (piso de descarga):	Não consta.

informações no tipo de edificação Z, ocupação E:	40 m; demais andares: 30 m; com detecção automática de incêndio (piso de descarga) 45 m; demais andares: 35 m. Mais de uma saída, sem detecção automática de incêndio (piso de descarga):
- Sem chuveiros ou sem detectores automáticos:	50 m; demais andares 40 m; com detecção automática de incêndio (piso de descarga):
Saída única: 30m / mais de uma saída: 40m	60 m; demais andares: 45 m.
- Com chuveiros ou com detectores automáticos:	
Saída única: 45m / mais de uma saída: 55m	

Fonte: BRASIL, 2011; RT CBMRS nº 11, 2016 e Parecer nº1400, 2002.

Os dados da 3ª simulação geraram o Gráfico 3, a seguir com a relação entre a evacuação dos ocupantes em relação ao tempo.

Tabela 23. Dados da simulação – estudo 3

Descrição:	Quantidade:	Tempo (seg.):		Distância (metros):	
		Mín.:	Máx.:	Mín.:	Máx.:
Toda população:	1200	1,0	175,5	0,6	110,8
População “padrão”:	1191	1,0	175,5	0,6	106,9
População cadeirante:	9	7,5	169,3	2,1	110,8

Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Gráfico 3. Simulação 03, relação ocupantes x tempo de fuga.



Fonte: Pathfinder, 2017.

Com a Tabela 21 e o Gráfico 3, conforme convencionado, observamos que até os 50 segundos 524 pessoas haviam conseguido alcançar um local seguro. Observa-se, na Tabela 22, a relação entre o número de pessoas no bloco e a saída utilizada, juntamente com os tempos mínimos e máximos de cada uma delas.

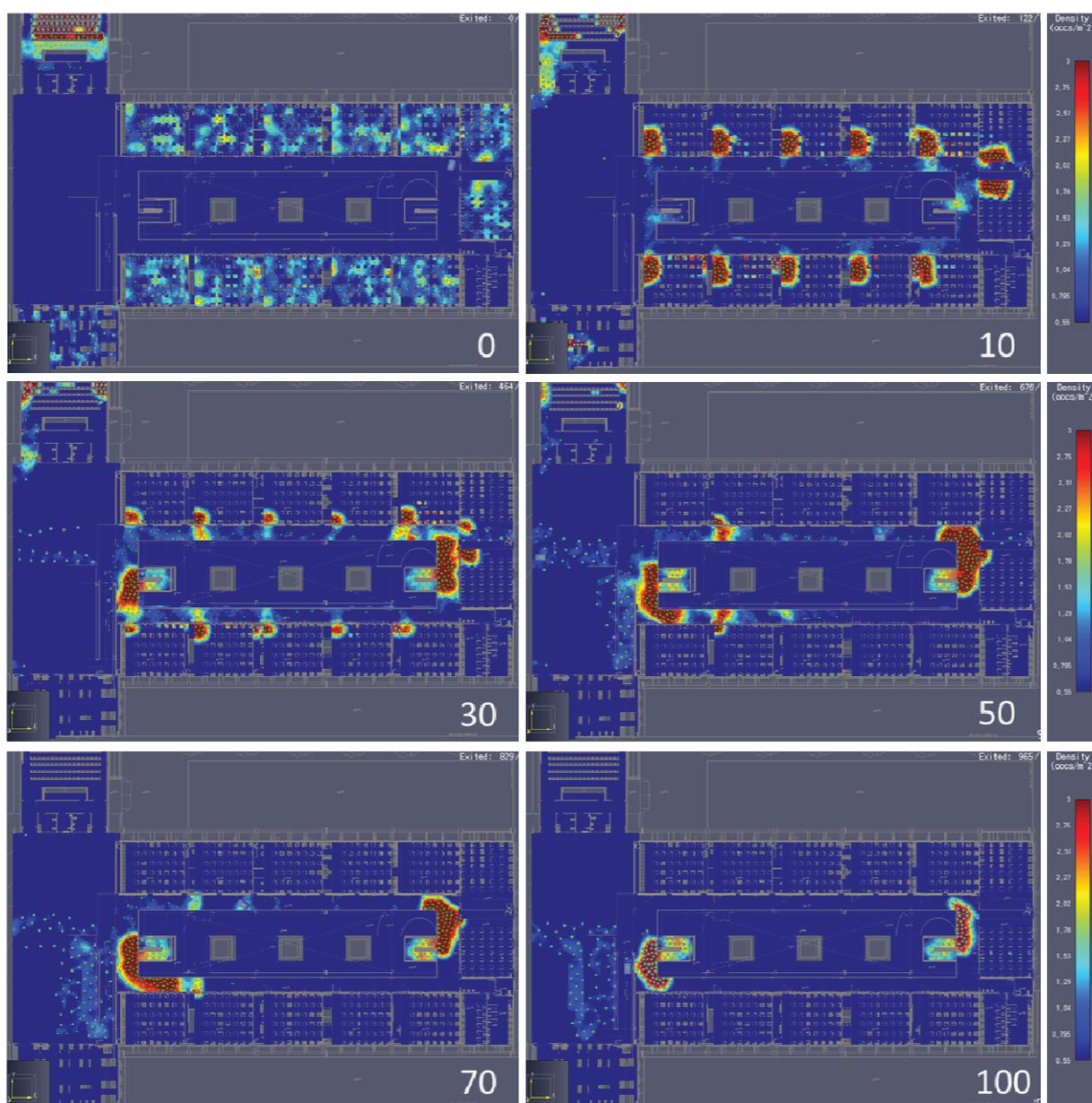
Tabela 24. Dados simulação Rio Grande do Sul – estudo 3

Descrição:	População:	Tempo (segundos):	
		Mín.:	Máx.:
Auditório	201		
Saída de emergência:	101	1,6	106,1
Acesso/Saída 1:	100	2,8	69,2
Acesso/Saída 2:	0	0	0
Biblioteca	51	1,3	49,0
Térreo:	24		
Pavimento superior:	27		

Pedagógico e administrativo	666		
Rampa:	99	58,1	160,6
Escada frente:	163	10,1	155,4
Escada fundos:	158	10,5	159,9
Hall Térreo Geral*			
(*incluso valor de descarga do auditório e biblioteca)			
Acesso geral frente:	503	3,2	175,5
Acesso fundos:	314	9,5	167,7
Vivência	64		
Saída 1:	17	1,2	7,4
Saída 2:	29	1,1	8,8
Saída 3:	18	1,0	7,7
Quadra poliesportiva coberta	159		
Acesso 1:	37	6,9	23,4
Saída de emergência 1:	43	3,9	22,5
Saída de emergência 2:	40	4,0	19,1
Saída de emergência 3:	39	7,3	23,2
Laboratórios especiais	59	6,4	36,9

Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Figura 199. Evolução da movimentação no processo de fuga em relação ao tempo (em segundos) – Estudo 3 – Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Na terceira simulação, as características são mantidas. A mudança no cenário está no número de pessoas e mobiliário nas salas de aula, conforme descrito na Tabela 20, indicação do Parecer nº 1400/2002. Há aglomeração de pessoas nas saídas das salas de aula, logo após corredores e o acesso as escadas.

5. CONCLUSÕES

Através desse capítulo serão apresentados e discutidos os estudos referentes as normativas vigentes e as simulações por meio do *software Pathfinder*.

O projeto em análise é referente ao modelo de escola técnica de nível médio profissionalizante, tendo como objetivo do Ministério da Educação a implantação em território nacional, já tendo sido adotado por algumas Unidades da Federação.

O questionamento está em uma das medidas de segurança contra incêndio, as saídas de emergência, que sabemos ser de fundamental importância em caso de evacuação, além do cumprimento do exigido nas legislações de cada estado estudado.

O projeto original, disponibilizado no site do MEC, foi simulado em três situações, conforme a legislação de cada estado estudado - Ceará, Santa Catarina e Rio Grande do Sul - sendo mantida a capacidade citada no memorial de 1200 alunos. As adaptações seguiram as indicações de lotação máxima em sala de aula, pelas secretarias estaduais, redistribuindo a diferença entre ginásio e laboratórios especiais.

5.1 Resultados da Legislação

A análise da legislação está relacionada ao projeto em si, conforme os itens descritos a seguir:

5.1.1 Dimensionamento para saídas de emergência

As portas, definidas em projeto a serem utilizadas nas salas de aula, são descritas por serem em madeira maciça, uma folha de abrir, com visor de vidro 6mm, com dimensões de 0,90x2,10m.

É possível observar, na Figura 20, a similitude entre as normativas estudadas.

Figura 20. Recorte legislação – Dimensionamento das saídas de emergência

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará
Norma Técnica nº 005/2008 – Saídas de Emergência

Ocupação		População (A)	Capacidade da U de passagem		
Grupo	Divisão		Acessos/ Descargas	Escadas/ rampas	Portas
C		Uma pessoa por 4 m ² de área ^{(E) (H)}			
D		Uma pessoa por 7 m ² de área	100	60	100
E	E-1 a E-4	Uma pessoa por 1,50 m ² de área de sala de aula ^(H)			
	E-5, E-6	Uma pessoa por 1,50 m ² de área de sala de aula ^(H)	30	22	30

Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina
Instrução Técnica 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência 2015

Classe de Ocupação	Cálculo da População	Capacidade (nº de pessoas por unidade de passagem)		
		Corredores e Circulação	Escadas e Rampas	Portas
- Escolar geral; - Escolar diferenciada.	1 Aluno/m ²	100	60	100

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Sul
Resolução Técnica CBMRS nº 11 – Parte 1 – Saídas de Emergência - 2016

Ocupação		População (A) (B) (L) (P)	Capacidade da Unidade de Passagem		
Grupo	Divisão		Acessos/ Descargas	Escadas/ Rampas	Portas
C		Uma pessoa por 5 m ² de área (E) (K)			
D		Uma pessoa por 7 m ² de área (M)	100	75	100
E	E-1 a E-4	Uma pessoa por 1,5 m ² de área de sala de aula (F) (G)			
	E-5 e E-6	Uma pessoa por 1,5 m ² de área de sala de aula (F)	30	22	30

Fonte: CBMCE NT nº 005/2008; CBMSC IT 008/2015 e CBMRS nº 11/2016.

5.1.2 Larguras dos corredores

Ao analisar o projeto, algumas considerações foram levantadas, como a relação da largura dos corredores e a abertura das portas, conforme observamos a seguir, no recortes do exigido na legislação, Figuras 21, 22 e 23, e apresentado em projeto, Figura 24.

Figura 21. Recorte legislação Ceará – Larguras corredores

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará
Norma Técnica nº 005/2008 – Saídas de Emergência

4.4.2 Larguras mínimas a serem adotadas

As larguras mínimas das saídas de emergência, em qualquer caso, devem ser as seguintes:

a) 1,2 m, para as ocupações em geral, ressalvando o disposto a seguir;

4.4.3 Exigências adicionais sobre largura de saídas

4.4.3.1 A largura das saídas deve ser medida em sua parte mais estreita, não sendo admitidas saliências de alizares, pilares e outros, com dimensões maiores que as indicadas na Figura 1, e estas somente em saídas com largura superior a 1,2 m.

4.4.3.2 As portas que abrem para dentro de rotas de saída, em ângulo de 180º, em seu movimento de abrir, não podem

4.4.3.3 As portas que abrem no sentido do trânsito de saída, para dentro de rotas de saída, em ângulo de 90º, devem ficar em recessos de paredes, de forma a não reduzir a largura efetiva em valor maior que 0,1 m (ver figura 2).

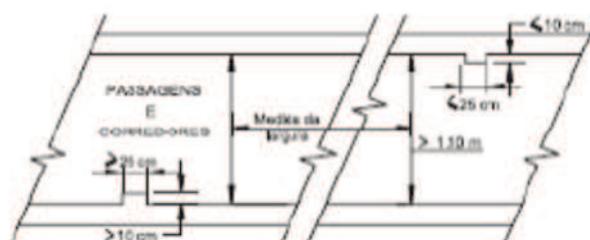


Figura 1 – Medida da largura em corredores e

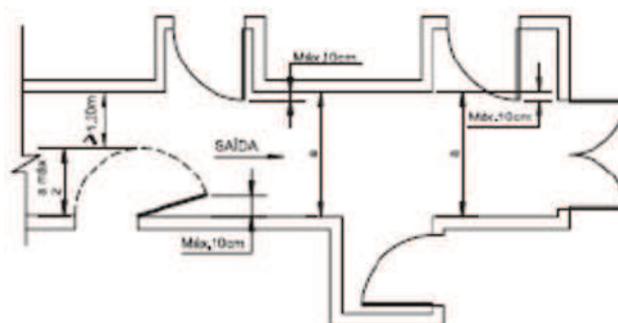


Figura 2 – Abertura das portas no sentido de saída

Fonte: CBMCE NT 005/2008.

Figura 22. Recorte legislação Santa Catarina – Larguras corredores

Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina
Instrução Técnica 009 – Sistema de Saídas de Emergência 2015

CAPÍTULO III
ACESSOS
(CIRCULAÇÃO E CORREDORES)

Seção I
Generalidades

Art. 14. Os acessos devem satisfazer as seguintes condições:

I - permitir o escoamento fácil de todos os ocupantes do pavimento;

II - permanecer desobstruídas em todos os pavimentos;

III - a largura dos acessos será medida na menor parte livre;

IV - a largura dos acessos será calculada pela fórmula constante no artigo 62 desta IN.

V - os acessos são dimensionados em função dos pavimentos que servirem à população.

Art. 16. As folhas das portas que se abrem para os acessos não poderão diminuir, durante sua abertura, a largura efetiva mínima permitida dos acessos, devendo abrir sempre no sentido do fluxo de saída.

Art. 17. Os acessos devem permanecer livres de quaisquer obstáculos, tais como, móveis, divisórias móveis, locais para exposição de mercadorias, e outros, de forma permanente.

Art. 63. A largura mínima da circulação (acessos, corredores, rotas de saídas horizontais, hall) será dimensionada em função dos pavimentos que servirem, sendo calculada pela fórmula constante no artigo 62, devendo satisfazer as seguintes condições:

I - possuir, no mínimo, 1,2m nas edificações em geral;

II - possuir, no mínimo, 1,65m para edificações de reunião de público com concentração de público;

III - possuir, no mínimo, 2,4m em hospitais e assemelhados, para permitir a passagem de macas, camas, e outros; e,

IV - a circulação deverá ter uma largura mínima igual a da escada com a qual se comunica.

Art. 64. A largura mínima das escadas e rampas deverá satisfazer as seguintes condições:

I - possuir, no mínimo, 1,2m para edificações em geral, sendo calculado em função do pavimento de maior população, através da fórmula constante no artigo 62;

II - possuir, no mínimo, 1,65m para edificações de reunião de público com concentração de público; e

Art. 65. A largura mínima das portas deverá satisfazer as seguintes condições:

I - as folhas das portas deverão sempre abrir no sentido do fluxo de saída, não poderão diminuir, durante sua abertura, a largura efetiva mínima permitida;

Fonte: CBMSC IT 009/2015.

Figura 23. Recorte legislação Rio Grande do Sul – Larguras corredores

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Sul
Resolução Técnica nº 11 – Parte 1 – Saídas de Emergência - 2016

5.4.2 Larguras mínimas a serem adotadas

5.4.2.1 A largura mínima das saídas de emergência, em qualquer caso, deverá ser de 1,10 m para as ocupações em geral, ressalvando o disposto nos itens 5.4.2.1.1 e 5.5.4.3.

5.4.3 Exigências adicionais sobre largura de saídas

5.4.3.1 A largura das saídas deverá ser medida em sua parte mais estreita, não sendo admitidas saliências de pilares e outros com dimensões maiores que as indicadas na Figura 2, e estas somente em saídas com largura superior a 1,10 m.

5.4.3.2 As portas que abrem para dentro de rotas de saída, em ângulo de 180°, em seu movimento de abrir, não poderão reduzir a largura efetiva destas em valor menor que a metade (ver Figura 3), sempre mantendo uma largura mínima livre de 1,10 m para as ocupações em geral e respeitando as especificações para a divisão H-3 contidas no item 5.4.2.1.1.

5.4.3.3 As portas que abrem no sentido do trânsito de saída, para dentro de rotas de saída, em ângulo de 90°, deverão ficar em recessos de paredes, de forma a não reduzir a largura efetiva em valor maior que 10 cm (ver Figura 3).

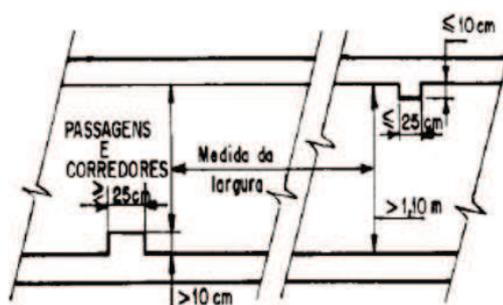


Figura 2: Medida da largura em corredores e passagens

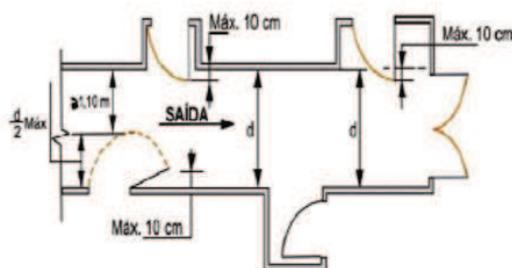
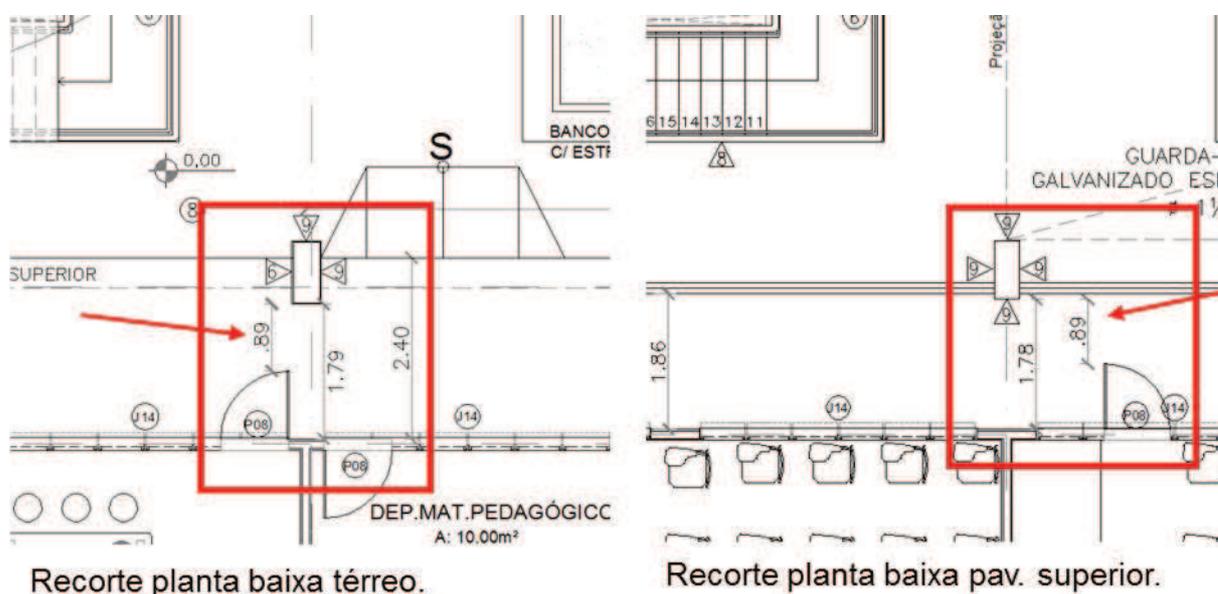


Figura 3: Abertura das portas no sentido de saída

Figura 24. Recortes planta baixa – Largura corredores



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

As legislações do Ceará e do Rio Grande do Sul retratam praticamente o mesmo, só divergem na largura mínima, onde o primeiro afirma ser 1,20m e o segundo respectivamente 1,10m; já a de Santa Catarina afirma depender do dimensionamento. Nas três exige-se que a abertura das folhas das portas não pode interferir na largura efetiva mínima, que, conforme indicado na Figura 23, o projeto não atende, necessitando de redimensionamento de corredores e portas.

5.1.3 Distâncias máximas a percorrer

Com relação as distâncias máximas a percorrer, os recortes das normativas com as características a serem cumpridas estão destacadas na Figura 25, sendo que o projeto contempla sistema de detecção de incêndio automático, conforme descrito no Caderno de Encargos – Combate a Incêndio e SPDA.

Figura 25. Recortes legislações – Distâncias máximas a percorrer

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará
Norma Técnica nº 005/2008 – Saídas de Emergência

Tipo de edificação	Grupo e divisão de ocupação	Com chuveiros ou com detectores Automáticos	
		Saída única	Mais de uma saída
Z	C, D, E, F, G-3, G-4, H, I, L e M	45 m	55 m
	AB, G-1, G-2 e J	55 m	65 m

Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina
Instrução Técnica 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência 2015

Subseção II
Edificações verticalizadas

Art. 19. As distâncias a serem percorridas para atingir os degraus ou as portas das escadas comuns ou protegidas, a porta das antecâmaras das escadas protegidas, enclausuradas e enclausuradas a prova de fumaça, são determinadas em função das seguintes condições:

I - quando não houver isolamento entre pavimentos, essa distância deve ser no máximo de 20m;

II - edificações que possuem escadas do tipo comum, não possuem isolamento entre pavimentos, enquadrando-se automaticamente no inciso I deste artigo;

§ 4º Não havendo atendimento em termos de caminamento máximo a ser percorrido para alcançar a escada, deverá ser previsto tantas escadas quanto necessário, do mesmo tipo, para o atendimento ao referido caminamento.

§ 8º Para os locais de Reunião de Público o caminamento máximo será de 25m, considerado do ponto mais distante do pavimento até a saída de emergência do mesmo, exceto para escada do tipo comum que será de 20m.

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Sul
Resolução Técnica CBMRS nº 11 – Parte 1 – Saídas de Emergência - 2016

Grupo e divisão de ocupação	Andar	Sem chuveiros automáticos			
		Saída única		Mais de uma saída	
		Sem detecção automática de incêndio	Com detecção automática de incêndio	Sem detecção automática de incêndio	Com detecção automática de incêndio
C, D, E, F-1, F-2, F-3, F-4, F-7, F-8, F-9 e F-10, G-3, G-4, G-5, H, L e M	De Saída da edificação (piso de descarga)	40 m	45 m	50 m	60 m
	Demais andares	30 m	35 m	40 m	45 m

Fonte: CBMCE NT nº 005/2008; CBMSC IT 008/2015 e CBMRS nº 11/2016.

Tabela 25. Resultados de distância máxima percorrida

Simulação:	Obtido na simulação:	Resultado
1^a	111,0	Não atende ao exigido. Trata-se do cadeirante que está localizado no corredor do pavimento superior e utiliza a rampa como meio de escape.
2^a	110,6	
3^a	110,8	

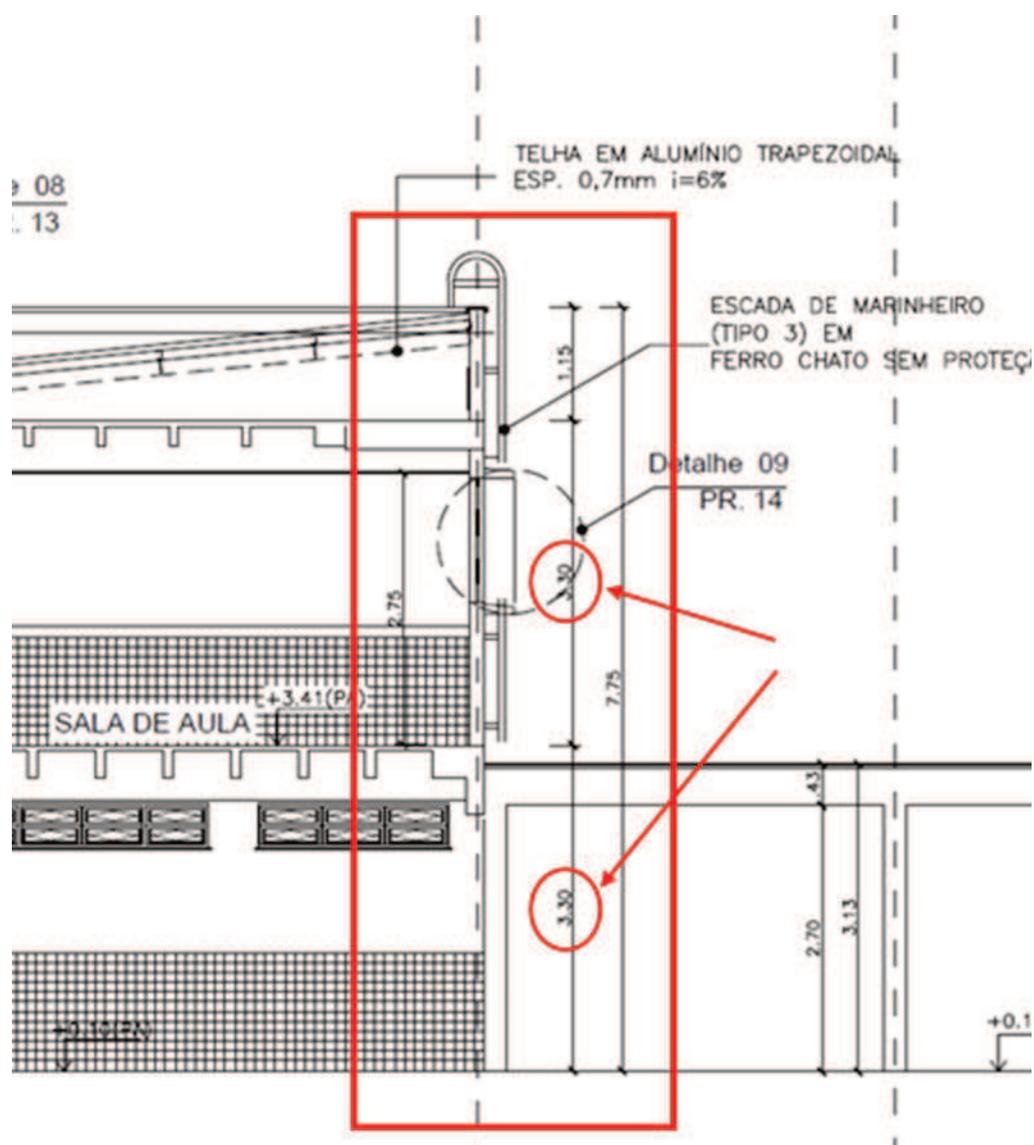
Fonte: Elaborado pela autora.

Independente do obtido na simulação ter sido a pior situação, por tratar-se de uma pessoa que utiliza cadeira de rodas e estar localizada no lado oposto ao acesso a rampa, refere-se a um contexto possível de ocorrer em um cenário real, demonstrando que o projeto não atende ao exigido em nenhuma das legislações estudadas.

5.1.4 Escadas

A altura total da edificação é de 10m, conforme informado no Memorial Descritivo de Segurança Contra Incêndio e Pânico, e a altura considerada é de 6 metros, ambas descritas na Tabela 7 Da Edificação e Áreas de Risco. Na Figura 26, recorte do Corte BB, é possível verificar que a altura excede os 6 metros, não podendo ser atendida por escadas comuns.

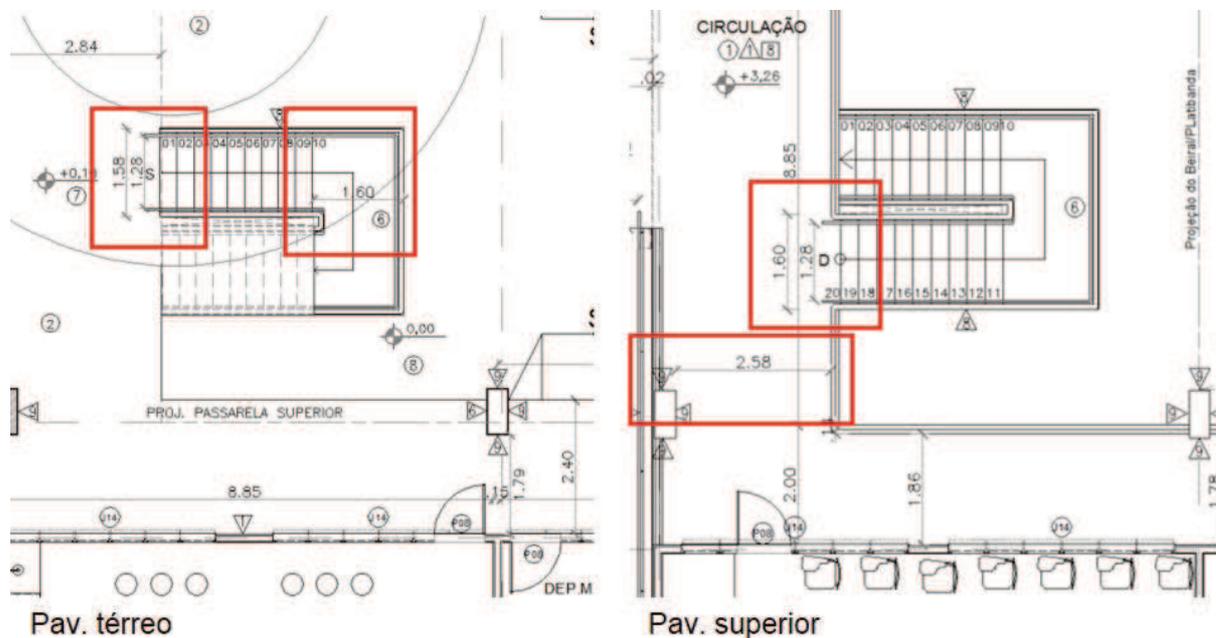
Figura 26. Recorte – Corte BB



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

A Figura 27 informa o dimensionamento adotado em projeto para as escadas, com vão livre de aproximadamente 1,30m.

Figura 27. Recortes de planta baixa térreo e superior – escadas



Fonte: Adaptado de BRASIL (2011).

Conforme as normativas do corpo de bombeiros na Figura 28, a área do Bloco Pedagógico/Administrativo no pavimento térreo é de 1.209,86 m² e do pavimento superior é de 1.071,56 m², o que indica o uso de escadas protegidas, não estando em conformidade com o exigido.

Figura 28. Recorte de normativas – Tipo e número de escadas

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Ceará
Norma Técnica nº 005/2008 – Saídas de Emergência

Dimensão		N (área de pavimentos ≤ a 750 m ²)										O (área de pavimento > 750 m ²)											
Altura (em m)	Térrea/Saídas	H ≤ 6			6 < H ≤ 12			12 < H ≤ 30			Acima de 30		Térrea	H ≤ 6			6 < H ≤ 12			12 < H ≤ 30		Acima de 30	
		Nºs	Nºs	Tipo Esc	Nºs	Tipo Esc	Nºs	Tipo Esc	Nºs	Tipo Esc	Nºs	Tipo Esc		Nºs	Nºs	Tipo Esc	Nºs	Tipo Esc	Nºs	Tipo Esc	Nºs	Tipo Esc	
E	E-1	1	1	NE	1	NE	1	EP	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	3	PF	3	PF		
	E-2	1	1	NE	1	NE	1	EP	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	3	PF	3	PF		
	E-3	1	1	NE	1	NE	1	EP	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	3	PF	3	PF		
	E-4	1	1	NE	1	NE	1	EP	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	3	PF	3	PF		
	E-5	1	1	NE	1	EP	1	EP	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	3	PF	3	PF		
	E-6	2	2	NE	2	EP	2	EP	2	PF	2	2	NE	2	EP	2	PF	3	PF	3	PF		

Corpo de Bombeiros Militar do Estado de Santa Catarina
Instrução Técnica 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência 2015

CLASSIFICAÇÃO DAS EDIFICAÇÕES	Altura (m)	Quantidade mínima e tipo de Escadas	
		Quantidade	Tipo
Escolar Geral (escolas de ensino fundamental, médio ou superior, creches, jardins de infância, maternal, cursos supletivo, cursos pré-vestibulares e congêneres)	H ≤ 6	1	I
	H ≤ 12	2	II
	H ≤ 21	2	II, III
	H ≤ 30	2	III, IV
	H > 30	2	IV
Escolar diferenciada (escolas de artes, artesanatos, profissionalizantes, academias de ginásticas, escolas de idiomas, escolas de músicas e outros)	H ≤ 12	1	I
	H ≤ 21	1	II
	H ≤ 30	1	III
	H > 30	1	IV

Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Rio Grande do Sul
Resolução Técnica CBMRS nº 11 – Parte 1 – Saídas de Emergência - 2016

Dimensão					
Altura (em metros)		H ≤ 6	6 < H ≤ 12	12 < H ≤ 30	Acima de 30
		Tipo Escada	Tipo Escada	Tipo Escada	Tipo Escada
Grupo	Divisão				
E	E-1	NE	NE*	PF	PF
	E-2	NE	NE*	PF	PF
	E-3	NE	NE*	PF	PF
	E-4	NE	NE*	PF	PF
	E-5	NE	EP	PF	PF
	E-6	NE	EP	PF	PF

Fonte: CBMCE NT nº 005/2008; CBMSC IT 008/2015 e CBMRS nº 11/2016.

5.1.5 Resumo das Normativas

Com o estudo comparativo é possível verificar a viabilidade de aplicação do projeto conforme o exigido nos estados estudados, podendo ser expandido para todo território nacional em concordância ao proposto.

A largura das saídas, entre elas acessos, escadas, descargas, é dada pela fórmula: $N = P/C$, considerando N o número de unidades de passagem, P a população das Tabelas descritas na Figura 20 e C a capacidade de uma unidade de passagem. Em todas as normativas estudadas, a Unidade de Passagem (UP) é de 0,55m. Para o dimensionamento de saídas de emergência:

Tabela 26. Comparativo do exigido nas legislações – dimensionamento

	Ceará	Santa Catarina	Rio Grande do Sul
Acessos/descargas	100 por UP	100 por UP	100 por UP
Escadas/rampas	60 por UP	60 por UP	75 por UP
Portas	100 por UP	100 por UP	100 por UP
Corredores/acesso	1,20 m	1,20 m	1,10 m
s (largura mínima)			
Distância máxima a percorrer (considerando 2 saídas no edifício)	55 m	20 m	Piso descarga: 60m Demais andares: 45m
Escadas (6 < H ≤ 12)	Quant.: 2 Tipo: EP (escada protegida)	Quant.: 2 Tipo: II (escada protegida)	Quant.: depende do dimensionamento das saídas pelo cálculo de população e distâncias máximas a serem percorridas. Tipo: com área acima de 750 m ² requer escada EP (escada protegida)

Fonte: CBMCE NT nº 005/2008; CBMSC IT 008/2015 e CBMRS nº 11/2016.

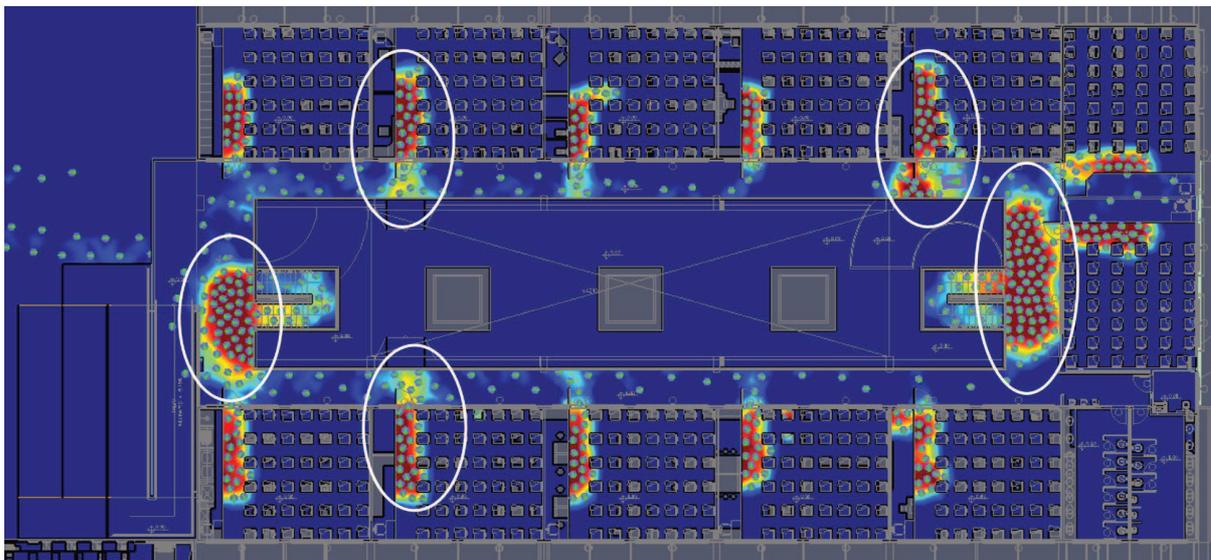
5.2 Resultados da Simulação com *Pathfinder*

A análise dos resultados obtidos é realizada através dos três cenários, o primeiro implantado no estado do Ceará, o segundo e o terceiro, respectivamente, suas possíveis aplicações nos estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. As alterações sofridas nas simulações tratam do exigido pelo Corpo de Bombeiros e das diretrizes estaduais para as Instituições de Ensino, com foco no número de ocupantes das salas de aula e sua interferência no processo de evacuação.

Contudo é possível verificar que:

1. Três momentos regem a duração das simulações, a saída das salas de aula, o deslocamento nos corredores – em função da abertura das portas interferirem na largura do corredor e posteriormente a alta concentração de ocupantes nos acessos às escadas - destacado na Figuras 29 e 30; pontos que causaram congestionamento e retardaram a evacuação.
2. Conforme descrito na Tabela 24, o exposto entre os itens possui a seguinte relação, quanto menor a lotação das salas de aula, menor também é o tempo de fuga, onde na terceira simulação chegou-se ao valor de 2,85 minutos, chegando próximo, mas não alcançando ao prescrito pela NBS de 2,5 minutos.
3. Possivelmente com redimensionamento de portas, corredores e escadas – pontos críticos apontados na simulação, o tempo final poderia ser otimizado.

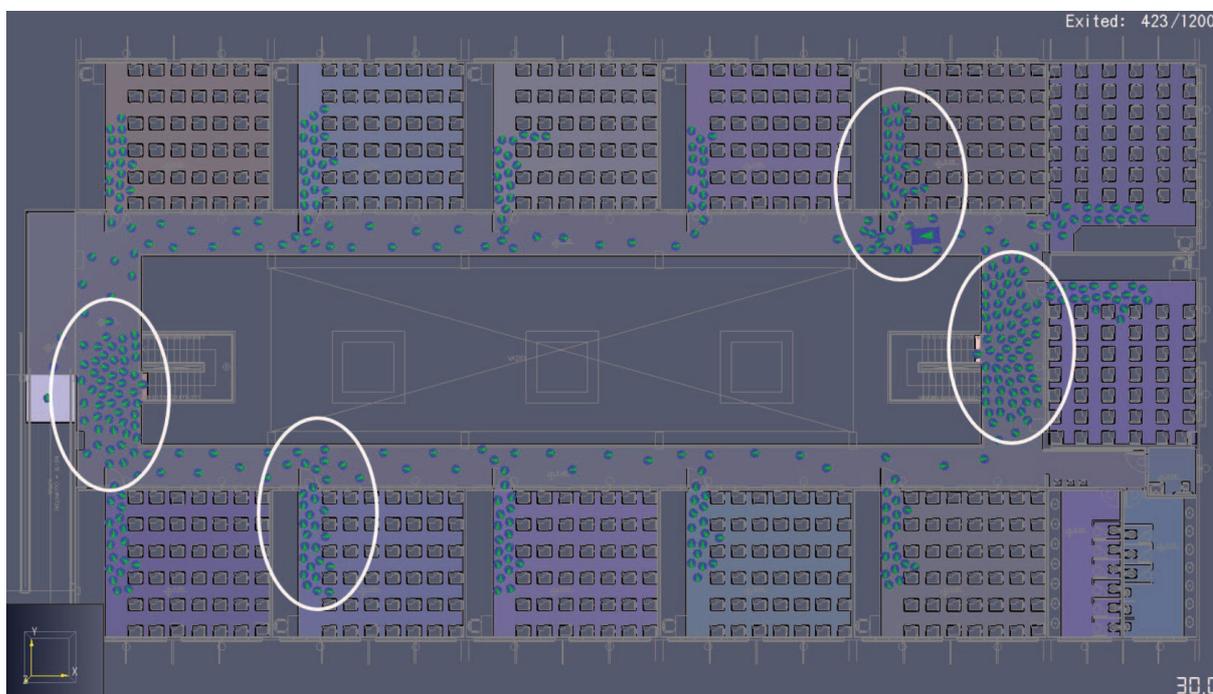
Figura 29. Acessos a escadas - Aglomeração



Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Observa-se, também, que há uma melhor fluidez no acesso à rampa e seu percurso.

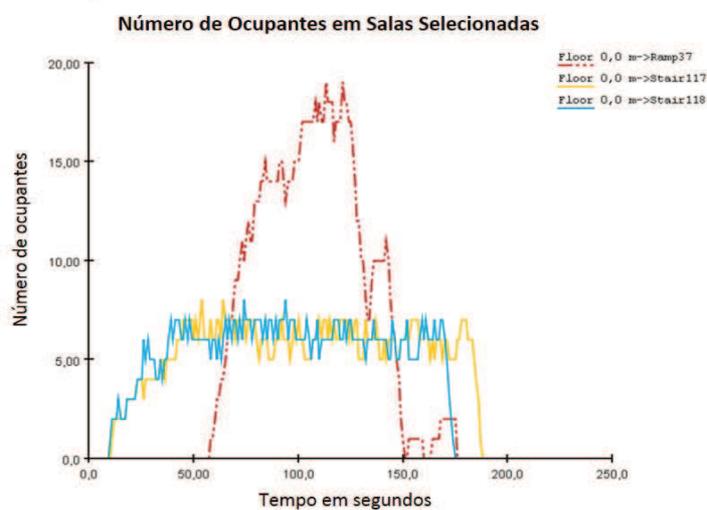
Figura 30. Acessos a escadas - Aglomeração



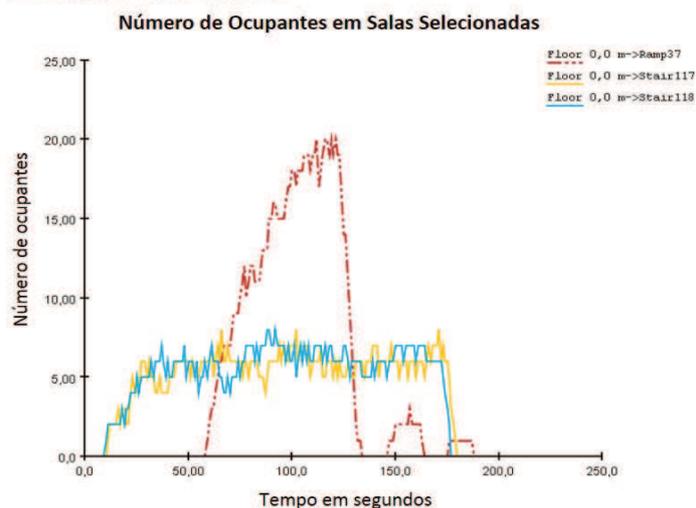
Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Gráfico 4. Desempenho de uso escadas x rampa

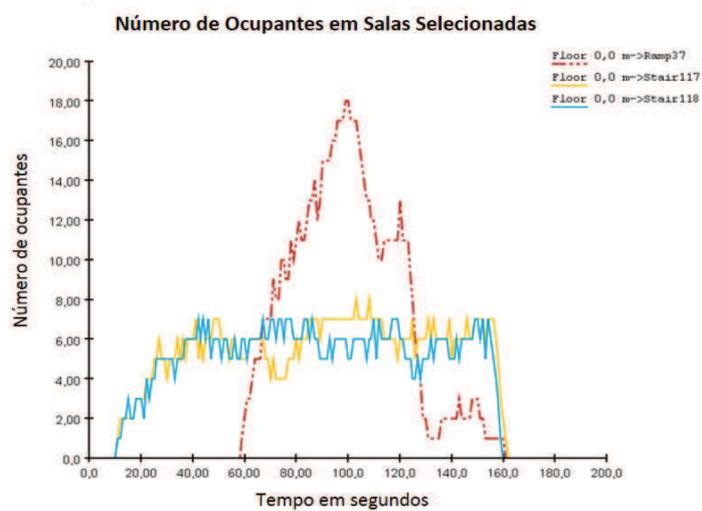
Simulação 1 - Ceará



Simulação 2 – Santa Catarina



Simulação 3 – Rio Grande do Sul



Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

Através dos gráficos, é possível constatar que, apesar do fácil acesso à rampa, a maior concentração de pessoas está no uso das escadas, que gerou aglomerações e dificuldade de evacuação. A ocupação das escadas permanece aproximadamente o mesmo nas três simulações, em contrapartida a utilização da rampa, acessível a todos, tem o seu ápice de ocupação próximo a metade do tempo total de fuga e, em alguns momentos, não sendo utilizada.

Tabela 27. Resumo das simulações

Projeto	Lotação máxima sala de aula:	Tempo máx. da simulação (segundos):	Distâncias máx. percorridas (metros):
Ceará	42	201,9	111,0
Santa Catarina	40	196,6	110,6
Rio Grande do Sul	35	175,5	110,8

Fonte: Adaptado de Pathfinder (2017).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Complementando com o apresentado no decorrer da pesquisa e através das análises finais, encerra-se essa fase de estudo com algumas considerações.

No que se refere ao ato de salvar vidas, um dos itens que compõe esse quesito é a efetividade de uma fuga segura através de um correto projeto de saída de emergência. A interação e o funcionamento entre todos os itens que constituem o sistema é imprescindível, pois, para um projeto ser considerado completo, deve haver a compatibilização entre várias áreas e profissionais envolvidos.

No caso específico Ceará, o projeto conta com 42 pessoas por sala de aula com largura de porta de 0,90m, totalizando, o pavimento superior, 504 pessoas, com corredores de largura livre máxima de 1,80m, reduzindo para 0,90m, com as portas invadindo a passagem. As duas escadas contêm espaço livre de aproximadamente 1,28m e acesso à escada de cerca de 2,60m.

No cálculo da população, seguindo a fórmula indicada pelas normativas estaduais, os três casos atendem as premissas contendo 31 pessoas por sala de aula. Nos acessos/corredores/descargas, as larguras mínimas permitidas são 1,20 m para o Ceará e Santa Catarina, e 1,10m para o Rio Grande do Sul. Apresenta-se a informação de que a abertura das portas, pilares e outras saliências não podem diminuir a largura mínima, o que não é atendido no projeto em estudo.

Com relação às escadas, o projeto não atende a nenhuma normativa, pois, independentemente de serem duas escadas e uma rampa, a indicação, decorrente da altura e da área de pavimento, é para que se utilize a escada protegida e não a comum. As escadas e seus acessos foram os principais pontos de aglomeração, o que decorreram no tempo de fuga final, onde nenhuma das simulações atendeu ao tempo de 2,5 minutos. Ressalta-se que a utilização das rampas não deve ser apenas para atender cadeirantes – pessoas idosas, com mobilidade reduzida, crianças pequenas e uma série de outras situações que fazem o acesso somente por escadas ser inapropriado – tanto em situações cotidianas como principalmente em situações de emergência.

Ao comparar as distâncias máximas exigidas com as obtidas na simulação, é notável o não cumprimento do requerido. Mesmo ponderando que um cadeirante não estivesse na pior situação, dentro da sala de aula mais afastada da rampa, a

utilização do sanitário específico causa o mesmo infortúnio de distanciamento, devendo sempre obedecer a todos os parâmetros contidos na NBR 9050 que tratam de acessibilidade.

É latente uma revisão projetual com visão detalhada e crítica ao projeto quando se refere à segurança contra incêndio, principalmente por ser um projeto padrão de implantação nacional, envolvendo uma alta densidade populacional, um público com idade variada, atividades desenvolvidas no local que exigem concentração e climas distintos.

A legislação brasileira não fala em tempo máximo de abandono da edificação em caso de incêndio. Essa lacuna remete a consultas e à utilização de dados internacionais como da NBS *Building Regulations*. Essa norma britânica estabelece o tempo de fuga ideal de 2,5 minutos, para se alcançar um local seguro da edificação, sem implicações do fogo e fumaça. Mesmo esse valor sendo dependente da configuração da edificação, do comportamento das pessoas envolvidas, é subjetivo, pois torna imensamente variável a situação de emergência. Afirma-se essa não ser uma regra, pois envolve fatores incontrolláveis como o comportamento humano, contudo adotado como parâmetro nesse trabalho. Ono (2010) ainda ressalta ser essa definição de tempo de evacuação a mais antiga e também a mais conhecida, devido ao sucesso de abandono de um incêndio ocorrido em 1911 num teatro em Edimburgo, Escócia. A presente pesquisa atenta para o resultado de simulações computacionais com o objetivo de discutir um cenário ideal, onde as normas de segurança contra incêndio fossem aplicadas com excelência.

O discutido no trabalho se refere à relação entre projeto arquitetônico e segurança proporcionada pelas saídas de emergência, ou seja, a importância do exigido nas legislações estar em perfeita harmonia com a segurança à vida, no sentido construtivo da edificação. Outros importantes componentes do sistema de saída de emergência como iluminação, extintores e sinalização não foram incluídos no estudo por não fazerem parte da estrutura, sendo facilmente adaptáveis.

A prerrogativa de uma moção normativa de abrangência nacional é de imensurável importância para a segurança contra incêndio. Significaria o crescimento com discussões de mesmo propósito, onde os envolvidos no tema poderiam argumentar os mesmos dados, facilitando no aprimoramento de

legislações e conseqüentemente na elaboração de projetos, na análise e na liberação deles.

Acredita-se que o propósito da pesquisa foi atingido. Pois, com as análises realizadas, verificou-se o desempenho de um modelo aplicado em diferentes locais, frente ao cumprimento, ou não, das prescrições normativas de saídas de emergência, apontando as principais vulnerabilidades.

Pode-se constatar que, no Brasil, usualmente ocorre o ajustamento de projetos arquitetônicos aos requisitos da SCI. É crescente a utilização de softwares para otimização e controle de vários sistemas como de água e de iluminação – reaproveitamento, redução de consumo, conforto térmico, intensidade de luz, entre outros – sendo o ideal tornar-se rotina, em conjunto na elaboração do projeto, as tecnologias que facilitam a análise dos sistemas sugeridos, como os softwares expostos no decorrer da pesquisa, entre eles o *Pathfinder*. Esse investimento inicial evitaria os gastos posteriores de reanálises de projetos junto às autoridades competentes, o desperdício de materiais devido a reformas, entre outros.

Outro ponto importante a ser exposto é a incorporação dessas ferramentas no processo de formação dos profissionais para que se torne uma rotina incorporada aos escritórios. As simulações promovem a avaliação da movimentação dos usuários nos diversos cenários, verificação do tempo de escape, localização dos pontos de aglomeração e fragilidades em geral, alterando a sequência do ato de projetar e planejar espaços.

Acredita-se que a presente pesquisa seja o prefácio de estudos que visam ao aprimoramento da segurança contra incêndio e seus componentes. Através da divulgação dessa linha de raciocínio, relacionada ao assunto em questão, ao uso das normas prescritivas, das baseadas em desempenho, do uso de *softwares* específicos, resultando em projetos com qualidade e promovendo a segurança dos usuários em edificações. A contribuição dessa linha de pesquisa está inserida inclusive no processo de prevenção a novos incidentes e da resiliência aos já ocorridos, como o Canecão Mineiro em 2001, na favela Sônia Ribeiro (Zona Sul de São Paulo) em 2012, boate Kiss em 2013, Grenfell Tower (Londres) em 2017 e inúmeros outros de conhecimento público.

7. BIBLIOGRAFIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9050:** Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13860:** Glossário de termos relacionados com a segurança contra incêndio. Rio de Janeiro, 1997.

BARCELOS, Patrícia; PEDRA, Marcelo Camilo. **Orientações sobre o projeto de arquitetura executivo padrão da escola do programa Brasil Profissionalizado.** Nota Técnica nº 759/2011/CGPFASPEPT/DIREPT/SETEC/MEC. Brasília, 2011. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=9382-orientacoes-tecnicas-estados-171111-pdf&category_slug=novembro-2011-pdf&Itemid=30192>. Acesso em 28 de agosto de 2017.

BRASIL. Ministério da Educação (MEC). Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação (FNDE). **Projeto de Arquitetura Executivo Padrão.** Projeto de autoria dos arquitetos NETO, Paulo Cabral de Araujo; JANSEN, Priscila Sell; KAWASAKI, Viviane Mayumi. Fev. 2011. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/escola-de-gestores-da-educacao-basica/190-secretarias-112877938/setec-1749372213/17248-projeto-de-arquitetura-executivo-padrao>>. Acesso em 28 de agosto de 2017.

BRITISH STANDARDS INSTITUTION. **BS 7974:** application of fire safety engineering principles to the design of buildings: Code of practice. London: BSI, p. 54, 2001.

_____. **PD 7974-6:** The application of fire safety engineering principles to fire safety design of buildings. Part 6: Human factors: Life safety strategies – Occupant evacuation, behaviour and condition (Sub-system 6). London: BSI, p. 54, 2004.

BRYAN, John L. **A selected historical review of human behaviour.** In Fire. Fire Protection Engineering, Cleveland, n. 16, p. 4-10, 2002.

BUKOWSKI, R. W. **Emergency Egress from Buildings** (NIST Technical Note 1623), Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2009.

COMISSÃO DE ENSINO FUNDAMENTAL. Parecer nº 1400/2002 do Conselho Estadual de Educação do Estado do Rio Grande do Sul.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO CEARÁ. **Norma Técnica Nº 001/2008 – Procedimento Administrativo.** Fortaleza, Ceará, Fevereiro de 2010.

_____. **Norma Técnica Nº 005/2008 – Saídas de Emergência.** Fortaleza, Ceará, Fevereiro de 2008.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. **Resolução Técnica CBMRS Nº 02 – Terminologia Aplicada a Segurança Contra Incêndio**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2014.

_____. **Resolução Técnica CBMRS nº 11 – Parte 1 – Saídas de Emergência**. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2016.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Instrução Normativa IN 001/DAT/CBMSC – Da Atividade Técnica**, 2015.

_____. **Instrução Normativa IN 009/DAT/CBMSC – Sistema de Saídas de Emergência**. 2014.

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Instrução Técnica Nº 02/2011 – Conceitos básicos de segurança contra incêndio**. 2011.

COSTA, Bruno Ricardo da Cunha Esteves da. **Aplicação de um modelo numérico na avaliação da evacuação de um edifício**. Dissertação do Mestrado Integrado em Engenharia Civil – 2008/2009 – Departamento de Engenharia Civil, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2009.

FERREIRA, Alessandro B. **Avaliação das rotas de fuga e saídas de emergência dos edifícios comerciais altos em Cuiabá/MT**. RHM – Vol 13 nº 1 – Jul/Dez 2014.

FONTES, Geovan Lima; FONSECA, Vania; MADI, Rubens Riscala. **A violência oculta: a falta de segurança nas edificações verticais de Aracaju**. Interfaces Científicas, Humanas e Sociais, Aracaju, V.2, N.2, p. 33-44, Fev. 2013.

GASPARETTO, Fábio Corrêa. **Análise de rotas de fuga em edifícios escolares no Brasil, baseada em simulação de abandono**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia e Gestão da Inovação, Universidade Comunitária da Região de Chapecó, 2017.

GEHL, Jan. **Cidades para pessoas**. São Paulo, Perspectiva, 2013.

GOUVEIA, Antônio M. C. de; ETRUSCO, Paula. **Tempo de escape em edificações: os desafios do modelamento de incêndio no Brasil**. Ver. Esc. Minas vol. 55 nº 4, Ouro Preto, 2002.

IFC, International Finance Corporation. **Environmental, Health, and Safety (EHS) Guidelines**. General EHS Guidelines: 3.0 Community Health and Safety. April 30, 2007.

KOBES, Margrethe; HELSLOOT, Ira; VRIES, Bauke de.; POST, Jost G. **Building safety and human behaviour in fire: A literature review**. Fire Safety Journal, 45, 2010. p. 1-11.

LEI Nº 13.425, de 30 de Março de 2017. Brasília/DF.

LEI Nº 16.794, de 14 de Dezembro de 2015. Estado de Santa Catarina.

LEI COMPLEMENTAR Nº 14.376, de 26 de Dezembro de 2013. (publicada no DOE n.º 250, de 27 de dezembro de 2013)

LEI COMPLEMENTAR Nº 170/2008 do Estado de Santa Catarina.

MEIRELLES, Célia Regina Moretti. **O conceito de desempenho e as condicionantes da segurança contra incêndio em projetos de habitação de cinco andares no Brasil**. In: 9º Seminário Internacional NUTAU, 2012, São Paulo. BRICS e a Habitação Coletiva Sustentável. São Paulo: NUTAU, 2012. p. 1-15.

MONTENEGRO, Mariana Lima Oliveira. **Análise de desempenho das saídas de emergência por meio de simulações computacionais – O caso de projetos de edifícios universitários**. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Centro de Tecnologia. Departamento de Arquitetura e Urbanismo. Natal, RN, 2016.

MUNIZ, Rosane Mara Detommazo. **O uso de simuladores como uma ferramenta de auxílio na definição dos requisitos de planos de retirada de emergência: estudo de caso em um centro de pesquisas de uma instituição pública de ensino superior**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de Janeiro, 2013.

NAGAMINE, Akemi Terase; ONO, Rosária. **Arquitetura e segurança contra incêndio em escolas do ensino fundamental da cidade de São Paulo – um estudo de caso**. NUTAU, São Paulo, 2006.

NATIONAL FIRE PROTECTION ASSOCIATION. **NFPA 101: life safety code**. Las Vegas, NV, USA: NFPA, 2015.

OLENICK, Stephen M.; CARPENTER, Douglas J. **Na Updated International Survey of Computer Models for Fire and Smoke**. Journal of Fire Protection Engineering, V. 13, May 2002.

ONO, Rosaria. **O impacto do método de dimensionamento das saídas de emergência sobre o projeto arquitetônico de edifícios altos: uma análise crítica e proposta de aprimoramento**. São Paulo, 2010. p. 457.

ONO, Rosaria; VITTORINO, Fulvio. **Desempenho da largura das portas no tempo de abandono de compartimentos**. XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído – ENTAC, Canela, 2010.

PEREIRA, Demétrio R. Disponível em: <<http://www.terra.com.br/noticias/educacao/infograficos/incendios-vcsabia/>>. Acesso em 13/10/2015.

PURSER, David A. **Dependence of Modelled Evacuation Times on Key Parameters and Interactions.** FIRE SAFETY SCIENCE – PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM. Hartford Environmental Research, Hertfordshire. UK, 2009. p. 353-364.

PURSER, D. A; BENSILUM, M. **Quantification of behaviour for engineering design standards and escape time calculations.** Fire Safety Engineering Centre, Building Research Establishment, Garson, Watford WD25 9XX, UK, 2001.

RODRIGUES, Eduardo Estêvam Camargo. **Sistema de Gestão da Segurança contra Incêndio e Pânico nas Edificações: Fundamentação para uma Regulamentação Nacional.** Tese de Doutorado – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de Engenharia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Porto Alegre, RS, 2016.

SANTOS, Gabriel; AGUIRRE, Benigno E. **A Critical Review of Emergency Evacuation Simulation Models.** University of Delaware. Disaster Research Center. Proceeding of Conference “Building Occupant Movement During Fire Emergencies,” June 10-11, 2004, Gaithersburg, Maryland: National Institute of Standards and Technology. Disponível em: <<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download;jsessionid=9663DF18E09A83A53D772807C7A0C32F?doi=10.1.1.495.7366&rep=rep1&type=pdf>>. Acesso em 06.01.2017.

SEITO, Alexandre I., et al. **A segurança contra incêndio no Brasil.** São Paulo: Projeto Editora, 2008, p. 496.

SFPE. Society of Fire Protection Engineers. Bethesda, MD, USA: SFPE, 2002.

SHEN, Tzu-Sheng. **Building Planning Evaluations for Emergency Evacuation.** A Dissertation submitted to the Faculty of the Worcester Polytechnic Institute in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy In Civil Engineering. Worcester, MA, 2003. p. 288.

SHI, Jianyong; LIU, Pai. **An Agent-Based Evacuation Model to Support Fire Safety Design Based on an Integrated 3D GIS and BIM Platform.** Computing in Civil and Building Engineering, p. 1893-1900, 2014.

SILVA, Eriberto C. M. da. **O projeto arquitetônico e a antecipação do projeto de segurança contra incêndio: interferência mútua, interação necessária.** Dissertação Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2015.

SILVA, Valdir Pignatta; VARGAS, Mauri Resende; ONO, Rosária. **Prevenção contra incêndio no Projeto de Arquitetura.** Rio de Janeiro: Instituto Aço Brasil/Centro Brasileiro da Construção em Aço, Série Manual de Construção em Aço, p. 72, 2010.

TAVARES, Rodrigo M.; SILVA, Andreza C. P.; DUARTE, Dayse. **Códigos prescritivos x códigos baseados no desempenho: qual é a melhor opção para o**

contexto do Brasil? XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Curitiba, 2002.

THUNDERHEAD ENGINEERING. **Pathfinder user manual**. 2017. Disponível em: <https://www.thunderheadeng.com/files/com/pathfinder/users_guide.pdf>. Acesso em outubro de 2017.

VALENTIN, Marcos Vargas. **Saídas de emergência em edifícios escolares**. Dissertação de Mestrado da Universidade de São Paulo – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, São Paulo, 2008.

VALENTIN, Marcos Vargas; ONO, Rosaria. **Saídas de emergência e comportamento humano: uma abordagem histórica e o estado atual da arte no Brasil**. NUTAU, São Paulo, 2006.

VENEZIA, Adriana P.P.Galhano; ONO, Rosaria. **Parâmetros para qualidade do projeto sob o aspecto da segurança contra incêndio**. XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Maceió, 2014.

ANEXOS

ANEXO A - Exemplo de arquivo gerado na simulação do *Pathfinder*

```

***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***
Simulation:      Modelo escola padrão 13.11.17 Cearál
Version:        2017.1.0116
Mode:          Steering
Total Occupants: 1200

Completion Times for All Occupants (s):
Min:           1,0      "02246"
Max:           184,7    "00864"
Average:       62,6
StdDev:        49,9

Completion Times by Behavior (s):
Behavior Count Min   Min_Name      Max   Max_Name      Avg   StdDev
Goto Any Exit 1200  1,0   "02246"      184,7 "00864"      62,6   49,9
*all behaviors* 1200  1,0   "02246"      184,7 "00864"      62,6   49,9

Completion Times by Profile (s):
Profile Count Min   Min_Name      Max   Max_Name      Avg   StdDev
Default 1191  1,0   "02246"      184,7 "00864"      62,8   49,9
teste   9     7,4   "02579"      165,2 "02581"      39,5   46,0
*all profiles* 1200  1,0   "02246"      184,7 "00864"      62,6   49,9

Travel Distances for All Occupants (m):
Min:           0,6      "02246"
Max:           114,0    "00750"
Average:       37,5
StdDev:        27,1

Movement Distance by Behavior (m):
Behavior Count Min   Min_Name      Max   Max_Name      Avg   StdDev
Goto Any Exit 1200  0,6   "02246"      114,0 "00750"      37,5   27,1
*all behaviors* 1200  0,6   "02246"      114,0 "00750"      37,5   27,1

Movement Distance by Profile (m):
Profile Count Min   Min_Name      Max   Max_Name      Avg   StdDev
Default 1191  0,6   "02246"      114,0 "00750"      37,6   27,1
teste   9     2,0   "02575"      112,8 "02581"      26,0   32,0
*all profiles* 1200  0,6   "02246"      114,0 "00750"      37,5   27,1

[Components] All: 501
[Components] Doors: 276
Triangles: 17788
Startup Time: 0,1s
CPU Time: 32,5s

Door Flow Rates:
Door First_In Last_Out Total_Use Flow_Avg
      (s)      (s)      (pers)      (pers/s)
Floor -3,0 m->A. Porta SE Esp 1,6 109,5 101 0,94

```

ANEXO B – Memorial Descritivo de Segurança Contra Incêndio e Pânico – Escola de Ensino Técnico Profissionalizante

MEMORIAL DESCRITIVO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO ESCOLA DE ENSINO TÉCNICO PROFISSIONALIZANTE

MEMORIAL DESCRITIVO E JUSTIFICATIVO DE CÁLCULO DO PROJETO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO

DA EDIFICAÇÃO E ÁREAS DE RISCO:

Número da art do projeto:

Classificação da edificação: E-1

Proprietário: Ministério da Educação

Projetista: João de Deus Evangelista Filho

Classificação da atividade: Escola em Geral

Risco: Médio - Carga de Incêndio 300 MJ/m²

Endereço: Unidades diversas

Área total construída: 4.444,45 m²

Área total do terreno: 12.000,00 m²

Número de Pavimentos: 2

Altura considerada: 8 m

Altura total da edificação: 10 m

Número de unidades por andar: 1

Número de unidades comerciais: 0

Número total de unidades: 1

Descrição dos pavimentos: Trata-se de uma Escola de Ensino Profissionalizante, térreo + superior. Sendo o pavimento térreo composto por auditório, área de vivência, laboratórios, cozinha, cantina, depósito de materiais, biblioteca, quadra poliesportiva, etc, e o pavimento superior composto por salas de aula e biblioteca.

DO ENQUADRAMENTO

NT 001/2008 – Projeto Contra Incêndio e Pânico;

NT 001/2008 – Brigada de Incêndio

NT 004/2008 – Extintores;

NT 005/2008 – Saída de emergência;

NT 006/2008 – Sistema de Hidrante para combate a incêndio;

NT 009/2008 - Iluminação de Emergência;

NBR 5419/2001 – SPDA;

DO ACESSO DE VIATURAS

Largura da via interna: 5,00 m

Altura da entrada principal: altura livre

SINALIZAÇÃO DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO E PÂNICO.

Os símbolos utilizados na Sinalização de Proibição estão indicados na tabela a seguir:

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
P1		Proibido fumar	Símbolo: circular Fundo: branco Pictograma: cigarro em preto Faixa circular e barra diametral: vermelho	Todo local onde fumar pode aumentar o risco de incêndio

SINALIZAÇÃO DE ORIENTAÇÃO E SALVAMENTO.

Código	Símbolo	Significado	Forma e cor	Aplicação
S4		Saída de emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde Pictograma: pessoa correndo para a direita em verde e fundo fotoluminescente com seta indicativa (fusão das 2 sinalizações x(homem) e y(seta) na dimensão mínima exigida)	Indicação da direção (esquerda ou direita) de uma rota de saída.
S5		Saída de emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde Pictograma: pessoa correndo para esquerda ou direita em verde e fundo fotoluminescente e seta indicativa para baixo (união de duas sinalizações quadradas x(homem) e y(seta))	Indicação de uma saída de emergência através de uma porta corta-fogo em escadas; deve ser afixada acima da porta corta-fogo de acesso.
S6		Saída de emergência	Símbolo: retangular Fundo: verde Pictograma: pessoa correndo para esquerda ou direita em verde e fundo fotoluminescente e seta indicativa para cima (união de duas sinalizações quadradas x(homem) e y(seta))	Afixada acima de uma porta, indicando a direção para obter acesso a uma saída de emergência, quando esta não for aparente ou diretamente visível.

S8		Escada de segurança	Símbolo: retangular Fundo: verde Pictograma: pessoa correndo para esquerda ou direita em verde e fundo fotoluminescente e escada com seta indicativa	Indicação do sentido de fuga no interior das escadas
----	---	---------------------	--	--

Obs.: Foi prevista sinalização de rota de fuga em todos os ambientes.

DA ILUMINAÇÃO DE EMERGÊNCIA:

Tipo de Lâmpada: Lâmpada halógena (quartz/iodo) Aereolux

Potência (Watt): 12V/55Wats

Tensão de Alimentação: 30 V

Frequência: 50/60hz

Tempo de recarga (após descarga Máxima): 24hs.

Autonomia: BLH 20/55 – 4hs.

Previsão em norma: 3 lux para locais aberto e 5 lux para escada e locais com obstáculo. A alimentação da luminária de emergência será sempre por disjuntor exclusivo, sem interrupção, durante 24hs.

O bloco dimensionado para o sistema foi o BLH 20/55, Aereolux, com sistema de comutação automática, sistema de proteção de bateria contra carga excessiva. Na falta de energia o sistema de comutação automático será ativado, mantendo os faróis acessos até o fim de sua autonomia que é de 4 horas.

DOS APARELHOS EXTINTORES:**Risco da edificação:** A, B e C**Altura de instalação do extintor (metros):** 1,60 m do piso a parte mais alta do extintor.**DISTRIBUIÇÃO DOS APARELHOS EXTINTORES**

DISTRIBUIÇÃO DOS APARELHOS EXTINTORES

LOCALIZAÇÃO	Pó ABC – 2A: 20B:C
1º PISO (térreo)	16
2º PISO (1º pavimento)	5
TOTAL	21

Os extintores quando acondicionados em suportes tipo "tripé" devem obedecer à sinalização padrão estabelecida em norma.

Os extintores em sua disposição devem obedecer ao tipo e ao risco a proteger devendo de acordo com as reformas realizadas na edificação prover a mudança do tipo de extintor conforme o risco.

Este risco está condicionado a alguns fatores:

- Da natureza do fogo a extinguir;
- Da substância utilizada para a extinção do fogo;
- da quantidade desta substância e sua unidade extintora;
- Da classe ocupacional do risco;

O emprego dos extintores obedecerá aos seguintes princípios:

- A possibilidade de o fogo bloquear seu acesso deverá ser a mínima possível;
- Boa visibilidade e fácil localização;
- Sua colocação não será permitida em escadas e antecâmara;
- Os locais onde os extintores serão colocados serão sinalizados por um quadrado no piso de 1 m², abaixo do extintor;
- Os locais destinados aos extintores serão sinalizados por um disco constituído por um círculo interno com 0,20 m de diâmetro, circunscrito por uma coroa, cujo círculo maior terá 0,30 m, de diâmetro, pintado na cor vermelha. Cores do círculo interno:

- Branca: Extintor de água;
- Amarela: Extintor de CO₂;
- Azul: Extintor de Pó químico;
- Verde: Compostos químicos especiais

DA SAÍDA DE EMERGÊNCIA

DA SAÍDA DE EMERGÊNCIA:

Quanto à ocupação: E-1

Quanto à altura: L

Quanto às características construtivas: Z

Área do maior pavimento (Térreo): 3.900,00 m².

Número de saídas: 01

Tipo de escada: NE

Altura do corrimão: 0,90M

TRF dos elementos estruturais: Resistente ao fogo à 2hs.

Número de escadas: 03

DIMENSIONAMENTO DAS SAÍDAS DE EMERGÊNCIA:

A largura das saídas, isto é, dos acessos, escadas, descargas, é dada pela seguinte fórmula:

$$N=P/C$$

Onde:

N = número de unidades de passagem, arredondado para número inteiro.

P = população, conforme coeficiente da Tabela 4 do anexo e critérios das seções 4.3 e 4.4.1.1. NT 5

C = capacidade da unidade de passagem conforme Tabela 4 do anexo.

População – 1 pessoa por 3m² de área

Capacidade por unidade de passagem – escada/rampa=75

Cada unidade de passagem vale: 0,55m

Logo:

Escadas - $N=560,00m^2/3m^2 = 187 \text{ pessoas}/75 = 3,0 \times 0,55$ (unid. de passagem)=1,65 m.

Portas – $N=560,00m^2/3m^2 = 187 \text{ pessoas}/100 = 2,0 \times 0,55 = 1,10m$

Serão adotadas três saídas de emergência de 1,40m.

DO SISTEMA DE PROTEÇÃO POR HIDRANTES:

Tipo de material: Em Ferro Galvanizado nas áreas aparentes na cor vermelha, DIN 2440 ou o previsto na NBR 5580 em rosca BSP, padrão europeu de marca Apollo, Zamprogná ou similar.

Diâmetro da tubulação: Tubo com diâmetro de 2.1/2"

Localização do hidrante de recalque: Passeio de acesso da Rua principal, devendo ser identificado pelo lado interno e externo na cor vermelha e as letras "HID" no seu interior na cor branca.

Localização do hidrante urbano: Não se aplica

Número total de caixas: 08 (oito)

Volumes da RTI (litros): 4.500L + 8x 600 = 9.300L

Volume total da caixa: 32.500 litros

Dimensões da caixa: Diâmetro 3,0m x h=4,60m (Circular)

Altura do nível da RTI (metros): 1,40 m

DISTRIBUIÇÃO DAS CAIXAS DE INCÊNDIO

CAIXA DE INCÊNDIO/BLOCO			MANGUEIRA 1½"	
PAVIMENTOS	TIPO	QUANTIDADE	QUANT POR CX	COMPRIMENTO
TÉRREO	2	6	2	15 m
1º PAV.	2	2	2	15 m
TOTAL		8	16	

TIPO(1) - 70 X 45 X 17 cm

TIPO(2) - 90 X 60 X 25 cm

CÁLCULO DA BOMBA PARA HIDRANTES

PRESSÃO MÍNIMA EXIGIDA: 0,5kgf/cm²

PRESSÃO MÁXIMA NA CANALIZAÇÃO: 2 kgf/cm²

O sistema terá circuito elétrico independente e dotado de válvula de fluxo ou pressostato para acionamento automático da bomba, com seu disjuntor visivelmente identificado no quadro geral de distribuição.

Cálculo da perda de carga na tubulação para pressurização do 1º hidrante menos favorável:

Dados:

L_{Real}: 4,50+8,0+85,0+5,5 = 103,00 m

Lt: distancia do hidrante mais desfavorável (2º pavto).

J_u (n/m): 0,07 m /m (ábaco de Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao)

Fórmula de Fair-Whipple-Hsiao ($Q = 27,113 \times J^{0,632} \times D^{2,596}$)

Para: Q: 150 l/min

Perdas Localizadas:

Lequiv.:

Na Sucção - Ø (2.1/2")

Altura estática na sucção = 8,0 m (Bomba afogada).

L devido as conexões = Entrada normal...1 x 1,91 = 1,91

Cotovelo curto de 90°...3 x 2,35 = 7,05

Registro de gav. Aberto. 1 x 0,40 = 0,40

Tê de saída lateral 2 x 3,43 = 6,86

Total **16,22m**

No pressurizador \hat{O} (2. 1/2")

- Lt: distancia do 1º hidrante mais desfavorável.

L devido as conexões = Válvula de ret....2x 5,20 = 10,40

Cotovelo curto de 90°. 5 x 2,35 = 11,75

Registro de gav. Aberto. 1x 0,40 = 0,40

Tê saída lateral..... 2x3,43 = 10,29

Total **32,84 m**

(Jt) Perda de carga na tubulação = $0,07 \times (103,00 + 16,22 + 32,84) = 10,64 \text{ m}$

Obs1.

1 - Pressão mínima admitida para o ponto mais desfavorável:
P.Rec.=5mca=0,5 kgf/cm²

2 - Mangueira de 1. 1/2" de 15 m.

- Perda de carga na mangueira (30m) = 7,25m

Assim a altura manométrica da bomba será:

- H man = 0,00(Hr) + 11,0(Jt) – 8,00(Hs) + 5,0(P.Rec) + 7,25 = **15,25 m**

- Q = 150,00 l/min = 2,5 l/s = 9 m³/h x 2 = 18 m³/h

A potência do motor será calculada, para um rendimento de 50%:

P = $\frac{1000 \times 16 \times 18}{75} = 2,13 \text{ cv}$

75 x 0,5 x 3600

Obs2.

SERÁ ADOTADA BOMBA DE 3,0 CV

Recomendamos instalar uma bomba com as seguintes características:

Bomba principal

Altura manométrica:	16,00 m
Vazão:	18 m ³ /h
Potência adotada:	3 cv
Modelo:	(A ESCOLHER)
Sucção	2.1/2"
Recalque	2.1/2"
RPM	3500

O painel de comando da bomba permitirá a operação de circuitos para sinalizar automaticamente de forma sonora o painel de alarme remoto com fonte de alimentação independente e que não exceda a 120 V.

O sistema terá circuito elétrico independente e dotado de válvula de fluxo ou pressostato para acionamento automático da bomba, com seu disjuntor visivelmente identificado no quadro geral de distribuição. No quadro este disjuntor deve estar sinalizado com a inscrição: "ALIMENTAÇÃO DA BOMBA DE INCÊNDIO-NÃO DESLIGUE".

DO SISTEMA DE PROTEÇÃO CONTRA DESCARGAS ATMOSFÉRICAS

O sistema utiliza a cobertura metálica com espessura de 0,5mm como captor natural e terminais aéreos em todos os blocos (exceto a guarita que será com gaiola de Faraday e terminais aéreos) e um sistema de para-raio tipo Franklin para proteção da caixa d'água elevada. As descidas serão por meio dos vergalhões de aço CA50-B das armaduras dos pilares de concreto, que serão interligados à estrutura metálica da cobertura e às hastes de aterramento através de cabos de cobre nú de 35mm. Todo o sistema será interligado através de cabo de cobre nú de 50mm entorno da edificação.

NÍVEL DE PROTEÇÃO: II

CLASSIFICAÇÃO DA ESTRUTURA: Estrutura Comum

TIPO DE ESTRUTURA: Educação e cultura

ESPAÇAMENTO MÉDIO: 15m

DIMENSIONAMENTO DO SPDA:

TIPO DE CAPTAÇÃO: CAPTOR TIPO FRANKLIN E CAPTOR NATURAL (COBERTA METÁLICA/ESTRUTURAL).

RAIO DE PROTEÇÃO (Franklin): 5,0mts

ALTURA DO CAPTOR (Franklin): 3,0m

PERÍMETRO DA COBERTA METÁLICA: 600,00 m

NÚMERO DE DESCIDAS DA COBERTA

Perímetro/espçamento= $600/15=40$ descidas, foram adotada **57descidas** para cobertura metálica e **02 descidas** para a caixa d'água.

MATERIAL UTILIZADO: COBRE 35mm² / Aço CA 50 Ø 3/8".

ALTURA DA PROTEÇÃO MECÂNICA DE PVC RÍGIDO: 2,5 mts

TIPO DE ATERRAMENTO: HASTES VERTICAIS

MATERIAL UTILIZADO: COBRE NÚ 50mm²

RESISTÊNCIA DO ATERRAMENTO: 10Ω

1. TIPO DE SPDA E LOCALIZAÇÃO DO CAPTOR:

Foi realizado o aterramento de toda Coberta metálica.

2. CONDUTORES DE DESCIDA:

Pela altura: $N_d = h/20 = 12/20 = 0,6$

Pela área da cobertura: $N_d = (A + 100)/300 = (3.900 + 100)/300 = 13,33$

Pelo perímetro da cobertura: $N_d = (p + 10)/60 = (600 + 10)/60 = 10,17$

3. ELETRODOS DE ATERRAMENTO:

Foram adotadas **02 descidas** em cabo de cobre nú de 35 mm² que se interligam a um condutor com a seção nominal de 50mm² para proteção da caixa d'água e **57 descidas** em barras de aço galvanizado a quente Ø 10mm que se interligam a um condutor com a seção nominal de 50mm² no aterramento da cobertura de todos os blocos inclusive da quadra de esportes. Todo sistema será ligado à caixa de equalização localizada da sala técnica ao lado da guarita.

Os eletrodos de aterramento são do tipo cooperweld 5/8" x 2,40 m.

DA CENTRAL DE GÁS:

Tipo: GLP

Capacidade: 3 botijões P-190

Abastecimento: Mensal

Tubulação: cobre Ø 28 mm / Ø 15 mm (classe "I"). Tubulação de gás sem costura.

TRF dos elementos estruturais: 2 horas

Distância a outra instalação: mínima de 2,00m para elétrica e hidrossanitária e 2,50m para os cabos do aterramento.

A área da Central de GLP será de 4,40 m² e uma altura de 2,00m e duas portas de 0,90m cada, em grade metálica com espaçamento de 10cm para ventilação.

Funcionamento da Central: Adotamos regulador de 1º estágio no manifolde que fica na central e adotamos o regulador de 2º estágio próximo de cada ponto de gás em abrigo fechado.

JOÃO DE DEUS EVANGELISTA FILHO

ENGº CIVIL - CREA/CE 14.438/D

ETIQUETA – ART