



Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola Politécnica & Escola de Química
Programa de Engenharia Ambiental

ROSANE MARA DETOMMAZO MUNIZ

**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**

**RIO DE JANEIRO
2013**



ROSANE MARA DETOMMAZO MUNIZ

**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 apresentada ao Programa de
Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de
Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro,
como parte dos requisitos necessários à obtenção do título
de Mestre em Engenharia Ambiental.

PROFESSOR ISAAC JOSÉ ANTONIO LUQUETTI DOS SANTOS, D. Sc.

**RIO DE JANEIRO
2013**

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 de Ensino
Superior/Rosane Mara Detommazo Muniz - 2013
240 f: il. 30cm

Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental)
Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola Politécnica e
Escola de Química, Programa de Engenharia Ambiental, Rio de
Janeiro, 2013.

Isaac José Antônio Luquetti dos Santos

1. Plano de Retirada de Emergência 2. Incêndio. 3. Segurança. 4 Simulador.

I. SANTOS, Isaac J. Antônio dos. II. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
Escola Politécnica e Escola de Química. III. Título.



UFRJ

**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**

ROSANE MARA DETOMMAZO MUNIZ

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Aprovada pela Banca:

Prof. Isaac José Antonio Luqueti dos Santos, D.Sc., PEA/UFRJ(Orientador)

Prof. Assed Naled Haddad, D.Sc., PEA/UFRJ

Prof. Guilherme Dutra Gonzaga Jaime, D.Sc., IEN/CNEN

Prof. Cláudio Henrique Santos Grecco, D.Sc., IEN/CNEN

**RIO DE JANEIRO
2013**

**RIO DE JANEIRO
2013**



DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

*À melhor parte de mim, minha filha **Gabriella**, que tanto me orgulha, como incentivo ao seu futuro pessoal e profissional.*

*Ao meu marido, **Aloysio Júnior**, pelo companheirismo, amizade, incentivo e principalmente pelo amor que me fortalece.*

*Aos meus pais, **Aldezir e Almerinda**, por terem me dado bens preciosos, como vida e instrução.*

A todos, o meu enorme carinho.



AGRADECIMENTOS

Ao professor e orientador D. Sc. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, pela amizade que ficou entre nós e principalmente pelo incentivo, dedicação, apoio, paciência, confiança e por ter possibilitado agregar novos conhecimentos a minha vida acadêmica.

A ex coordenadora do Programa de Engenharia Ambiental D.Sc Cláudia Morgado, e a atual coordenadora, D. Sc. Magali Christe Cammarota, aos professores, funcionários e colegas deste mestrado pelos poucos momentos juntos, mas que certamente ficarão em minhas lembranças.

Ao Diretor de Planejamento e Administração da COPPE, professor Dsc. Guilherme Horta Travassos, pela oportunidade e incentivo em realizar este trabalho.

Aos meus queridos colegas de trabalho, Gastão, Henrique, Therezinha e Deodélio por entenderem minha ausência e me apoiarem nesta empreitada.

Ao Carlos, em especial, parceiro profissional e amigo, pela total confiança e competência na condução da chefia interina. Sem ele, não seria possível.

Agradeço veemente, à professora Beatriz Cohen, Coordenadora do Centro de Pesquisas estudado, por mais uma vez ter me dado a possibilidade de realizar um trabalho em seu laboratório, disponibilizando todas as informações necessárias.

A todos os funcionários do Centro de Pesquisas, em especial à Marcileny, gerent laboratórios, grande amiga e incentivadora, possibilitando a conclusão de mais uma jo em minha vida acadêmica.

À Deus, por sua Luz em mais um passo em minha caminhada.

RESUMO

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 de Ensino Superior.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental – Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

Esta dissertação tem como objetivo principal, na estruturação do plano de retirada de emergência, enfatizar o apoio de ferramentas computacionais de simulação do processo de retirada de emergência para obtenção de dados relacionados com a identificação das saídas de emergência, otimização do layout do ambiente de trabalho, definição das possíveis rotas de fugas, planejamento da retirada, identificação dos pontos críticos das possíveis rotas de fugas, seleção do local de concentração e estimativa do tempo necessário para a retirada de emergência.

Para alcançar as metas propostas utilizou-se uma estrutura metodológica constituída das seguintes etapas: Identificação das características do espaço físico estudado; Verificação da existência de dispositivos e sistemas de prevenção e combate a incêndios; Identificação das características das construções em relação à resistência ao fogo; Descrição do software que será utilizado como ferramenta de simulação; Definição de cenários a serem simulados; Modelagem do local de trabalho utilizando a ferramenta computacional escolhida e definição dos itens necessários para implantação de um plano de retirada nos laboratórios do Centro de Pesquisas.

O uso do software Pathfinder possibilitou a obtenção dos tempos de retirada, a escolha da melhor rota de fuga, as escolhas dos líderes de fila e cerras fila, escolha do ponto de encontro, informações fundamentais na definição do plano de retirada de emergência. Os resultados obtidos nos levam a concluir que o uso de uma ferramenta computacional poderá fornecer informações essenciais para elaboração de um projeto que leve em conta a segurança das pessoas, que irão utilizar a edificação e, portanto, objetivo principal do presente estudo.

Palavras chaves: Plano de Retirada de Emergência, incêndio, segurança, simulador.

ABSTRACT

MUNIZ, Rosane Mara Detommazo. **The Use of Simulators as an Aid Tool in the Requirements Definition of Emergency Evacuation Plans: A Case Study in a Research Centre of a Public Institution of Higher Education.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental – Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

This thesis has as main objective emphasize the support of computational tools for simulating the emergency evacuation process for obtaining data related to identification of emergency exits, optimization of the layout of the workplace, definition of the possible escape paths, identification of critical points of the possible escapes routes, local selection of concentration and estimation of the time needed for the emergency escape.

To achieve the proposed objective, the methodological structure consists of the following steps: identification of the characteristics of the studied physical space; verification of the existence of devices and prevention systems and fire-fighting; identification of the characteristics of the buildings in relation to fire resistance; description of the software that will be used as a simulation tool; definition of scenarios to be simulated; local modeling using the computational tool chosen and definition of requirement needed for the implementation of emergency plan in the laboratories of the Research Center.

The use of Pathfinder software made possible obtain evacuation times, choosing the best escape route, the choices of the queue and queue end leaders, choice of meeting place, fundamental information in the definition of the evacuation plan. The results obtained lead us to conclude that the use of a computational tool can provide essential information for the development of a project that takes into account the safety of the people who will use the building.

Key words: emergency evacuation plan, fire, safety, simulator

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS.....	15
LISTA DE FIGURAS.....	17
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	26
1 - INTRODUÇÃO.....	28
1.1 - ASPECTOS GERAIS.....	28
1.2 - IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA.....	29
1.3 –OBJETIVOS.....	30
1.3.1-OBJETIVOS GERAIS.....	31
1.3.2-OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
1.4 – JUSTIFICATIVA.....	31
1.5 - ESTRUTURA DO TRABALHO.....	32
2 – REFERENCIAL TEÓRICO.....	34
2.1 – INTRODUÇÃO.....	34
2.2 – RETIRADA DE EMERGÊNCIA.....	35
2.3 – PLANO DE RETIRADA DE EMERGÊNCIA.....	38
2.4 – SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE RETIRADA DE EMERGÊNCIA E CENÁRIOS DE INCÊNDIO.....	39
2.5 – LEGISLAÇÕES PRESCRITIVAS.....	41
3 – MÉTODOS E TÉCNICAS.....	43
3.1-IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPAÇO FÍSICO ESTUDADO....	44
3.1.1 – LABORATÓRIO DE AMOSTRAS.....	49
3.1.2 – LABORATÓRIO DE CROMATOGRAFIA/POTENCIOMETRIA.....	50
3.1.3 - LABORATÓRIO FÍSICO-QUÍMICO.....	52

3.1.4 - LABORATÓRIO DE BIOCOMBUSTÍVEIS.....	53
3.1.5 - LABORATÓRIO QUÍMICO.....	54
3.1.6- LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE PETRÓLEO.....	55
3.2 – VERIFICAÇÃO DA EXISTÊNCIA DE DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS CONFORME AS NORMAS VIGENTES.....	56
3.2.1 – EQUIPAMENTOS DE PRIMEIRA INTERVENÇÃO.....	56
3.2.1.1 – Hidrantes.....	57
3.2.1.2 – Reserva Técnica de Incêndio.....	58
3.2.1.3 – Extintores Portáteis.....	59
3.2.1.4 – Saídas de Emergência e Portas.....	63
3.2.1.5 – Alarme.....	66
3.2.1.6 – Brigada de Incêndio.....	67
3.2.1.7 – Sinalização de Emergência.....	69
3.2.1.8 – Produtos Perigosos ou Nocivos à Saúde.....	80
3.2.2 – IDENTIFICAÇÃO DAS NÃO CONFORMIDADES EXISTENTES.....	81
3.2.3 – SOCORROS EXTERNOS.....	81
3.2.3.1 – Brigada de Incêndio/ Central de Emergência do Centro de Tecnologia da Instituição.....	81
3.2.3.2 -Materiais e Equipamentos da Brigada.....	82
3.2.3.3.- Bombeiros Militares do GOTA (Grupamento Operacional para Tecnologias Avançadas) na Ilha do Fundão.....	83
3.3 – IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS CONSTRUÇÕES EM RELAÇÃO À RESISTÊNCIA AO FOGO E CARACTERÍSTICAS DE ACESSIBILIDADE.....	85
3.4 - DESCRIÇÃO DO SOFTWARE UTILIZADO.....	88
3.4.1 - ASPECTOS GERAIS.....	88
3.4.2 – A FERRAMENTA COMPUTACIONAL PATHFINDER.....	88

3.4.3 – REPRESENTAÇÃO DO MODELO.....	90
3.4.4 – MODOS DE SIMULAÇÃO.....	91
3.4.5 – LIMITAÇÕES DO SOFTWARE.....	91
4 – IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADOS AO TRABALHO REALIZADO NO LOCAL ESCOLHIDO.....	92
4.1 – INTRODUÇÃO.....	92
4.2 – ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR.....	92
5 – SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DOS CENÁRIOS DE INCÊNDIO E RESULTADOS.....	109
5.1 – ASPECTOS GERAIS DA SIMULAÇÃO COM PATHFINDER.....	109
5.1.1 - EXECUTANDO UM MODELO PATHFINDER.....	111
5.1.2 - EXIBINDO RESULTADOS.....	111
5.2 – SIMULAÇÕES UTILIZANDO O PATHFINDER NOS LABORATÓRIOS DO CENTRO DE PESQUISAS ESCOLHIDO.....	114
5.2.1 – PRIMEIRA SIMULAÇÃO.....	124
5.2.1.1 – Resultado obtido na primeira simulação.....	125
5.2.2 – SEGUNDA SIMULAÇÃO.....	128
5.2.2.1 – Resultados obtidos na segunda simulação.....	129
5.2.3 – TERCEIRA SIMULAÇÃO.....	132
5.2.3.1 – Resultados obtidos na terceira simulação.....	133
5.2.4 – QUARTA SIMULAÇÃO.....	135
5.2.4.1 – Resultados obtidos na quarta simulação.....	136
5.2.5 – QUINTA SIMULAÇÃO.....	138
5.2.5.1 – Resultados obtidos na quinta simulação.....	139
5.2.6 – SEXTA SIMULAÇÃO.....	141
5.2.6.1 – Resultados obtidos na sexta simulação.....	142
5.2.7 – SÉTIMA SIMULAÇÃO.....	144

5.2.7.1 – Resultados obtidos na sétima simulação.....	145
5.2.8 – OITAVA SIMULAÇÃO.....	148
5.2.8.1 – Resultados obtidos na oitava simulação.....	149
5.2.9 – NONA SIMULAÇÃO.....	152
5.2.9.1 – Resultados obtidos na nona simulação.....	153
5.2.10 – DÉCIMA SIMULAÇÃO.....	156
5.2.10.1 – Resultados obtidos na décima simulação.....	157
5.2.11 – DÉCIMA PRIMEIRA SIMULAÇÃO.....	159
5.2.11.1 – Resultados obtidos na décima primeira simulação.....	160
5.2.12 – DÉCIMA SEGUNDA SIMULAÇÃO.....	162
5.2.12.1 – Resultados obtidos na décima segunda simulação.....	163
5.2.13 – DÉCIMA TERCEIRA SIMULAÇÃO.....	166
5.2.13.1 – Resultados obtidos na décima terceira simulação.....	166
5.2.14 – DÉCIMA QUARTA SIMULAÇÃO.....	167
5.2.14.1 – Resultados obtidos na décima quarta simulação.....	167
5.2.15 – DÉCIMA QUINTA SIMULAÇÃO.....	167
5.2.15.1 – Resultados obtidos na décima quinta simulação.....	168
5.2.16 – DÉCIMA SEXTA SIMULAÇÃO.....	171
5.2.16.1 – Resultados obtidos na décima sexta simulação.....	172
5.2.17 – DÉCIMA SÉTIMA SIMULAÇÃO.....	174
5.2.17.1 – Resultados obtidos na décima sétima simulação.....	175
5.2.18 – DÉCIMA OITAVA SIMULAÇÃO.....	177
5.2.18.1 – Resultados obtidos na décima oitava simulação.....	179
5.2.19 – DÉCIMA NONA SIMULAÇÃO.....	181
5.2.19.1 – Resultados obtidos na décima nona simulação.....	182
5.2.20 – VIGÉSIMA SIMULAÇÃO.....	184

5.2.20.1 – Resultados obtidos na vigésima simulação.....	185
5.2.21 – VIGÉSIMA PRIMEIRA SIMULAÇÃO.....	188
5.2.21.1 – Resultados obtidos na vigésima primeira simulação.....	189
5.2.22 – VIGÉSIMA SEGUNDA SIMULAÇÃO.....	191
5.2.22.1 – Resultados obtidos na vigésima segunda simulação.....	192
5.2.23 – VIGÉSIMA TERCEIRA SIMULAÇÃO.....	194
5.2.23.1 – Resultados obtidos na vigésima terceira simulação.....	195
5.2.24 – VIGÉSIMA QUARTA SIMULAÇÃO.....	198
5.2.24.1.1 – Resultados obtidos na vigésima quarta simulação.....	199
5.3 – RESULTADO GERAL.....	201
5.3.1 – CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TEMPOS DE RETIRADA OBTIDOS EM INÍCIO DE INCÊNDIO EM QUALQUER LABORATÓRIO DO CENTRO DE PESQUISAS.....	203
5.3.2 – CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TEMPOS DE RETIRADA OBTIDOS EM INÍCIO DE INCÊNDIO NO LAP.....	205
5.3.3 – CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TEMPOS DE RETIRADA OBTIDOS EM INÍCIO DE INCÊNDIO NO LFQ.....	206
6 – ELABORAÇÃO DO PLANO DE RETIRADA DO CENTRO DE PESQUISAS.....	207
6.1 – ASPECTOS GERAIS.....	207
6.2 - PLANO DE RETIRADA DO CENTRO DE PESQUISAS.....	208
6.2.1 – IDENTIFICAÇÃO DAS SAÍDAS.....	209
6.2.2 - ROTAS DE FUGA.....	211
6.2.2.1 – Rotas de fuga para o caso de incêndio em qualquer parte do Centro de Pesquisas.....	211
6.2.2.2 - Rotas de fuga para o caso de incêndio no Laboratório de Avaliação de Petróleo (LAP).....	213
6.2.2.3 - Rotas de fuga para o caso de incêndio no Laboratório Físico-Químico (LFQ).....	216

6.2.3 - PLANEJAMENTO DA RETIRADA.....	218
6.2.3.1 – Características gerais.....	218
6.2.3.2 – Reconhecimento, combate e alarme.....	220
6.2.3.3 – Alarme e alerta.....	220
6.2.3.4 – Coordenador, chefe de fila, cerra fila, sinaleiro e brigadistas.....	221
6.2.3.5 –Primeira intervenção.....	227
6.2.3.6 – Corte geral e parcial de energia.....	227
6.2.3.7 – Retirada.....	227
6.2.3.8 – Informação e vigilância.....	228
6.2.4 – IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS.....	228
6.2.5 – SELEÇÃO DOS LOCAIS DE CONCENTRAÇÃO.....	229
6.3 – EXERCÍCIOS DE RETIRADA.....	232
7 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	234
REFERÊNCIAS.....	237

LISTA DE TABELAS

TABELA 3.1 – Quadro de Funcionários com Caracterização de Sexo, Idade, Função e Grau de Escolaridade.....	46
TABELA 3.2 – Avaliação da Demanda de Extintores do Centro de Pesquisas.....	60
TABELA 3.3 – Quantidade de unidades extintoras distribuídas no Centro de Pesquisas.....	61
TABELA 3.4 – Dimensionamento da Brigada.....	68
TABELA 4.1 – Planilha APR.....	93
TABELA 4.2 - Categorias de Frequências dos Cenários.....	94
TABELA 4.3 – Categorias de Severidade dos Cenários.....	95
TABELA 4.4 - Laboratório Químico 1 (Ensaio de Enxofre e Carbono por combustão a 1450° C).....	100
TABELA 4.5 - Laboratório de Análise Química (Ensaio de Cinzas Sulfatadas).....	101
TABELA 4.6 - Laboratório de Avaliação do Petróleo (Ensaio de Destilação Atmosférica).....	102
TABELA 4.7 - Laboratório Físico-Químico (Determinação do Ponto de Anilina).....	103
TABELA 4.8 - Laboratório de Biocombustíveis (Teste de Goma e Determinação de teor de resíduo por evaporação de álcool etílico combustível).....	104
TABELA 4.9 - Laboratório de Cromatografia e Potenciometria (Nitrogênio Básico).....	106
TABELA 4.10 - Laboratório de Trâmite de Amostras (Acondicionamento em Câmara fria).....	107
TABELA 4.11 – Mapa de Risco Geral do Centro de Pesquisas.....	108
TABELA 5.1 - Exemplo de um arquivo de uma simulação.....	110
TABELA 5.2 – Simulações realizadas no Centro de Pesquisas estudado, utilizando o software Pathfinder.....	116
TABELA 5.3 – Resumo da simulação 1.....	126
TABELA 5.4 – Resumo da simulação 2.....	130

TABELA 5.5 – Resumo da simulação 3.....	133
TABELA 5.6 – Resumo da simulação 4.....	136
TABELA 5.7 – Resumo da simulação 5.....	139
TABELA 5.8 – Resumo da simulação 6.....	142
TABELA 5.9 – Resumo da simulação 7.....	146
TABELA 5.10 – Resumo da simulação 8.....	150
TABELA 5.11 - Resumo da simulação 9.....	154
TABELA 5.12 - Resumo da simulação 10.....	157
TABELA 5.13 – Resumo da simulação 11.....	160
TABELA 5.14 – Resumo da simulação 12.....	164
TABELA 5.15 – Resumo da simulação 15.....	169
TABELA 5. 16 - Resumo da simulação 16.....	172
TABELA 5.17 – Resumo da Simulação 17.....	175
TABELA 5.18 – Resumo da Simulação 18.....	179
TABELA 5.19 – Resumo da Simulação 19.....	182
TABELA 5.20 – Resumo da simulação 20.....	186
TABELA 5.21 – Resumo da simulação 21.....	189
TABELA 5.22 – Resumo da simulação 22.....	192
TABELA 5.23 – Resumo da simulação 23.....	196
TABELA 5.24 – Resumo da simulação 24.....	199
TABELA 5.25 - Tempo total de retirada por simulação, para incêndio em qualquer laboratório do Centro de Pesquisas.....	201
TABELA 5.26 - Tempo total de retirada por simulação, para início de incêndio no LAP.....	202
TABELA 5.27 - Tempo total de retirada por simulação, para início de incêndio no LFQ.....	202

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 2. 1 – Tempo total de retirada e seus componentes.....	37
FIGURA 3.1 – Quantificação de Empregados.....	45
FIGURA 3.2 – Número de Funcionários por Função.....	45
FIGURA 3.3 – Organograma do Centro de Pesquisas e Caracterização de Petróleo e Combustíveis.....	47
FIGURA 3.4 – Instalações internas do Centro de Pesquisas e Caracterização de Petróleo e Combustíveis -planta baixa.....	48
FIGURA 3.5 – Trâmite de Amostras.....	49
FIGURA 3.6 – Laboratório de Cromatografia /Potenciometria.....	51
FIGURA 3.7 – Laboratório Físico-Químico.....	52
FIGURA 3.8 – Laboratório de Biocombustíveis.....	53
FIGURA 3.9 – Laboratório Químico.....	54
FIGURA 3.10 – Laboratório de Avaliação de Petróleo.....	55
FIGURA 3.11 – Caixa de abrigo de mangueiras.....	57
FIGURA 3.12 – Reserva Técnica de Incêndio (RTI).....	58
FIGURA 3.13 – Bomba de Incêndio.....	59
FIGURA 3.14 – Extintores sinalizados e demarcados no Centro de Pesquisas.....	63
FIGURA 3.15 – Saída de Emergência.....	64
FIGURA 3.16 – Sinalização de rota de fuga.....	65
FIGURA 3.17 - Sinalização de rota de fuga.....	65
FIGURA 3.18 – Botoeiras de Alarme.....	66
FIGURA 3.19 – Botoeira/alarme para sistema de exaustão dos laboratórios.....	67
FIGURA 3.20- Telefones de Emergência em Locais Visíveis.....	69
FIGURA 3.21 – Extintores.....	70
FIGURA 3.22 – Mangueiras de Incêndio.....	71

FIGURA 3.23 – Saída de Emergência com cor errada.....	71
FIGURA 3.24 – Indicação de Superfície Fria.....	72
FIGURA 3.25 - Indicação de Superfície Quente.....	73
FIGURA 3.26 - Produto Oxidante “Cuidado”.....	73
FIGURA 3.27 – Canalização de água em verde.....	75
FIGURA 3.28 – Chuveiro de segurança.....	75
FIGURA 3.29 – Fontes lavadoras de olhos.....	76
FIGURA 3.30 - Emblemas de segurança.....	76
FIGURA 3.31 - Face interna de caixa protetora de dispositivos elétricos.....	77
FIGURA 3.32 – Eletrodutos em alumínio e não em cinza escuro.....	78
FIGURA 3.33 – Tubulação em alumínio para gases liquefeitos.....	79
FIGURA 3.34 – Produtos perigosos.....	80
FIGURA 3.35 – Etiqueta de identificação de produto perigoso.....	80
FIGURA 3.36 – Roupas Especiais de Combate à Incêndio da Brigada do CT da Instituição.....	82
FIGURA 3.37 – Roupa Especial para Derramamento Químico da Brigada de Incêndio do CT/Instituição.....	83
FIGURA 3.38 – Local onde foi instalado novo Quartel do Corpo de Bombeiros.....	84
FIGURA 3.39 - Grupamento Operacional para Tecnologias Avançadas – GOTA.....	84
FIGURA 3.40 – Fachada do Centro de Pesquisas.....	85
FIGURA 3.41 – Entrada principal do Centro de Pesquisas.....	86
FIGURA 3.42 – Piso sem irregularidades.....	87
FIGURA 3.43 – Guarda Corpo.....	87
FIGURA 3.44 – Exemplo de interface com o usuário.....	89
FIGURA 3.45 – Um exemplo de resultado em 3D.....	89
FIGURA 3.46 – Exemplo de gráfico de saída dos ocupantes por sala.....	90
FIGURA 4.1 - Matriz de Classificação de Risco.....	96

FIGURA 5.1 – Guia de comportamento da caixa de diálogo para parâmetros de simulação.....	109
FIGURA 5.2 – Caixa de diálogo para execução da simulação.....	111
FIGURA 5.3 - Gráfico contagem de ocupantes.....	112
FIGURA 5.4 - Visualização em 3D onde os ocupantes são exibidos como cilindros.....	113
FIGURA 5.5 - Resultado em 3D utilizando modelos humanos.....	114
FIGURA 5.6 – Planta do Centro de Pesquisas importada para o Pathfinder.....	114
FIGURA 5.7 – 18 Ocupantes distribuídos por toda a área do Centro de Pesquisas.....	125
FIGURA 5.8 – Tempo total de retirada da primeira simulação.....	127
FIGURA 5.9 – Fluxo de saída dos ocupantes por porta.....	127
FIGURA 5.10 - Centro de Pesquisas com 18 ocupantes e portas 01, 02 E 03 bloqueadas.....	128
FIGURA 5.11 - Segunda simulação do Centro de Pesquisas com 18 ocupantes e portas 01, 02 E 03 bloqueadas.....	129
FIGURA 5.12 – Tempo total de retirada da segunda simulação.....	131
FIGURA 5.13 – Vazão de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com apenas uma saída.....	131
FIGURA 5.14 – Centro de Pesquisas com uma das portas de emergência (porta 03) inexistente.....	132
FIGURA 5.15 – Centro de Pesquisas sem uma das portas de emergência (porta 03).....	132
FIGURA 5.16 - Tempo total de retirada da terceira simulação.....	134
FIGURA 5.17 – Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas sem a existência da porta 03.....	134
FIGURA 5.18 - Centro de Pesquisas sem porta de emergência 01.....	135
FIGURA 5.19 - Centro de Pesquisas sem uma das portas de emergência (porta 01).....	135
FIGURA 5.20 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sem a porta de emergência 01.....	137

FIGURA 5.21 - Fluxo de saída dos ocupantes do centro de Pesquisas sem a existência da porta de emergência 01.....	137
FIGURA 5.22 - Centro de Pesquisas sem porta de emergência 02.....	138
FIGURA 5.23 - Centro de Pesquisas sem uma das portas de emergência (porta 02).....	138
FIGURA 5.24 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sem a porta de emergência 02.....	140
FIGURA 5.25 - Fluxo de saída dos ocupantes do centro de Pesquisas sem a existência da porta de emergência 02.....	140
FIGURA 5.26 - Centro de Pesquisas não existindo porta de entrada e saída (porta 04).....	141
FIGURA 5.27 - Centro de Pesquisas sem a porta de entrada e saída (porta 04).....	141
FIGURA 5.28 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sem a porta de entrada e saída (porta 04).....	143
FIGURA 5.29 - Fluxo de saída dos ocupantes do centro de Pesquisas sem a existência da porta de entrada e saída (porta 04).....	143
FIGURA 5.30 – Ocupante de número 17 (saindo pela porta 02 ao invés de sair pela porta mais próxima (default).....	144
FIGURA 5.31 – Ocupante 17 do Laboratório Químico saindo pela porta 02 mais distante que a porta 01 (default).....	145
FIGURA 5.32 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que um deles (ocupante 17) saiu pela porta 02 mais longe que a porta 01.....	147
FIGURA 5.33 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com um dos ocupantes não saindo por porta mais próxima (default).....	147
FIGURA 5.34 - Ocupante de número 17 (saindo pela porta 04 ao invés de sair pela porta mais próxima (default).....	148
FIGURA 5.35 - Ocupante 17 do Laboratório Químico saindo pela porta 04 mais distante que a porta 01 (default).....	149
FIGURA 5.36 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que um deles (ocupante 17) saiu pela porta 04 mais longe que a porta 01.....	151

FIGURA 5.37 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com um dos ocupantes saindo pela porta 04 e não por porta mais próxima (default).....	151
FIGURA 5.38 – Centro de Pesquisas com seus 18 ocupantes mais 9 ocupantes visitantes usando os banheiros.....	152
FIGURA 5.39 – Centro de Pesquisas com seus 18 ocupantes mais 9 ocupantes visitantes usando os banheiros.....	153
FIGURA 5.40 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas mais 9 visitantes utilizando os sanitários.....	155
FIGURA 5.41 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas mais os 9 visitantes.....	155
FIGURA 5.42 – Centro de Pesquisas com um dos ocupantes saindo devagar (0,55 m/s) e os demais a 1,19 m/s.....	156
FIGURA 5.43 – Centro de Pesquisas com um dos ocupantes saindo devagar (0,55 m/s) e os demais ocupantes a 1,19 m/s.....	156
FIGURA 5.44 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas com um ocupante saindo a uma velocidade menor.....	158
FIGURA 5.45 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com um ocupante saindo a uma velocidade menor.....	158
FIGURA 5.46 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes e 10 segundos para perceberem o incêndio.....	159
FIGURA 5.47 – Décima primeira simulação com 18 ocupantes no Centro de Pesquisas com 10 segundos de atraso para iniciar a retirada.....	159
FIGURA 5.48 – Tempo total de retirada da décima primeira simulação.....	161
FIGURA 5.49 – Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas após 10 segundos...161	161
FIGURA 5.50 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, os quais alguns deles saem à uma velocidade maior que os demais.....	162
FIGURA 5.51 – Décima segunda simulação com 18 ocupantes, dos quais alguns saem à uma velocidade maior que os demais.....	163

FIGURA 5.52 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que alguns deles saem à uma velocidade maior.....	165
FIGURA 5.53 – Décima segunda simulação com 18 ocupantes sendo que alguns deles saem à uma velocidade maior.....	165
FIGURA 5.54 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, incêndio no LAP, portas 01 e 03 bloqueadas.....	167
FIGURA 5.55 – Simulação 15 com 18 ocupantes, incêndio no LAP, portas 01 e 03 bloqueadas.....	168
FIGURA 5.56 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, incêndio no LAP, portas 01 e 03 bloqueadas.....	170
FIGURA 5.57 – Simulação 15 com 18 ocupantes, portas 01 e 03 bloqueadas.....	170
FIGURA 5.58 – Centro de Pesquisas com um dos ocupantes saindo mais devagar.....	171
FIGURA 5.59 – Um dos ocupantes saindo a 0,95m/s.....	171
FIGURA 5.60 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que um ocupante sai mais devagar que os demais.....	173
FIGURA 5.61 – Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com um deles saindo mais devagar que os demais.....	173
FIGURA 5.62 – Centro de Pesquisas com os 4 ocupantes do LAP saindo correndo a uma velocidade de 5 m/s.....	174
FIGURA 5.63 – Os 4 ocupantes do LAP saindo a uma velocidade maior (5 m/s).....	174
FIGURA 5.64 – Tempo total de retirada dos ocupantes do Centro de pesquisas com 4 ocupantes do LAP saindo a uma velocidade maior (5 m/s).....	176
FIGURA 5.65 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com 4 integrantes do LAP saindo mais rápido que os demais.....	176
FIGURA 5.66 – Centro de Pesquisas com os 4 ocupantes do LAP saindo mais rápido e portas 01 e 03 bloqueadas.....	177
FIGURA 5.67 – Incêndio no LAP, portas 01 e 03 bloqueadas pelo fogo e os 4 ocupantes saem correndo.....	178

FIGURA 5.68 - Tempo total de retirada dos ocupantes do Centro de pesquisas com 4 ocupantes do LAP saindo a uma velocidade maior (5 m/s) e portas 01 e 03 bloqueadas pelo fogo.....	180
FIGURA 5.69 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com 4 integrantes do LAP saindo mais rápido que os demais e portas 01 e 03 bloqueadas.....	180
FIGURA 5.70 – Centro de Pesquisas com porta de entrada do LAP e porta 01 bloqueadas pelo fogo.....	181
FIGURA 5.71 – Incêndio no LAP com porta de entrada deste laboratório e porta de emergência 01 bloqueada pelo fogo.....	181
FIGURA 5.72 – Tempo total de retirada do Centro de Pesquisas com entrada do LAP e porta 01 bloqueadas.....	183
FIGURA 5.73 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com porta de entrada do LAP e porta de emergência 01 bloqueadas.....	183
FIGURA 5.74 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, entrada deste laboratório bloqueada.....	184
FIGURA 5.75 – Simulação 20 com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, entrada deste laboratório bloqueada.....	185
FIGURA 5.76 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, incêndio na entrada do LFQ.....	187
FIGURA 5.77 – Simulação 20 com 18 ocupantes, entrada do LFQ bloqueada.....	187
FIGURA 5.78 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, porta de entrada deste laboratório e uma passagem dos fundos bloqueadas pelo fogo.....	188
FIGURA 5.79 – Simulação 21 com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, porta de entrada deste laboratório e uma passagem dos fundos bloqueadas pelo fogo.....	188
FIGURA 5.80 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, com entrada e uma passagens bloqueadas pelo fogo no LFQ.....	190
FIGURA 5.81 – Simulação 21 com 18 ocupantes e entrada e uma passagem dos fundos do LFQ bloqueadas pelo fogo.....	190
FIGURA 5.82 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, duas passagens deste laboratório bloqueadas pelo fogo.....	191

FIGURA 5.83 - Simulação 22 com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, duas passagens deste laboratório bloqueadas pelo fogo.....	191
FIGURA 5.84 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, com duas passagens bloqueadas pelo fogo no LFQ.....	193
FIGURA 5.85 - Simulação 22 com 18 ocupantes e duas passagens dos fundos do LFQ bloqueadas pelo fogo.....	193
FIGURA 5.86 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, com 01 ocupante do LFQ com dificuldade para sair.....	194
FIGURA 5.87 – Simulação 23 com 18 ocupantes, incêndio com 01 ocupante do LFQ com dificuldade para sair.....	195
FIGURA 5.88 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que um dos ocupantes do LFQ, saiu a uma velocidade inferior aos demais.....	197
FIGURA 5.89 – Simulação 23 com 18 ocupantes, sendo que um deles saiu a uma velocidade inferior aos demais ocupantes.....	197
FIGURA 5.90 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, sendo que os 3 ocupantes do LFQ saem mais rápido que os demais.....	198
FIGURA 5.91 – Simulação 24 com 18 ocupantes, sendo que os 3 ocupantes do LFQ saem mais rápido que os demais.....	198
FIGURA 5.92 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que os 3 ocupantes do LFQ, saíram a uma velocidade maior que aos demais ocupantes.....	200
FIGURA 5.93 – Simulação 24 com 18 ocupantes, sendo que os 3 ocupantes do LFQ, saíram a uma velocidade maior que aos demais ocupantes.....	200
FIGURA 6.1 – Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando as saídas.....	210
FIGURA 6.2 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a principal rota de fuga para o caso de incêndio em qualquer laboratório.....	212
FIGURA 6.3 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a rota de fuga alternativa para o caso de incêndio em qualquer laboratório.....	213
FIGURA 6.4 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a principal rota de fuga para o caso de incêndio no LAP.....	214

FIGURA 6.5 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a rota de fuga alternativa para o caso de incêndio no LAP.....	215
FIGURA 6.6 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a principal rota de fuga para o caso de incêndio no LFQ.....	216
FIGURA 6.7 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a rota de fuga alternativa para o caso de incêndio no LFQ e porta LFQ bloqueada.....	217
FIGURA 6.8 – Chefes de fila e cerras fila para o caso de incêndio em qualquer parte do Centro de Pesquisas.....	225
FIGURA 6.9 - Chefe de fila e cerra fila para o caso de incêndio no LAP.....	226
FIGURA 6.10 - Chefe de fila e cerra fila para o caso de incêndio no LFQ.....	226
FIGURA 6.11 - Quadros de Distribuição de Luz e Força próximo à entrada dos laboratórios do Centro de Pesquisas.....	227
FIGURA 6.12 – Fachada do Centro de Pesquisas e ponto de encontro para os ocupantes que saírem pela porta principal (04) e porta de emergência (03).....	229
FIGURA 6.13 – Planta baixa do Centro de Pesquisas com ponto de encontro A.....	230
FIGURA 6.14 – Pátio/estacionamento do complexo onde se encontra o Centro de Pesquisas.....	231
FIGURA 6.15 - Planta baixa do Centro de Pesquisas com ponto de encontro B.....	231

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APR – Análise Preliminar de Riscos

ASQ – Assessoria de Sistemas da Qualidade

BPC – Bombeiro Profissional Civil

CBMERJ – Corpo de Bombeiro Militar do Estado do Rio de Janeiro

CEDAE – Companhia Estadual de Águas e Esgotos

COSCIP – Código de Segurança contra Incêndio e Pânico

GOTA – Grupamento Operacional para Tecnologias Avançadas

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial

IT – Instrução Técnica

LAP – Laboratório de Avaliação de Petróleo

LB – Laboratório Biocombustíveis

LCP – Laboratório de Cromatografia e Potenciometria

LFQ – Laboratório Físico-Químico

LQ – Laboratório Químico

LTA – Laboratório de Trâmite de Amostras

NBR – Normas Brasileiras Regulamentadas

NFPA – *National Fire Protection Association*

NR – Norma Regulamentadora

OSHAS - *Occupational Health and Safety Assessment Services*

PA – Para Análise

QDLF – Quadro de Distribuição de Luz e Força

RTI – Reserva Técnica de Incêndio

SFPE – *Society of Fire Protection Engineers*

“Nós somos aquilo que fazemos repetidamente. Excelência, então, não é um modo de agir, mas um hábito.”

(Aristóteles)

1 INTRODUÇÃO

1.1 ASPECTOS GERAIS

As universidades, públicas e privadas, são prédios que reúnem milhares de pessoas todos os dias. Esses locais, além dos riscos que qualquer edificação com tal perfil apresenta, têm agravantes de possuir laboratórios repletos não só de computadores, mas também produtos químicos e inflamáveis. Soma-se a isso, a faixa etária do público-alvo, formado em sua maioria por jovens entre 17 e 24 anos, que normalmente são mais descuidados quanto às questões de segurança, propiciando assim, um ambiente em ebulição e que exigirá medidas eficientes de prevenção e combate a incêndios e emergências.

De acordo com a Revista Incêndio (nº 68, out 2010), durante a pesquisa para a matéria “Controle de Emergências em Universidades”, a impressão que ficou é que a maioria das universidades, independente de públicas ou privadas, segue apenas o que é exigido pelo Corpo de Bombeiros, e algumas normalizações, quando aplicáveis. Aliado a isto, há ainda pouca preocupação por parte dos gestores, em disponibilizar recursos voltados especificamente à segurança.

A edificação segura contra incêndio pode ser definida como aquela em que há uma baixa probabilidade de início de incêndio e para o qual, em caso de incêndio, há uma alta probabilidade de que todos os seus ocupantes irão sobreviver (BERTO, 1991).

Para que uma edificação seja considerada segura, deve-se partir do princípio que será dada importância às medidas ou ações de segurança que estão ligadas ao desenvolvimento do incêndio como também o comportamento da edificação diante deste desenvolvimento.

O atendimento aos requisitos de segurança das medidas ou ações serve de base para o estudo sobre o sucesso ou não de uma retirada, que tem como destaque a questão do tempo.

Segundo a NFPA 101 (2003) a capacidade em evacuar edificações é definida como a habilidade dos ocupantes, residentes e funcionários isolados ou em grupo, evacuarem um edifício ou mesmo se deslocarem de um local da edificação comprometida pelo fogo para outro local seguro. O objetivo da segurança de vida é atingido quando os ocupantes de um local atingido pelo fogo chegam a um local seguro.

Mas para isto se faz necessário estabelecer condições que propiciem este objetivo, como: os ocupantes serem capazes de escapar sob condições razoáveis de segurança sem se exporem às consequências dos produtos do incêndio antes que estes se tornem prejudiciais à saúde do

ocupante; as operações de assistência e resgate dos ocupantes sejam realizadas sem riscos excessivos a segurança da vida e adotar procedimentos para não comprometer a segurança dos ocupantes, bombeiros e vizinhança na possibilidade de um colapso total e ou parcial da edificação.

De acordo com Proulx (2001), fatores como perfil, conhecimentos e experiências sobre o edifício, a condição que este ocupante exerce no momento do evento, sua personalidade e sua função no edifício desempenham um papel importante na análise do tempo de resposta e da velocidade do movimento no momento da retirada do edifício.

No caso específico das edificações de ensino, fatores como: treinamento para situações de emergência, familiaridade com a edificação, o papel do corpo docente e funcionários no tempo de resposta, conseqüentemente também na velocidade do movimento deverão ser incorporados à análise do processo de retirada.

1.2 IDENTIFICAÇÃO DO PROBLEMA

Os incêndios nos últimos trinta anos tornaram-se mais perigosos e destrutivos do que antes. Anteriormente a maior parte dos incêndios era caracterizada por incêndios do tipo classe “A” em que os combustíveis predominantes eram a madeira, papel, tecido, algodão entre outros. Hoje os incêndios como fruto do desenvolvimento tecnológico caracterizam-se por incêndios em polímeros sintéticos, como plásticos e resinas tendo a composição da fumaça uma toxidez bem mais acentuada.

No caso da Instituição em estudo, a ocupação e construção desenfreada de laboratórios com equipamentos de última geração, materiais diversos e principalmente pessoas (professores/orientadores, técnicos, administrativos e alunos de graduação e pós graduação) tem sido uma grande preocupação.

Em tais novas construções existem desde sala de aulas, salas de projeção de imagens, salas de reuniões e laboratórios de informática, até laboratórios com processos perigosos implantados, envolvendo motores, grandes quantidades de produtos químicos e trabalho a altas pressões e temperaturas.

O problema se agrava quando em todo o prédio em questão não existem mecanismos adequados e suficientes de combate ao incêndio nas áreas tradicionalmente ocupadas. Há

ainda o problema da localização do complexo que dificulta a chegada do socorro em tempo hábil.

As preocupações descritas se baseiam em alguns fatos, tais como:

- loteamento de áreas feito sem planejamento adequado no que tange a segurança;
- a rede de distribuição de energia elétrica encontra-se em boa parte, em situação caótica;
- faltam equipamentos fixos de combate ao incêndio, tais como rede de hidrantes pressurizados e reserva técnica;
- não existe rede de sprinklers;
- não existe sistema de iluminação de emergência, nem sinalização de emergência;
- falta sistema de alarme de incêndio;
- não existe sistema de exaustão forçada, acionada automaticamente em caso de incêndio;
- não existe uma brigada voluntária treinada nos vários cenários possíveis;
- o número de bombeiros profissionais civis existentes hoje no Centro, não contempla a quantidade mínima necessária;
- há ainda, precariedade do sistema de drenagem com risco de contaminação do solo e do sistema de esgoto, no caso de derramamento acidental de produtos químicos utilizados em alguns laboratórios.
- e finalmente, não há plano de emergência, nem mesmo pessoal necessário para atuação em momentos de crise;

1.3 OBJETIVOS

Os principais problemas a serem abordados nesta dissertação estão centrados na definição das etapas para elaboração do plano de retirada de emergência, na identificação dos riscos associados ao trabalho realizado em cada setor do local escolhido para estudo de caso e na escolha de uma ferramenta computacional a ser usada na avaliação do projeto do local de trabalho e obtenção de dados a serem usados no plano de retirada de emergência. A avaliação das características construtivas do ambiente de trabalho, da existência de sistemas de prevenção e combate a incêndios, de recomendações para melhoria do processo de retirada de emergência, são alguns dos itens a serem discutidos na dissertação.

1.3.1 OBJETIVOS GERAIS

Como objetivo geral destaca-se o levantamento de todos os dados necessários para implantação de um plano de retirada de emergência na área que concentra os laboratórios de química do Centro de Tecnologia de uma Instituição de Ensino Público Superior do Rio de Janeiro. É enfatizada a identificação dos fatores relacionados com o projeto do local de trabalho, que podem afetar o desempenho das pessoas durante as ações de retirada.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Este trabalho pretende na estruturação do plano de retirada de emergência, enfatizar o apoio de ferramentas computacionais de simulação do processo de retirada de emergência para obtenção de dados para alimentação no plano de retirada de emergência, focando na identificação das saídas de emergência, na otimização do layout do ambiente de trabalho, na definição das possíveis rotas de fugas, planejamento da retirada, identificação dos pontos críticos das possíveis rotas de fugas, seleção do local de concentração e a estimativa do tempo necessário para a retirada de emergência.

1.4 JUSTIFICATIVA

Existem poucos trabalhos sobre o assunto no Brasil voltados para instituições de ensino, no que diz respeito aos procedimentos para implantação de um Plano de Retirada de Emergência.

Em muitos projetos de pesquisa, incluindo novas construções de laboratórios, muito pouco existe em exigências relativas à segurança, talvez em parte pela maior ênfase as diretrizes econômicas determinadas pelos gestores. Em nosso país, muitos projetistas ainda encaram a segurança contra incêndios como uma limitante indesejada no desenvolvimento do projeto de edificações. Entende-se que seja uma questão cultural, pois nos próprios cursos de graduação não são apresentados de forma explícita a importância da qualidade e segurança proporcionada ao ambiente construído quando as exigências de segurança ao fogo são incorporadas ao projeto (REGO, 2011).

A necessidade de conscientização de docentes, discentes, funcionários e principalmente gestores de instituições de ensino, pública ou privada, para a importância de treinamento de pessoal e de adequação dos sistemas e dos prédios para as questões de segurança e situações de emergência com foco nos fatores que influenciam no retirada de área, vem de encontro ao

que se pretende neste trabalho, ou seja, buscar a eficiência do retirada de modo significativo na severidade dos danos dos ocupantes do prédio.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho se desenvolve em sete capítulos, resumidamente apresentado a seguir:

O primeiro capítulo apresenta o conteúdo introdutório do tema explicitando sua importância, contextualização, objetivos, relevância e delimitações do trabalho e a organização deste trabalho acadêmico.

O segundo capítulo faz uma revisão da literatura científica que permitirá a fundamentação teórica sobre os conceitos vinculados a escolha de uma ferramenta computacional a ser usada na avaliação do projeto do local de trabalhos e obtenção de dados a serem usados no plano de retirada de emergência.

O terceiro capítulo faz um levantamento das características do espaço físico estudado, a verificação da existência de dispositivos e sistemas de prevenção e combate a incêndio no Centro de Pesquisas, a identificação das características da construção em relação à resistência ao fogo e finalmente, a descrição do software utilizado.

No quarto capítulo verificou-se os riscos presentes nos locais de trabalho dos laboratórios do centro de pesquisas, destacando-se os cenários de maior suscetibilidade ao risco de sinistro tipo incêndio, em que se devem priorizar as ações de mitigação e prevenção.

O quinto capítulo apresenta os resultados das diversas simulações utilizando o software Pathfinder, nos laboratórios do Centro de Pesquisa, com foco nos dois laboratórios de maior risco de incêndio.

O sexto capítulo apresenta a formatação de um Plano de Retirada para o Centro de Pesquisas em questão, apontando sempre que possível, as necessidades para as adequações de infraestrutura e layout, com foco na Retirada de área a partir dos tempos obtidos nas simulações usando o software Pathfinder.

O sétimo e último capítulo apresenta algumas conclusões e recomendações obtidas com base na análise dos dados das simulações de incêndio efetuadas, utilizando o software Pathfinder.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INTRODUÇÃO

Tratar da segurança contra incêndio em edificações é tratar de um sistema complexo envolvendo a interação de variáveis como: os ocupantes, o edifício e o incêndio (GOUVEIA e ETRUSCO, 2002).

Segundo Fitzgerald (2001), as medidas de proteção ativas estão relacionadas com ações que estimulam a ativação ou percepção das condições de fogo, ou seja, os sistemas de detecção e alarme, características especiais como: controle de fumaça, fechamento automático de dutos ou portas, sinalização de emergência, etc. As medidas de proteção passivas são definidas como “componentes físicos inerentes à edificação na existência ou não de um incêndio” tais como: proteção estrutural contra o fogo; existência de barreiras para prevenir a propagação do calor e de fumaça para outros ambientes e a existência de um sistema de saídas (i.e. rotas de fuga).

De acordo com Ono (1997), é de caráter fundamental o papel que as rotas de fuga assumem em caso de incêndio. As rotas de fuga devem ser entendidas como meios estruturais, configurados como um caminho seguro a partir de qualquer ponto do edifício até uma saída final, possibilitando, portanto, a qualquer pessoa escapar de um edifício comprometido pelo fogo em segurança, independente da ajuda externa.

A saída é a parte da rota de fuga que permite acesso direto à via pública, ou a um espaço aberto que assegura a rápida dispersão das pessoas de modo que não sejam atingidas por gases quentes e/ou fumaça.

Quando se pensa na retirada dos ocupantes, devem-se adotar rotas de fuga e saídas com características que vão de encontro às necessidades do tipo de ocupação estudada.

Uma das principais considerações a fazer sobre retirada em edificações, diz respeito às características das saídas de emergência, principal responsável pelo escape dos ocupantes da edificação comprometida pelo fogo. Os aspectos para análise são: o número de saídas, a distância de trajeto para alcançar uma saída, a largura das saídas, o posicionamento das saídas como também das saídas finais.

Segundo Moraes (2006), o projeto das edificações é um processo pelo qual as necessidades do cliente ou do mercado são transformadas em um produto para satisfazer estas necessidades. Desta forma, o projeto de uma edificação é realizado para uma determinada ocupação,

seguindo algumas diretrizes definidas pelo proprietário, relacionadas com a estética e questões financeiras. Os critérios impostos pela legislação local, estadual ou federal, além dos aspectos de segurança do Corpo de Bombeiros, devem ser respeitados.

2.2 RETIRADA DE EMERGÊNCIA

A segurança contra incêndio deve ser alcançada considerando o desempenho de todos os agentes envolvidos no processo: o fogo, a edificação, os materiais contidos na edificação e os ocupantes (TAVARES e PROCORO, 2002). É sob esta visão que será desenvolvido o estudo da retirada ou abandono de uma edificação. Em geral, no caso dos ocupantes da edificação, devem ser levados em consideração fatores que podem comprometer o processo de retirada no momento da resposta à fuga, segundo a NFPA 101(2003) tais como:

- a) Sensibilidade: habilidade auditiva aos sinais de alarme, identificação visual e olfativa;
- b) Reatividade: habilidade em interpretar corretamente sinais e tomar decisões sobre as ações apropriadas;
- c) Mobilidade: este fator está associado à velocidade do movimento em direção as saídas de emergência;
- d) Susceptibilidade: este fator está associado ao comprometimento do estado físico do ocupante aos produtos tóxicos resultantes da combustão.

A avaliação do edifício está associada com as classes de ocupação, bem como a existência de sistemas de segurança, ambos definidos pelos Códigos Prescritivos que são os códigos baseados em experiências do passado, (TAVARES e PROCORO, 2002). A existência dos tipos de sistemas de segurança nas edificações também está relacionada com o tipo de ocupação.

Num processo de retirada de pessoas em um edifício em condições de emergência, o tempo é um dos principais aspectos, pois a quantidade de tempo gasto no processo determinará o sucesso ou não da capacidade de Retirada.

Segundo Cooper (1983), as condições de segurança estão relacionadas com a capacidade do ocupante de sair seguro dos espaços ameaçados.

Usando este princípio, a segurança da vida pode ser alcançada nos projetos de edifícios que levam em consideração o tempo exigido e necessário para os ocupantes alcançarem o local de refúgio seguro.

Como o sucesso ou não de uma retirada está relacionado com o tempo, o conhecimento e previsão deste é sem dúvida o ponto de partida para o entendimento de todo o processo de uma retirada (ALVES, 2006).

Antes mesmo de pensar nos métodos de cálculo do tempo para a retirada, é necessário primeiro, a compreensão das componentes do tempo total de retirada. O início da contagem deste tempo inicia-se na eclosão do incêndio, ou seja, a ignição, terminando com a saída de todas as pessoas do prédio.

De acordo com o SFPE-Handbook of Fire Protection Engineering (SFPE, 2002), podemos estimar o tempo total de retirada como sendo a soma dos vários tempos de detecção, alarme, reação e do movimento de fuga propriamente dito, como mostrado na figura 2.1.

O tempo de detecção é o tempo necessário para que o incêndio seja percebido desde o seu início, seja por sistemas automáticos de detecção ou por uma testemunha. Quanto mais rápida for a detecção, maior a chance do incêndio ser debelado e maior será o tempo disponível para a retirada. O tempo de alarme é medido entre a detecção e o momento que as pessoas são avisadas. Este aviso também pode ser por sistemas automáticos ou mesmo pelos brigadistas de incêndio. Atualmente, para o caso de dispositivos automáticos de detecção e alarme, esses tempos são facilmente estimados com a utilização dos modelos de propagação do fogo, principalmente resultantes das simulações computacionais e de testes de detecção de fumaça e temperatura.

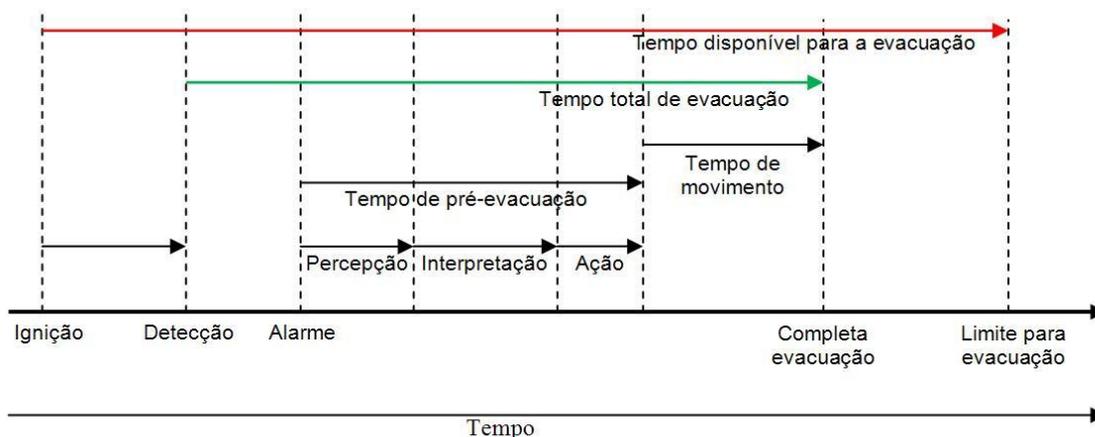


FIGURA 2. 1 – Tempo total de retirada e seus componentes (fonte SFPE, 2002)

O tempo de pré-retirada (ou tempo de pré-evacuação mostrado na figura 2.1) é um dos mais complexos para ser estimado. Antigamente esses tempos eram completamente negligenciados, pois era presumido que todos os ocupantes, assim que tomassem conhecimento da ocorrência de um incêndio, começariam a sair do prédio instantaneamente. A partir de relatórios de vítimas de incêndio, foi verificado que sempre existia um tempo entre o alarme e o início do movimento de fuga, mostrando claramente que as pessoas não agiam da forma esperada nos modelos mais antigos. Por conta disso, se tornou lógico adicionar algum tempo entre o alarme da ocorrência do incêndio e o início da fuga. Como o tempo de reação depende basicamente do comportamento humano, é necessária a realização de testes e ensaio para estimá-lo (GOUVEIA & ETRUSCO, 2002).

Para calcular o tempo de movimento é possível a utilização de equações de movimento simples, onde são estimados o tempo a partir da distância e da velocidade média de deslocamento, ou por modelos computacionais, que podem ser apenas de movimento de escoamento ou que leve em consideração o comportamento humano (SANTOS & AGUIRRE, 2004).

É importante notar que os modelos computacionais poderão fornecer valiosas informações sobre o movimento de pessoas quando da retirada de um prédio, verificando-se pontos de estrangulamento e se as saídas estão bem posicionadas, fazendo com que elas sejam efetivamente utilizadas em um caso de emergência. Todas essas informações são essenciais para a elaboração de um projeto que leve em conta a segurança das pessoas que irão utilizar a edificação e, portanto, objetivo principal do presente estudo.

2.3 PLANO DE RETIRADA DE EMERGÊNCIA

O plano de emergência pode ser definido como a sistematização de um conjunto de normas e regras de procedimentos destinados a evitar ou minimizar os efeitos de acidentes, catástrofes em determinadas áreas, possibilitando o gerenciamento de forma otimizada dos recursos disponíveis (CAMARA MUNICIPAL DE SINTRA, SINTRA, 2003). O objetivo fundamental está na proteção de pessoas, bens ou ambiente, em caso de ocorrência inesperada de situações perigosas e imprevistas como, por exemplo, incêndio, inundação, explosão, ameaça de bomba, derrame de substâncias químicas, etc.

O Plano de Emergência tem por objetivo essencial garantir não só a segurança de pessoas, bens ou ambiente, bem como o restabelecimento o mais rápido possível da atividade de trabalho - assim, todos deverão ter capacidade de identificar uma situação de emergência e agir de acordo com ela.

O Plano de Emergência deverá ser constituído por um conjunto o mais abrangente possível de instruções e procedimentos simples e práticos que deverão ser do conhecimento de todos os colaboradores, incluindo os visitantes, clientes, fornecedores e prestadores de serviços na empresa.

Na elaboração de um Plano de Emergência deverá ter-se em conta os seguintes fatores: levantamento e identificação de riscos, previsão dos possíveis cenários e respectivas conseqüências, listagem dos meios disponíveis (meios humanos e materiais), controle das emissões dos alarmes, elaboração de plantas e esquemas de emergência, estabelecimento de canais e meios de comunicação com órgãos externos e plano de retirada, (REVISTA TECNOMETAL, nº 141, 2002).

O Plano de Emergência não poderá considerar-se completo se não incluir um plano de retirada adequado e adaptado, no que diz respeito à:

- características do próprio edifício;
- acessibilidade;
- disponibilidade de acessos e vias de retirada em toda a área da instalação, com especial atenção para as zonas consideradas perigosas onde existam pessoas permanente ou ocasionalmente (ex.: visitantes); no caso de se prever que um acidente possa afetar a vizinhança, estas medidas deverão ser extensíveis ao exterior das instalações;

- determinar um local de concentração (“Ponto de Encontro”), amplo e afastado dos locais de risco;
- adequar os caminhos de retirada, dependendo do tipo de instalação (ex.: garagem, unidade industrial, laboratórios de pesquisa, edifício de andares);
- as vias de retirada deverão estar identificadas de forma correta, nomeadas através de placas colocadas em áreas estratégicas, contendo alternativas em função do local e do tipo de sinistro;
- os treinamentos da retirada e do combate ao sinistro são igualmente importantes, devendo estar coordenados entre si.

É importante ressaltar que a simulação computacional do processo de Retirada de emergência é uma importante ferramenta para conhecimento da dinâmica do fogo nas edificações, bem como dos efeitos da temperatura e da fumaça. Por meio dela, pode-se contribuir sobremaneira para a minimização dos efeitos danosos do incêndio antes mesmo que eles ocorram. A simulação permite compreender como os aspectos estruturais, ambientais e de materiais utilizados no processo construtivo influenciam no desenvolvimento do fogo, favorecendo a preservação do meio-ambiente e o maior controle dos materiais empregados na construção civil. Desse modo, os projetos tornam-se mais viáveis economicamente e adequados às peculiaridades de cada empreendimento, sem deixar de atender aos aspectos de segurança (ALVES et. al, 2008).

2.4 SOFTWARE PARA SIMULAÇÃO DO PROCESSO DE RETIRADA DE EMERGÊNCIA E CENÁRIOS DE INCÊNDIO

De acordo com Rego (2011), a utilização de softwares específicos na simulação de cenários de incêndio e do processo de Retirada de emergência constitui uma poderosa ferramenta no projeto de edificações e na prevenção de incêndios. Estes programas computacionais utilizam modelos matemáticos validados, calculando parâmetros diversos relacionados com situações de incêndio. O seu emprego exige dos usuários um conhecimento prévio do fenômeno do fogo, do cenário existente e das características dos materiais aplicados na construção das edificações.

Segundo Valentim (2008), existem diversos simuladores de incêndio que desempenham um papel significativo na definição dos elementos de proteção passiva das edificações, podendo

simular entre outros parâmetros, o comportamento do fogo nos diferentes compartimentos de uma edificação, a influência da área, o número de ocupantes, idade, sexo, o número de entrada e saídas, a eficiência dos materiais de separação das áreas, o tempo de resistência ao fogo dos materiais de revestimento, eficiência das rotas de fuga e a expectativa de sucesso para uma Retirada da área. Estes softwares podem também auxiliar na determinação da proteção ativa das edificações, podendo verificar a eficiência dos sistemas de prevenção e combate de incêndios instalados.

Embora, ainda não muito difundidos e com certas limitações no uso, os programas de simulação de cenários de incêndio e retirada de emergência constituem uma ferramenta valiosa para o desenvolvimento de projetos de engenharia e arquitetura, e de prevenção de incêndio.

Os resultados obtidos auxiliam os projetistas na avaliação do projeto a ser construído, na definição dos espaços necessários e dos sistemas de proteção contra incêndio, gerando dados a serem usados na determinação da probabilidade dos ocupantes chegarem com vida no local de refúgio.

Os simuladores de incêndio podem ainda ser utilizados também como auxílio na formação profissional de técnicos, engenheiros e arquitetos, facilitando o entendimento dos fenômenos associados ao processo de combustão e contribuindo para uma melhor compreensão do processo de evolução de um incêndio.

Um exemplo de estudo utilizando software foi feito por Omini e Ono (2011), cujo objetivo era realizar uma releitura geral sobre os métodos de dimensionamento de rotas de fuga em edificações de grande altura, utilizando para tanto, um software de simulação de retirada, o building EXODUS.

Outro estudo interessante foi o de Alves et Al. (2008), que demonstrou a aplicabilidade da simulação computacional de incêndio na fase de projeto, com vistas à obtenção de maior grau de segurança contra incêndio em edificações, aliado ao princípio de economicidade. Para isso, executaram associadamente as simulações dos aplicativos FDS (dinâmica do fogo) e SIMULEX (retirada de pessoas) para obter a influência da fumaça e da temperatura na fuga das pessoas e a eficiência dos preceitos normativos.

2.5 LEGISLAÇÕES PRESCRITIVAS

As normas de segurança contra incêndio podem ser divididas em duas classes: normas prescritivas e normas baseadas em desempenho. As normas prescritivas são abalizadas em ocorrências passadas de sinistros, dizem como fazer para se chegar aos resultados pré-determinados (TAVARES, 2009). Por outro lado, as normas baseadas em desempenho estabelecem objetivos de segurança contra incêndio a serem atingidos e permitem que os projetistas e construtores adotem soluções próprias para alcançar os resultados requeridos (HADJISOPHOCLEOUS; BENICHOU, 2000). A legislação prescritiva determina a adoção dos requisitos de segurança contra incêndio de forma empírica, com base em sinistros anteriores. Logo, os custos dos projetos tendem a ser maiores e a implementação de soluções tecnologicamente inovadoras dificultada.

Países como Japão, Canadá, Inglaterra, Austrália, Nova Zelândia e outros adotam códigos de incêndios baseados em desempenho. No caso do Brasil, as normas regulamentadoras, os códigos estaduais e as normas brasileiras são instrumentos normalmente prescritivos através dos quais a segurança contra incêndios é incorporada aos projetos de edificações. Segundo Duarte (2006), embora não exista uma norma nacional sobre o projeto de segurança contra incêndio, diversas normas ABNT já prescrevem alguns itens de desempenho relativos à segurança contra incêndios, dentre elas:

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 5628**: Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 9077**: Saídas de emergência em edifícios. Rio de Janeiro, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 14432**: Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimentos, 2001.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 14880**: Saídas de Emergência em edifícios – Escadas de segurança – Controle de fumaça por pressurização, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 11742**: Porta corta-fogo para saída de emergência – especificação, 2003.

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 12693:** Sistema de proteção por extintores, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 13434:** Símbolos de sinalização de segurança contra incêndio e pânico, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 13860:** Termos técnicos relacionados à incêndio, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 14276:** Programa de brigada de incêndio, 2006.

3 MÉTODOS E TÉCNICAS

Como dito nos objetivos gerais, os principais problemas a serem abordados nesta dissertação estão centrados na definição das etapas para elaboração do plano de Retirada de emergência, na identificação dos riscos associados ao trabalho realizado no local escolhido para estudo de caso e no uso de uma ferramenta computacional para obtenção de dados a serem usados no plano de Retirada de emergência.

A estrutura metodológica utilizada para alcançar os objetivos pretendidos é constituída das seguintes etapas:

Etapa 1: Identificação das características do espaço físico estudado;

Etapa 2: Verificação da existência de dispositivos e sistemas de prevenção e combate a incêndios conforme as normas vigentes, no espaço estudado e entorno;

Etapa 3: Identificação das características das construções em relação a resistência ao fogo;

Etapa 4: Descrição do software que será utilizado como ferramenta de simulação para o plano de Retirada;

Etapa 5: Identificação dos riscos associados ao trabalho realizado no local escolhido;

Etapa 6: Definição de cenários a serem simulados;

Etapa 7: Modelagem do local de trabalho utilizando a ferramenta computacional escolhida;

Etapa 8: Utilizando a ferramenta computacional de simulação escolhida, simular o processo de Retirada de emergência, considerando os cenários escolhidos e analisar os resultados obtidos;

Etapa 9: Com os resultados obtidos sugerir melhorias nas características do espaço físico existente; na colocação de dispositivos e sistemas de prevenção e combate a incêndios; na identificação das possíveis rotas de fugas; no planejamento de Retirada de emergência e na otimização do tempo necessário pra a retirada das pessoas do local de trabalho;

Etapa 10: Definição dos itens necessários para implantação de um plano de Retirada nos laboratórios de química do Centro de Pesquisas da instituição de ensino superior.

3.1 IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DO ESPAÇO FÍSICO ESTUDADO

O Centro de Pesquisas e Caracterização de Petróleo e Combustíveis é responsável pela caracterização do petróleo e dos biocombustíveis e pelo desenvolvimento de novos processos voltados para melhoria da qualidade dos produtos derivados do óleo explorado no Brasil. Com 1.150 m² de área construída e uma equipe formada por profissionais altamente qualificados, é um dos mais modernos centros de pesquisas do Brasil. É composto por sete laboratórios e conta com uma equipe de 18 profissionais, além dos professores e alunos das áreas de química e engenharia química. Neste Centro, os pesquisadores ajudam a desenvolver novos processos, inovando em soluções para o tratamento do óleo. Seu objetivo é agregar valor aos biocombustíveis e também aos produtos derivados do óleo produzido no Brasil, tornando-os mais competitivos no mercado. Para isso, seus pesquisadores aprimoraram e desenvolvem processos voltados especificamente para as características dos combustíveis brasileiros. Fazem parte da sua estrutura física os laboratórios de amostras, de cromatografia, de destilação, de avaliação de petróleo, de instrumentalização, o laboratório químico e o laboratório físico-químico.

O centro de pesquisa realiza basicamente ensaios em amostras de petróleo, derivados e biodiesel recebidos de diversas empresas e instituições, com o objetivo de caracterizar tais amostras para aprimoramento das mesmas, agregando valor ao que é produzido no Brasil, tornando o óleo e biodiesel mais competitivo no mercado internacional.

O Centro de Pesquisa possui atualmente como força de trabalho, 18 ocupantes, de faixa etária, conforme Figura 3.1 e distribuídos por função, conforme Figura 3.2. A jornada de trabalho é de 8 horas diárias que vão das 8 às 17 horas, com intervalo de 1 hora para almoço.

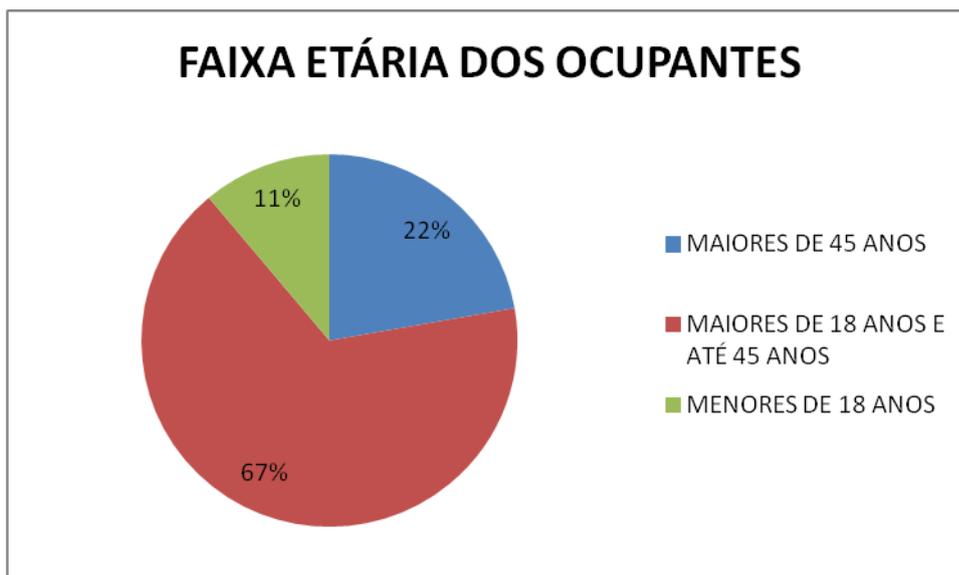


FIGURA 3.1 – Faixa Etária dos Ocupantes (Fonte: Centro de Pesquisa)/2012

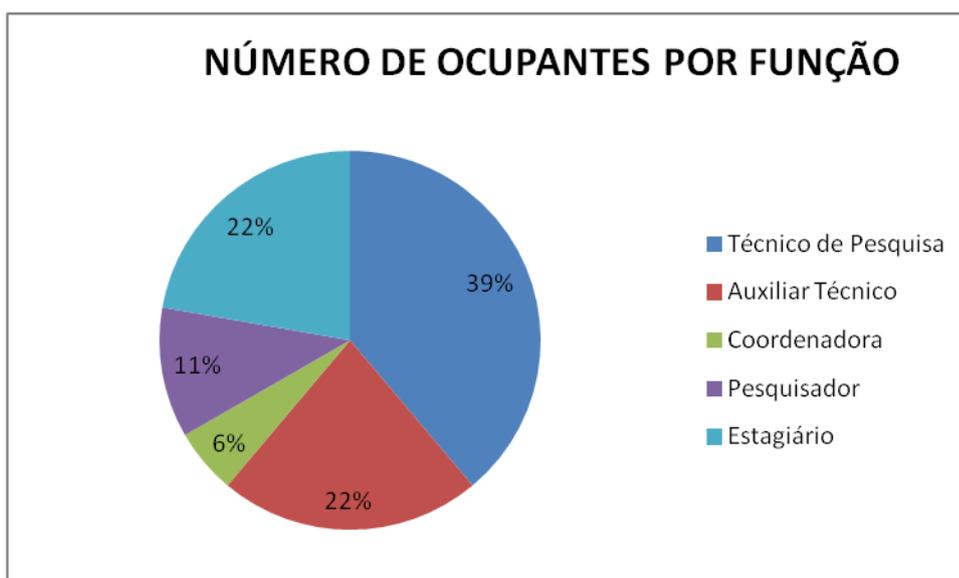


FIGURA 3.2 – Número de Ocupantes por Função (Fonte: Centro de Pesquisa)/2012

Na Tabela 3.11, segue o número de ocupantes distribuídos por função, sexo, idade e grau de escolaridade.

TABELA 3.1 – Quadro de ocupantes com Caracterização de Sexo, Idade, Função e Grau de Escolaridade (Fonte: Centro de Pesquisa)/2012

Nº	Sexo	IDADE	FUNÇÃO	Grau de escolaridade
1	M	45	Técnico de Pesquisa	Ens. Médio
2	F	40	Auxiliar Técnico	Ens. Fundamental
3	M	22	Auxiliar Técnico	3º Grau Comp
4	F	64	Coordenadora	Mestrado
5	M	60	Auxiliar Técnico	Ens. Fundamental
6	M	34	Técnico de Pesquisa	Ens. Médio
7	M	34	Técnico de Pesquisa	3º Grau Comp
8	M	48	Técnico de Pesquisa	3º Grau Comp.
9	M	45	Técnico de Pesquisa	3º Grau Cursando
10	F	43	Pesquisador	3º Grau Comp.
11	F	41	Técnico de Pesquisa	Ens. Médio
12	M	54	Técnico de Pesquisa	Ens. Médio
13	F	33	Pesquisador	3º Grau Comp.
14	M	31	Auxiliar Técnico	Ens. Médio
15	F	17	Estagiária	Ens. Médio
16	M	17	Estagiário	Ens. Médio
17	M	19	Estagiário	Ens. Médio
18	F	23	Estagiária	Ens. Superior

O Centro de pesquisa conta com a coordenação geral de um profissional pós-graduado em engenharia química e dois gerentes, um engenheiro químico e outro químico, responsáveis pela manutenção predial e gerência dos laboratórios, respectivamente.

Os 6 laboratórios que compõem o centro de pesquisa são: o laboratório de amostras, de cromatografia, de destilação, de avaliação de petróleo, de instrumentalização e mais o laboratório químico e o laboratório físico-químico, conforme organograma na figura 3.3.

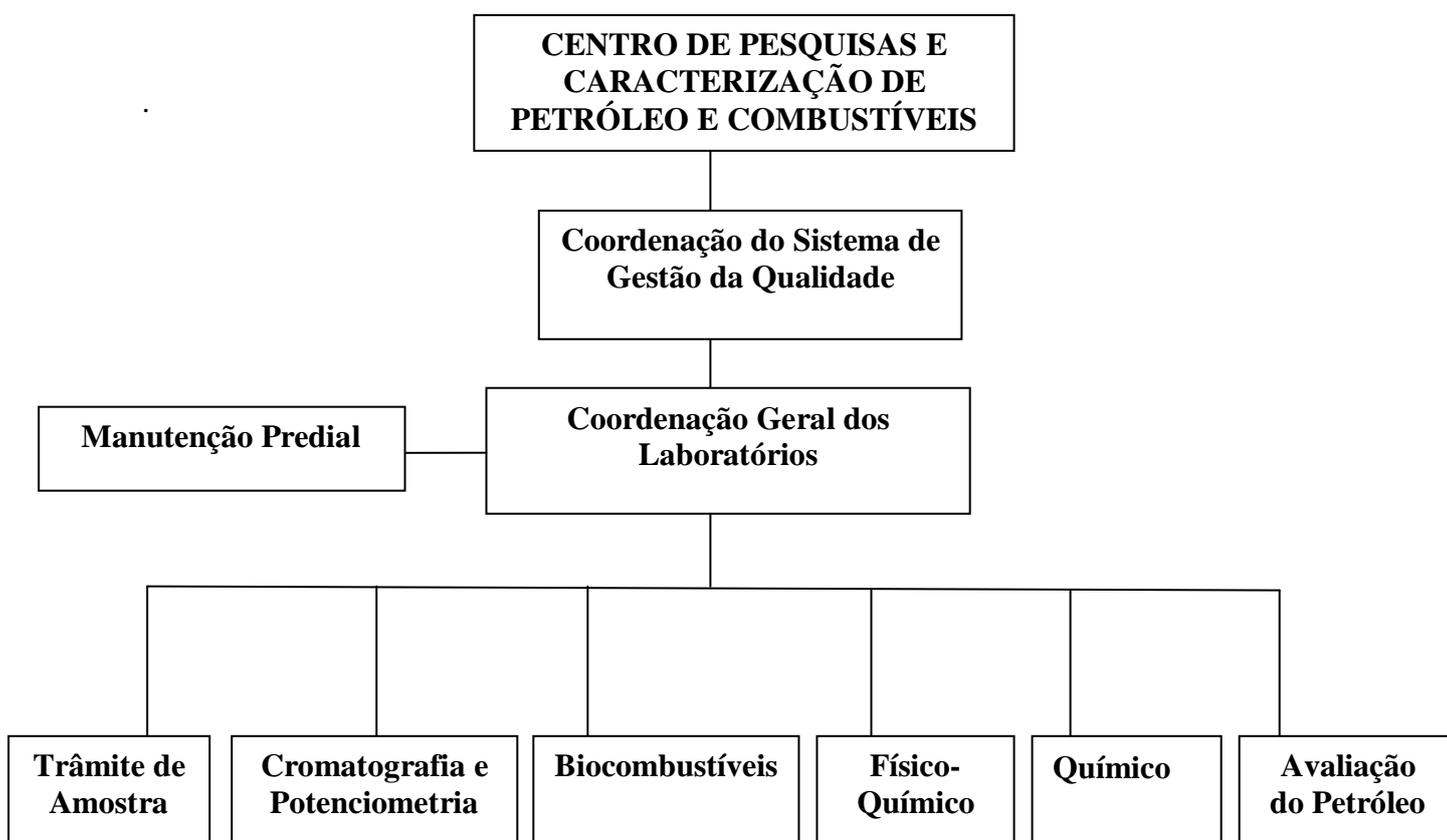


FIGURA 3.3 – Organograma do Centro de Pesquisas e Caracterização de Petróleo e Combustíveis (Fonte: Centro de Pesquisas , 2012)

A planta baixa do centro de pesquisas é apresentada na Figura 3.4 mostrada a seguir. Devido aos trabalhos desenvolvidos com produtos químicos perigosos e de alta combustão, o risco de incêndio deve ser considerado.

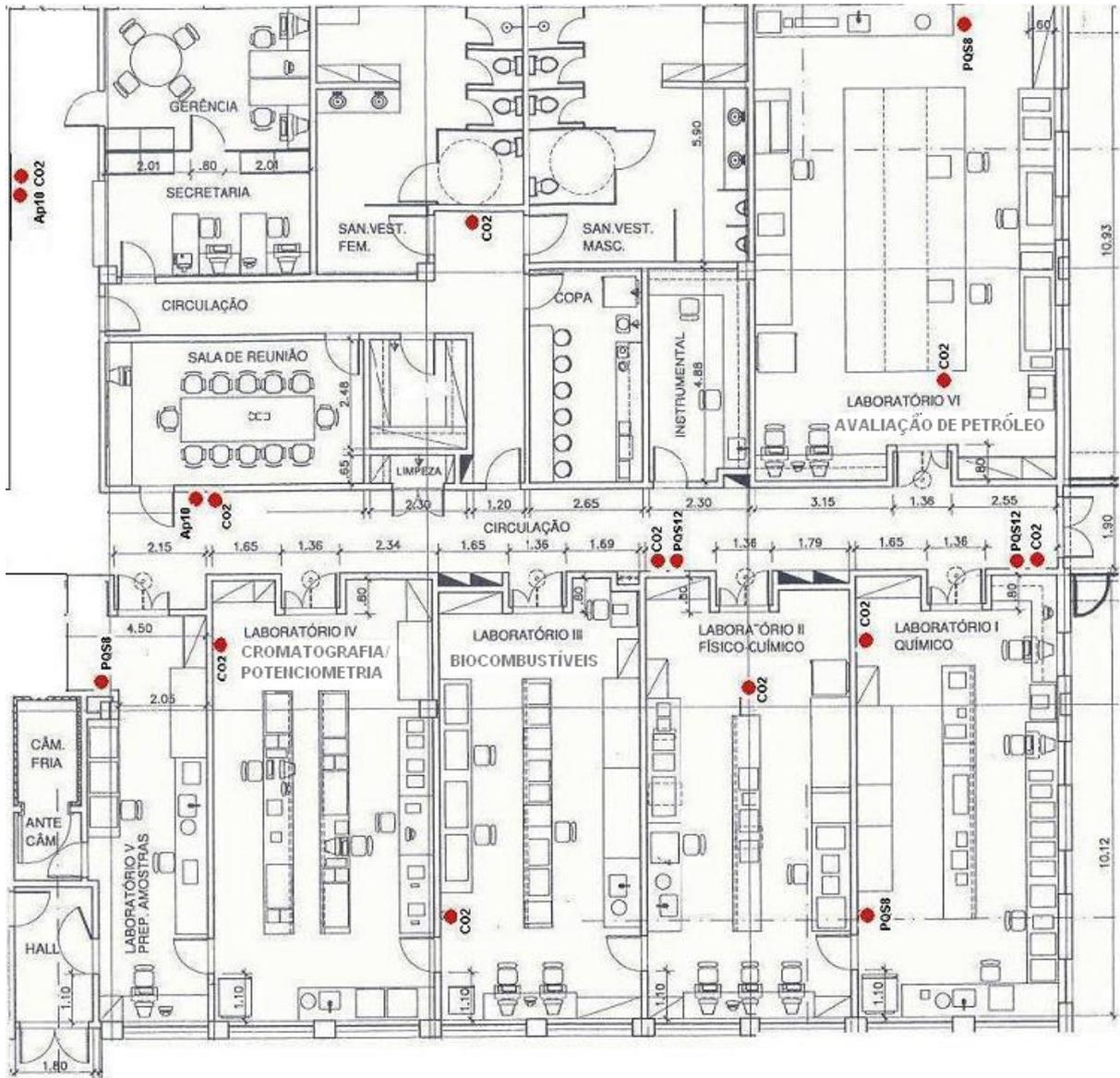
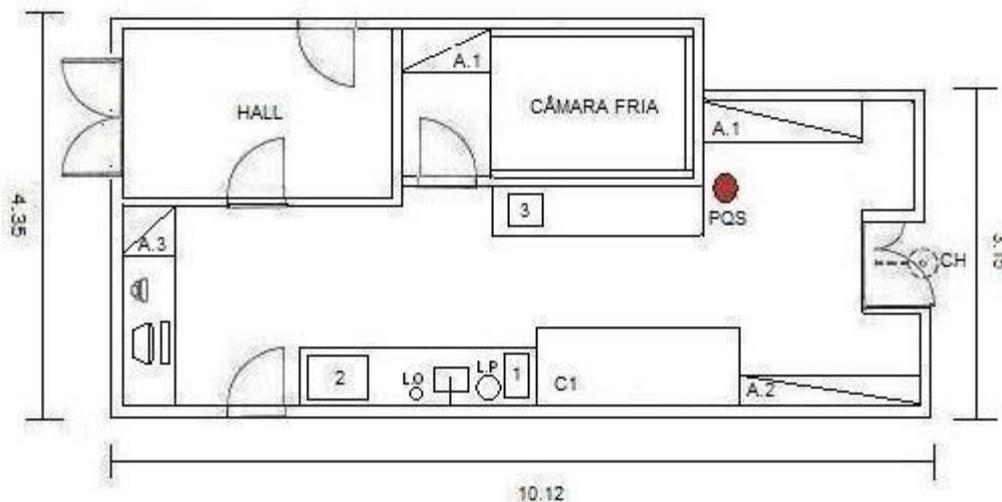


FIGURA 3.4 – Instalações internas do Centro de Pesquisas e Caracterização de Petróleo e Combustíveis -planta baixa. (Fonte: Centro de Pesquisas, 2011)

3.1.1 LABORATÓRIO DE AMOSTRAS

Este laboratório também é denominado Trâmite de Amostras, ou seja, é o local onde as amostras de petróleo, derivados e biodiesel, são recebidas, acondicionadas e fracionadas. Para isso são utilizados estufa, freezer, banho maria e sala fria (Figura 3.5).



Código	Descrição	Quantidade
1	Banho de aquecimento	1
2	Estufa	1
3	Geladeira para amostras	1
A.1	Armário para EPI	2
A.2	Armário para amostras	1
A.3	Armário para pastas	1
C1	Capela	1
CH	Chuveiro de emergência	1
L.O	Lava Olhos móvel	1
L.P	Lavador de pipetas	1
(**)	Ar condicionado central com controle de unidade	1
● PQS	Extintor de PQS	1

FIGURA 3.5 – Trâmite de Amostras (fonte: Centro de Pesquisas , 2011)

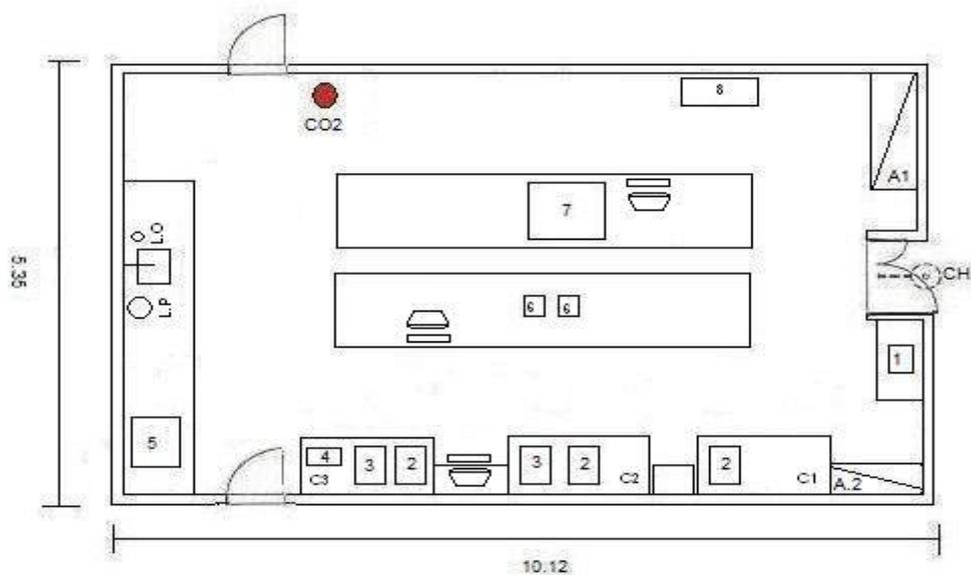
As amostras recebidas são acondicionadas em Câmara fria a 4^o C e é o procedimento mais crítico deste laboratório. A câmara fria não possui sistema de exaustão, retendo os vapores emitidos pelas amostras.

Nesta sala, também é feita a limpeza de vidrarias para retirada de resíduos derivados do petróleo, além de limpeza de materiais e bancadas.

Os cilindros de gases que são utilizados nos ensaios são entregues na rua lateral e colocados nas respectivas baias, onde são trocados de acordo com o consumo dos laboratórios. O fracionamento de amostras de gasolina, diesel, querosene, álcool e biodiesel são feitos em capela.

3.1.2 LABORATÓRIO DE CROMATOGRAFIA/POTENCIOMETRIA

Neste laboratório são feitos ensaios do tipo determinação dos constituintes básicos de produtos de petróleo, teor de ácidos presentes em produtos de petróleo, dentre outros. A figura 3.6 a seguir apresenta a planta baixa do laboratório.

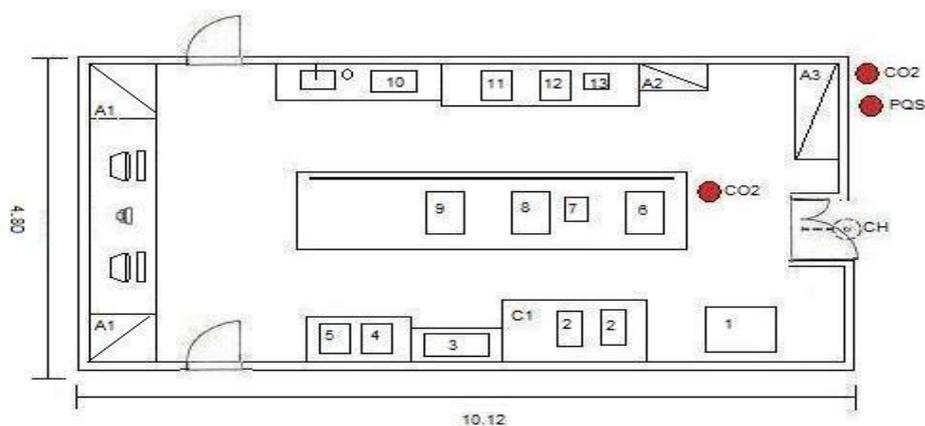


Código	Descrição	Quantidade
1	Balança Analítica	1
2	Titrimo	3
3	Titranô	2
4	Conduvímetero	2
5	Estufa	1
6	Estabilizador 20kva	1
7	Cromatógrafo	1
A.1	Armário de EPI	1
A.2	Armário de amostras	1
CH	Chuveiro de emergência	1
CO2	Extintor de CO2	1
L.P	Lavador de Pipetas	1
L.O	Lava Olhos móvel	1
(**)	Ar Condicionado central com controle de umidade	1
● CO2	Extintor de CO2	1

FIGURA 3.6 – Laboratório de Cromatografia /Potenciometria (fonte: Centro de Pesquisas ,2011)

3.1.3 LABORATÓRIO FÍSICO-QUÍMICO

Neste laboratório determina-se o ponto de fluidez em resíduos de petróleo, dentre outros ensaios. A Figura 3.7 a seguir apresenta a planta baixa do laboratório.

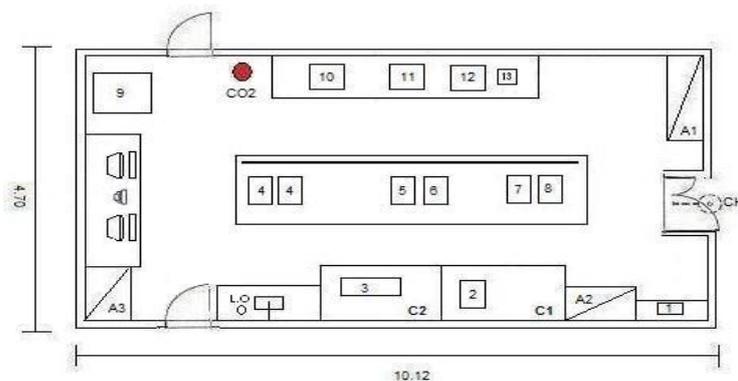


Código	Descrição	Quantidade
1	Freezer para amostras	1
2	Ponto de anilina	2
3	Banho de refrigeração	1
4	Ponto de Fluidez automático	1
5	Ponto de Anilina	1
6	Densímetro	1
7	Banho de refrigeração	1
8	Ponto de anilina a baixa temperatura	1
9	Minidens	1
10	Estufa	1
11	Ponto de anilina Timfilm	1
12	Ponto de fluidez manual	1
13	Banho de refrigeração	1
A1	Armário de pastas	2
A2	Armário para amostras	1
A3	Armário para EPI	1
C1	Capela	1
CH	Chuveiro de emergência	1
L.O	Lava -Olhos móvel	1
● CO2	Extintor de CO2	1
(**)	Ar condicionado SPLIT de teto	2

FIGURA 3.7 – Laboratório Físico-Químico (fonte: Centro de Pesquisas , 2011)

3.1.4 LABORATÓRIO DE BIOCOMBUSTÍVEIS

São feitos ensaios do tipo: Índice de refração, avaliação da cor característica do produto, estabilidade oxidativa, testes de corrosão, etc. A Figura 3.8 a seguir apresenta a planta baixa do laboratório.



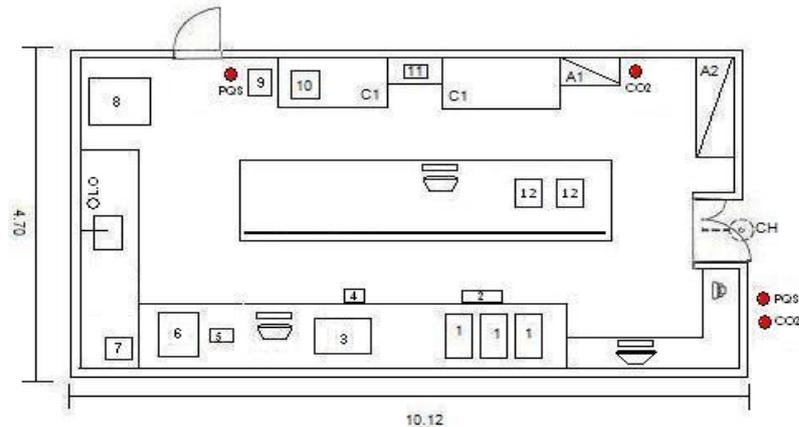
Código	Descrição	Quantidade
1	Balança Analítica	1
2	Banho de aquecimento	1
3	Goma	1
4	Banho de aquecimento	2
5	Espectrofotômetro	1
6	Índice de refração	1
7	Colorímetro	1
8	Impressora	1
9	Freezer para amostras	1
10	Rancimat	1
11	Estufa	1
12	Ponto de entupimento	1
A1	Armário de EPI	1
A2	Armário para amostras	1
A3	Armário para pastas	1
CH	Chuveiro de emergência	1
CO2	Extintor de CO2	1
(**)	Ar condicionado SPLIT de teto	2
L.O	Lava Olhos móvel	1
● CO2	Extintor de CO2	1

FIGURA 3.8 – Laboratório de Biocombustíveis (fonte: Centro de Pesquisas, 2011)

3.1.5 LABORATÓRIO QUÍMICO

São realizados ensaios nas amostras de petróleo, derivados e biodiesel para determinação de Viscosidade cinemática e dinâmica de combustível, óleo lubrificante, betume e petróleo bruto.

A Figura 3.9 a seguir apresenta a planta baixa do laboratório.

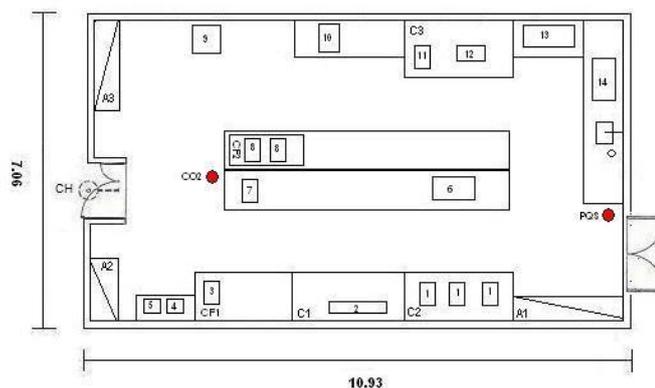


Código	Descrição	Quantidade
1	Viscosímetro	3
2	Bomba de vácuo	1
3	Antek	1
4	Estabilizador 20KVA	1
5	Balança do LECO	1
6	LECO	1
7	Estabilizador 7,5 kva	1
8	Freezer para amostras	1
9	Banho de refrigeração	1
10	Viscosímetro	1
11	Balança Analítica	1
A1	Armário para amostras	1
A2	Armário para EPI	1
C1	Capela	2
CH	Chuveiro de emergência	1
L.O	Lava-olhos móvel	1
● CO2	Extintor de CO2	1
● PQS	Extintor de PQS	1
(**)	Ar Condicionado central	1
(**)	Ar condicionado SPLIT de parede	1

FIGURA 3.9 – Laboratório Químico (fonte: Centro de Pesquisas, 2011)

3.1.6 LABORATÓRIO DE AVALIAÇÃO DE PETRÓLEO

Ensaio do tipo determinação de compostos insolúveis em n-heptano, os asfaltenos, contidos em produtos de petróleo, como gasóleo, diesel, óleos residuais de combustível, óleo lubrificante, betume e petróleo bruto são feitos neste laboratório. A Figura 3.10 a seguir apresenta a planta baixa do laboratório.



Código	Descrição	Quantidade
1	Ponto de Fulgor	3
2	Chapas de aquecimento	1
3	Banho de refrigeração	1
4	Balança analítica	1
5	Balança analítica	1
6	Destilador P.A automatico	1
7	Estufa	1
8	Destilador P.A	2
9	Freezer	1
10	Destilador D1160	1
11	Micro resíduo de carbono	1
12	Banho de aquecimento	1
13	Centrifuga	1
14	Mufa	1
15	Lava-olhos móvel	1
A1	Armário para amostras	1
A2	Armário para EPI	1
A3	Armário para pastas	1
C1	Capela	1
C2	Capela de Asfaltenos	1
C3	Capela	1
CF1	Coifa de desidratação	1
CF2	Coifa de destilação	1
 PQS	Extintor de PQS	1
 CO2	Extintor de CO2	1
(**)	Ar condicionado SPLIT de Teto	2

FIGURA 3.10 – Laboratório de Avaliação de Petróleo (fonte: Centro de Pesquisas, 2011)

3.2 VERIFICAÇÃO DA EXISTÊNCIA DE DISPOSITIVOS E SISTEMAS DE PREVENÇÃO E COMBATE A INCÊNDIOS CONFORME AS NORMAS VIGENTES

Baseado na complexidade de processos, equipamentos e materiais do Centro de Pesquisa estudado, o presente levantamento tem por objetivo identificar se existe uma adequada infraestrutura de proteção contra incêndio nas dependências do mesmo.

3.2.1 EQUIPAMENTOS DE PRIMEIRA INTERVENÇÃO

A NR-23 estabelece “medidas de proteção contra incêndios de que devem dispor os locais de trabalho, visando a prevenção da saúde e da integridade física dos trabalhadores.”

O Centro de Pesquisas adota medidas preventivas, pois possui proteção contra incêndio, saídas para a rápida retirada de pessoal em serviço, em caso de incêndio, equipamentos para combater o fogo em seu início e uma brigada de combate a incêndio, composta por bombeiros civis. Atualmente não existe brigada voluntária, devidamente treinada para o uso correto destes equipamentos.

Conforme art. 9, do capítulo III do Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico (COSCIP), pode-se classificar o Centro de Pesquisa como “Escolar” (item IV) e nessa caracterização serão baseados os seguintes itens:

- Rotas e saídas de emergência;
- Sinalização;
- Equipamentos de combate ao fogo; e
- Sistema de alarme.

Ainda segundo a COSCIP, de acordo com o capítulo IV, artigo 15, parágrafo I, tem-se que:

“Para edificações com o máximo de 2 (dois) pavimentos e área total construída até 900 m² (novecentos metros quadrados) é isenta de Dispositivos preventivos Fixos Contra Incêndios”.

Os Dispositivos Preventivos Fixos Contra Incêndios a que se refere o parágrafo anterior são, para este tipo de edificação, o reservatório d`água com RTI (Reserva Técnica de Incêndio) e os hidrantes, que podem ser observados no Centro de Pesquisas estudado.

3.2.1.1 HIDRANTES

A rede de hidrantes do Centro de Pesquisas é composta de 02 hidrantes, facilmente acessíveis, distantes entre si menos de 30 metros, sendo que um é externo e o outro é interno ao Centro de Pesquisas. Todas as mangueiras estão em caixas de abrigo e possuem dimensões condizentes com o que determina do COSCIP, 70 cm de altura, 50 cm de largura e 25 cm de profundidade, com uma porta de vidro, conforme Figura 3.11. É importante ressaltar, no entanto, que não existem hidrantes de passeio no entorno do prédio do Centro de Pesquisas.



FIGURA 3.11 – Caixa de abrigo de mangueiras (Fonte: autor), 2012

3.2.1.2 RESERVA TÉCNICA DE INCÊNDIO

O Centro de Pesquisas possui um reservatório elevado (caixa d'água) apenas para uso diário de trabalho nos laboratórios do Centro de Pesquisas e sua reserva técnica de água para combate à incêndio com capacidade de 21.000 L, fica exclusivamente no reservatório de concreto, localizado no térreo externo da edificação (Figura 3.12), o que é admissível pelo art. 33 do COSCIP:

“Art.33 – O abastecimento da rede preventiva será feito de preferência pelo reservatório elevado, admitindo-se, porém, o reservatório subterrâneo ou baixo, facilmente utilizável pelas bombas do Corpo de Bombeiros em substituição ao primeiro.”

A reserva técnica de incêndio do Centro de Pesquisas, no entanto, não atende ao que preconiza o artigo 38 do COSCIP:

“Art. 38 – O reservatório (elevado e subterrâneo ou baixo) terá capacidade determinada pelo Regulamento de Construções e Edificações do Município, acrescida, no mínimo, da Reserva Técnica de Incêndio de 30.000 L (trinta mil litros).

Assim sendo, a reserva técnica de incêndio do Centro de Pesquisas não sendo de 30.000 L e sim 21.000 L, não garante, desta maneira, que 2 hidrantes serão mantidos funcionando simultaneamente, com vazão total de 1.000 l/min, durante meia hora, para combate inicial ao fogo até a chegada dos bombeiros.



FIGURA 3.12 – Reserva Técnica de Incêndio (RTI) (Fonte: autor), 2012

Encontra-se também no térreo, ao lado da edificação, a bomba com potência de 7,5 CV que está dimensionada para o porte do Centro de Pesquisas, como mostrado na Figura 3.13



FIGURA 3.13 – Bomba de Incêndio (Fonte: autor), 2012

3.2.1.3 EXTINTORES PORTÁTEIS

Conforme o disposto no item 23.12 da NR-23, o Centro de Pesquisas está provido de extintores portáteis, estando instalados de acordo com a classe de fogo a extinguir definidas no item 23.9 e conforme os tipos descritos no item 23.13, e que perfazem um total de 17 extintores ou Unidades Extintoras (UE) no Centro de Pesquisas.

Assim sendo, de acordo item 23.16 da NR-23 tem-se a quantidade de UE, de acordo com a Tabela 3.2:

**TABELA 3.2 – Avaliação da Demanda de Extintores do
Centro de Pesquisas (Fonte: ASQ), 2007**

Local avaliado:	Centro de pesquisas
Área	680m²
Distância máxima de alcance pelo operador	10m
Classificação do risco	alto
Classificação quanto às características construtivas NBR 9077:2001[29]	Y Edificação com resistência mediana ao fogo
Classificação da edificação quanto sua altura NBR 9077	(Edificações de baixa altura)
Quantidade de extintores em uso (térreo)	Edificação nova
Quantidade de extintores novos a serem instalados para efetiva proteção (segundo NR 23)	CO₂ 6Kg - 10 unidades PQS 12Kg - 02 unidades PQS 8Kg - 03 unidades AP 10L - 02 unidades

Sendo o Laboratório caracterizado como risco de fogo grande e de acordo com o item 23.15 da NR-23, que diz que deve haver uma unidade extintora para cada 150 m², tem-se, com base no item 23.16, a Tabela 3.3, da quantidade de unidades extintoras distribuídas pelo Centro de Pesquisas.

TABELA 3.3 – Quantidade de unidades extintoras distribuídas no Centro de Pesquisas

(Fonte: ASQ)/2007

Local	Extintores
Corredor principal	02 PQS 12Kg 03 CO2 06Kg 01 AP 10L
Corredor da secretaria	01 CO2 06Kg 01 AP 10L
Corredor em frente a sala do almoxarifado	01 CO2 06Kg
Laboratório I	01 PQS 08Kg 01 CO2 06Kg
Laboratório II	01 CO2 06Kg
Laboratório III	01 CO2 06Kg
Laboratório IV	01 CO2 06Kg
Laboratório V	01 PQS 08Kg
Laboratório VI	01 PQS 08Kg 01 CO2 06Kg

De modo a verificar se a quantidade necessária de extintores condiz com a existente, foi calculado por meio da equação 1 e com base nas tabelas do item 23.16 da NR-23 esse número:

$$\text{Número de extintores} = \frac{\text{Área total}}{\text{Área coberta para unidade de extintores}} \quad (\text{Equação 1})$$

$$= 680/150 = 4,5 \text{ extintores} = 5 \text{ UE}$$

O número de unidades extintoras necessárias é **5**. Sendo assim, o número de unidades existentes supera o desejado.

E de acordo com Tabela 3.3, a distribuição é tal que em nenhum caso percorre-se mais do que 10 metros para se alcançar um extintor como determina o item 23.16 da NR-23.

Seguindo o disposto no item 23.14 da NR-23, a inspeção dos extintores é realizada visualmente a cada mês pelos bombeiros civis da Brigada de Incêndio do Centro de Tecnologia da Instituição, quando é examinado o seu aspecto externo, lacre ou manômetro, difusor, etiquetas e demais condições de funcionamento, sendo afixada em cada extintor, a sua etiqueta de identificação, contendo os dados da manutenção anual feita por firma credenciada que emite relatório com os detalhes de cada serviço; e o selo do INMETRO, conforme determina o item 23.11 da mesma NR, atendendo às normas técnicas oficiais vigentes no País.

Os extintores do Centro de Pesquisas são apoiados em bases no piso e sinalizados por uma seta larga vermelha, com bordas amarelas conforme item 23.17.2 da NR-23 e ainda, de acordo item 23.17.3, que preconiza que deve ser demarcado de vermelho uma área de no mínimo 1x1 metro no piso abaixo do extintor a qual nunca pode ser obstruída. As informações podem ser verificadas pela Figura 3.14.



FIGURA 3.14 – Extintores sinalizados e demarcados no Centro de Pesquisas

(Fonte: autor), 2012

Os extintores do Centro de Pesquisas estão colocados em locais de fácil visualização e acesso e com menor probabilidade do fogo bloquear seu acesso.

3.2.1.4 SAÍDAS DE EMERGÊNCIA E PORTAS

O Centro de Pesquisas possui em seus ambientes, saídas de emergência, sem degraus, com dimensões adequadas e sentido de abertura da porta para fora, permitindo aos funcionários a fuga para o exterior da edificação, conforme demonstrado na Figura 3.15. As portas também atendem ao requisito de não estarem a mais de 15,00 m da maior distância interna, conforme determina a NR-23. Em todos os laboratórios que compõem o Centro de Pesquisas estudado, as vias de escape e os corredores internos atendem a recomendação da largura mínima de 1,20 m conforme a norma no item 23.2.3 e 23.2.4.



FIGURA 3.15 – Saída de Emergência (Fonte: autor), 2012

Lembrando que não só as portas de emergência, mas também todas as portas do Centro de Pesquisas abrem no sentido de abertura da porta para fora sendo que as portas de emergência possuem barra anti-pânico como pode ser visto na Figura 3.15.

Vale ressaltar que todas as saídas e vias de retirada são indicadas, por meio de placas, na cor verde e as rotas de fuga são sinalizadas com setas no rodapé ou piso do laboratório, facilitando a visualização, principalmente em caso de presença de fumaça (Figuras 3.16 e 3.17).



FIGURA 3.16 – Sinalização de rota de fuga (Fonte: autor), 2012



FIGURA 3.17 - Sinalização de rota de fuga (Fonte: autor), 2012

O Laboratório não possui portas corta-fogo, o que está de acordo com a COSCIP, por ser uma edificação de apenas 1 pavimento.

3.2.1.5 ALARME

O Centro de Pesquisas não possui sistema de alarme, a ser acionado tão logo o fogo se inicie, conforme pede a NR-23 ítem 23.18. O que existe, são botoeiras, conforme Figura 3.18, cujos vidros deverão ser quebrados caso haja alguma emergência, para que as portas sejam abertas.



FIGURA 3.18 – Botoeiras de Alarme (Fonte: autor), 2012

Existe sinal de alarme, apenas em caso de parada dos exaustores dos laboratórios, já que os mesmos funcionam 24 horas por dia, todos os dias. O acionamento ou desligamento simultâneo do conjunto de exaustores dos laboratórios é feito por um único comando, conforme Figura 3.19.



FIGURA 3.19 – Botoeira/alarme para sistema de exaustão dos laboratórios (Fonte: autor), 2012

O Centro de Pesquisas não executa periodicamente treinamento com exercícios de alerta, infringindo a NR-23 no item 23.8 onde se exige simulação com Corpo de Bombeiros para aferir as tomadas de decisão e retirada de emergência.

3.2.1.6 BRIGADA DE INCÊNDIO

O Programa da Brigada de Incêndio é estabelecido pela NBR 14.276/06. O Centro de Tecnologia da Instituição, onde se encontra o centro de pesquisas estudado, possui Brigada de Incêndio composto por Bombeiros Civis em regime de plantão de 24 horas e atualmente não possui Brigadistas Voluntários.

Ainda de acordo a NBR 14.276/06, o montante de brigadistas é insuficiente para todo o Centro de Tecnologia da Instituição. Sabe-se também que, no Centro de Pesquisas não há, no momento, algum funcionário treinado regularmente como Brigadista Voluntário, embora todos recebam treinamento de manuseio de extintores por ocasião de recarga e reteste de seus equipamentos.

Para o cálculo de brigadistas voluntários levando-se em conta somente o Centro de Pesquisas, e ainda de acordo com a tabela 1 da NBR 14.276/06 (Tabela 3.4) e usando a classificação a seguir por analogia, por ser a mais próxima da atividade do Centro de Pesquisas, tem-se:

TABELA 3.4 – Dimensionamento da Brigada (Fonte: tabela 1 da NBR 14.276/2006)

Ocupação			População por pavimento	
Classe	Sub-classe	Descrição	Até 10	Acima de 10
Industriais	VIII-2	Atividades que durante o processo industrial, apresentam médio potencial de risco de incêndio.	50 %	7 %

Ou seja,

$$\text{Número de brigadistas} = [\text{população fixa}] \times [\% \text{ de cálculo da tabela 1 da NBR14.276/06}]$$

(Equação 2)

$$\text{Número de brigadistas} = 20 \times 7 \% = 1,4 \sim 2$$

É importante ressaltar ainda que, de acordo NBR 14.276/06:

“Caso haja segurança patrimonial ou bombeiro profissional civil, estes devem participar como colaboradores no programa de brigada de incêndio, porém não podem ser computados para efeito do cálculo da composição da brigada, devido às suas funções específicas.”

Assim sendo, mesmo o Centro de Tecnologia da Instituição possuindo Bombeiros Profissionais Civis em sua composição no programa de brigada de incêndio, o Centro de Pesquisas deve treinar pelo menos 2 de seus funcionários como membros da Brigada Voluntária.

Em todos os ambientes do Centro de Pesquisas existem adesivos com os telefones da Central de Emergência/ Brigada de Incêndio do Centro de Tecnologia da Instituição e do Grupamento de Operações Táticas dos Bombeiros Militares do Rio de Janeiro (GOTA) que tem base na Cidade Universitária/Ilha do Fundão, (Figura 3.20).



FIGURA 3.20- Telefones de Emergência em Locais Visíveis (Fonte: autor), 2012

3.2.1.7 SINALIZAÇÃO DE EMERGÊNCIA

Em visitas realizadas ao Centro de Pesquisas foi observado o sistema de sinalização local, verificando a compatibilidade entre as cores usadas, a indicação do aviso e a clareza sobre os riscos existentes nas áreas.

A NR-26 define um padrão de cores, com a respectiva aplicação, que será objeto da apresentação das situações a seguir:

- **VERMELHO**

De acordo com a NR-26, “o vermelho deverá ser usado para distinguir e indicar equipamentos e aparelhos de proteção e combate a incêndio. Não deverá ser usado na indústria para assinalar perigo, por ser de pouca visibilidade em comparação com o amarelo (de alta visibilidade) e o alaranjado (que significa Alerta).”

São exemplos de aplicação, a identificação de:

- hidrantes;
- bombas de incêndio;
- extintores e sua localização (Figura 3.21);
- localização de mangueiras de incêndio (Figura 3.22);

- portas de saídas de emergência (Figura 3.23). Observa-se que no caso da porta de saída de emergência do Centro de Pesquisas a cor não é vermelha e portanto, a cor está em não conformidade com a NR.



FIGURA 3.21 – Extintores (Fonte: autor), 2012



FIGURA 3.22 – Mangueiras de Incêndio (Fonte: autor), 2012



FIGURA 3.23 – Saída de Emergência com cor errada (Fonte: autor), 2012

- **AMARELO**

De acordo com a NR-26 “em canalizações, deve-se utilizar o amarelo para identificar gases não liquefeitos e também deverá ser empregado para indicar Cuidado!”, assinalando:

- partes baixas das escadas;
- corrimões, parapeitos, pisos e partes inferiores de escadas que apresentam risco;
- espelhos de degraus de escadas;
- Bordos desguarnecidos de aberturas no solo (poço, entradas subterrâneas, etc.) e de plataformas que não possam ter corrimões;

O Centro de Pesquisas utiliza o amarelo como “cuidado”, ao indicar superfícies frias e quentes e produtos perigosos, conforme Figuras 3.24, 3.25 e 3.26 respectivamente.



FIGURA 3.24 – Indicação de Superfície Fria (Fonte: o autor), 2012



FIGURA 3.25 - Indicação de Superfície Quente (Fonte: o autor), 2012

No caso de indicação de superfícies frias e quentes, o amarelo deveria ser pintado em todo o fundo do aviso para maior visibilidade ou, fazer uso de pictogramas padronizados conforme ABNT NBR 13434: 2004.



FIGURA 3.26 - Produto Oxidante “Cuidado” (Fonte: autor), 2012

- **PRETO**

O preto é empregado para indicar as canalizações de inflamáveis e combustíveis de alta viscosidade (ex: óleo lubrificante, asfalto, óleo combustível, alcatrão, piche, etc.)

O Preto pode ainda ser usado em substituição ao branco, ou combinado a este quando condições especiais o exigirem.

Embora o Centro de Pesquisas trabalhe com produtos combustíveis, não há canalizações para tais produtos.

- **VERDE**

O verde é a cor que caracteriza “segurança”. É empregado para identificar:

- Canalização de água (Figura 3.27);
- Caixas de equipamentos de socorro de urgência;
- Caixas contendo máscaras contra gases;
- Chuveiros de segurança (Figura 3.28);
- Macas;
- Fontes lavadoras de olhos (Figura 3.29);
- Quadros para exposição de cartazes, boletins, avisos de segurança etc.
- Porta de entrada de salas de curativos de urgência;
- Emblemas de segurança (Figura 3.30);
- Dispositivos de segurança;
- Mangueiras de oxigênio (solda oxiacetilênica).



FIGURA 3.27 – Canalização de água em verde (Fonte: autor), 2012



FIGURA 3.28 – Chuveiro de segurança (Fonte: autor), 2012

Observa-se que na Figura 3.30, não há indicação em verde do chuveiro de segurança.



FIGURA 3.29 – Fontes lavadoras de olhos (Fonte: autor), 2012



FIGURA 3.30 - Emblemas de segurança (Fonte: autor), 2012

- **LARANJA**

O laranja é empregado para identificar:

- Canalização contendo ácidos;
- Partes móveis de máquinas e equipamentos;
- Partes internas das guardas de máquinas que possam ser removidas ou abertas;
- Faces internas de caixas protetoras de dispositivos elétricos (Figura 3.31);
- Faces externas de polias e engrenagens;
- Botões de arranque de segurança;
- Dispositivos de corte, bordas de serras, prensas.

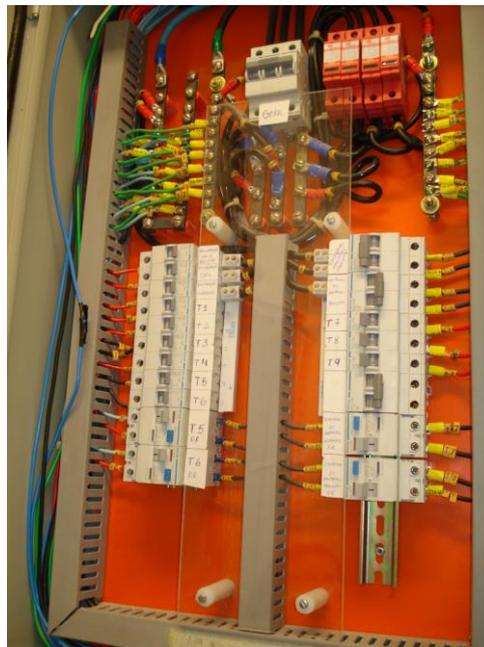


FIGURA 3.31 - Face interna de caixa protetora de dispositivos elétricos

(Fonte: autor), 2012

- **CINZA**

O cinza claro é usado para identificar canalizações em vácuo e o cinza escuro é usado para identificar eletrodutos.

No Centro de Pesquisas é respeitada a cor cinza claro para vácuo, porém para eletrodutos utiliza-se o alumínio erroneamente, conforme pode ser visto na Figura 3.32.



FIGURA 3.32 – Eletrodutos em alumínio e não em cinza escuro

(Fonte: autor), 2012

- **ALUMÍNIO**

O alumínio é utilizado em canalizações contendo gases liquefeitos, inflamáveis e combustíveis de baixa viscosidade (ex: óleo diesel, gasolina, querosene, óleo lubrificante etc.).

Neste caso, o Centro de Pesquisas está em conformidade não só com o item 26.1.5.12 da norma, como também com o item 26.3, ou seja, aplicação de cores para identificação do gás conduzido (Figura 3.33).

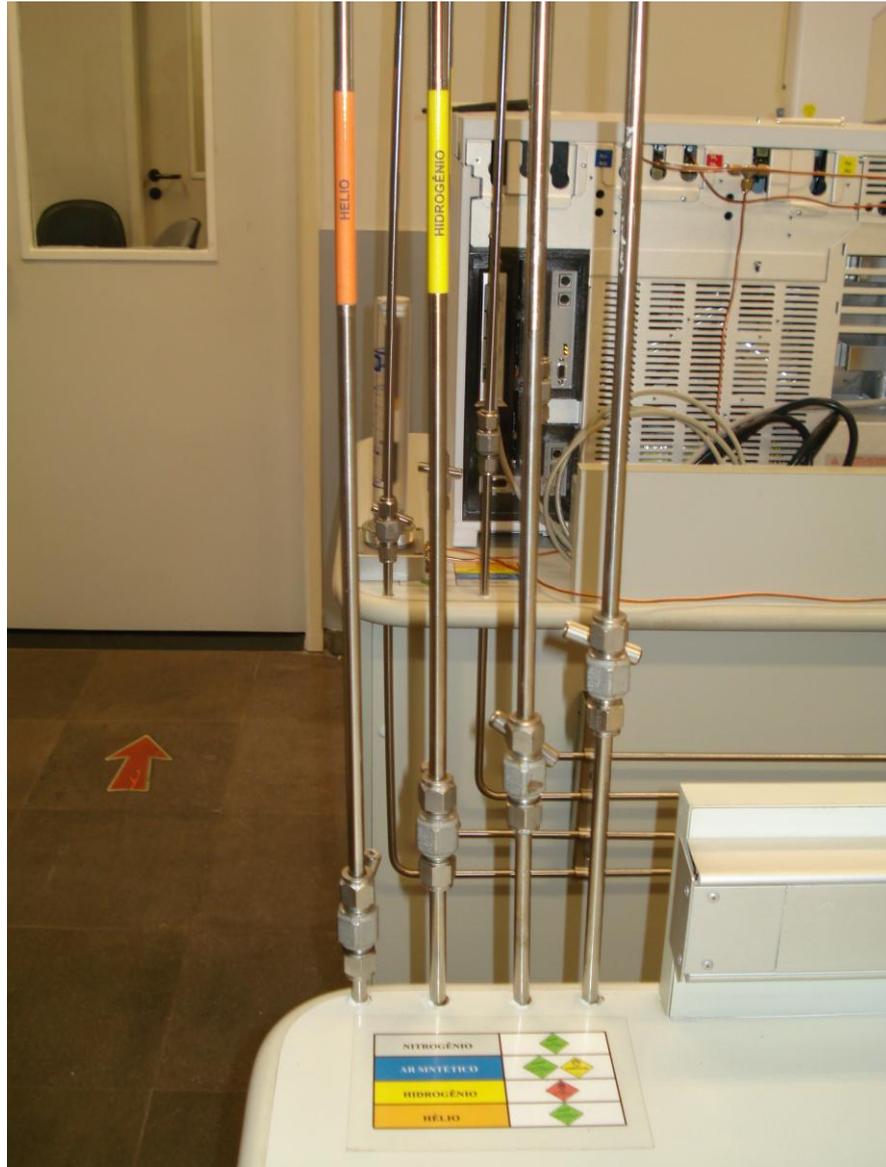


FIGURA 3.33 – Tubulação em alumínio para gases liquefeitos

(Fonte: autor), 2012

3.2.1.8 PRODUTOS PERIGOSOS OU NOCIVOS À SAÚDE

Por se tratar de um Centro de Pesquisas para análise de combustíveis, a identificação e o armazenamento dos produtos perigosos está em conformidade aos itens 26.4 e 26.6 da norma NR-26 – Sinalização de Emergência, conforme pode ser visto na Figura 3.34 e 3.35.



FIGURA 3.34 – Produtos perigosos (Fonte: autor), 2012



FIGURA 3.35 – Etiqueta de identificação de produto perigoso (Fonte: autor), 2012

3.2.2 IDENTIFICAÇÃO DE NÃO CONFORMIDADES EXISTENTES

Foi observado que as mangueiras e hidrantes não sofrem testes hidrostáticos anuais e não há certificado de pressurização.

A execução de treinamento com exercícios de alerta com desocupação e simulação com a Brigada de Incêndio do Centro de Tecnologia da Instituição e se possível com os Bombeiros Militares do GOTA ainda não foi realizada.

O prédio não dispõe de sistema de monitoração e/ou alarme, sistema de proteção contra descargas atmosféricas ou plano de emergência.

E finalmente, a formação de brigadistas voluntários dentro do Centro de Pesquisas, se faz urgentemente necessária.

3.2.3 SOCORROS EXTERNOS

3.2.3.1 Brigada de Incêndio/ Central de Emergência do Centro de Tecnologia da Instituição

O setor que abriga a Brigada de Incêndio objetiva atender com plantão permanente de bombeiros civis, a chamados de princípios de incêndio nas instalações do Centro de Tecnologia da Ilha do Fundão.

Desde 2003, a Instituição tem contratado firmas credenciadas no Corpo de Bombeiros, para coordenar a Brigada de Combate a Incêndio e Controle de Pânico. Inclui-se aí o plantão permanente, atualmente com quatro rondas diárias de bombeiros civis, em plantão 24h/dia pelas instalações prediais e áreas próximas ao CT.

O Programa da Brigada de Incêndio é estabelecido pela NBR 14.276/06. Como dito anteriormente, a Instituição possui Brigada de Incêndio composto por Bombeiros Civis em regime de plantão de 24 horas e possuía 20 Brigadistas Voluntários composto pelo pessoal de vigilância patrimonial, que ficavam distribuídos ao longo do Centro de Tecnologia, também em regime de plantão 24 horas, incluindo fins de semana. Tanto a Brigada Voluntária quanto a Brigada de Bombeiros Civis possuem rádio de comunicação do tipo *Walk Talk*, na mesma frequência.

Infelizmente, tais brigadistas voluntários, pertenciam à uma cooperativa que por fins de contrato foram substituídos em 2010. Todos os Brigadistas Voluntários estavam treinados e capacitados (anualmente) para atuarem na prevenção, retirada e combate a um princípio de incêndio e prestarem os primeiros socorros.

Ainda de acordo a NBR 14.276/06, o montante de brigadistas voluntários que não trabalham mais na Instituição ainda era insuficiente para todo o complexo.

3.2.3.2 Materiais e Equipamentos da Brigada

A Brigada de Incêndio do Centro de Tecnologia da Instituição de Ensino Superior possui atualmente equipamentos preventivos móveis, tais como extintores e mangueiras, bem como equipamentos de proteção individual. Os cerca de quinhentos (500) extintores cadastrados atualmente estão distribuídos em áreas comuns (corredores), setores da Administração Central e Laboratórios. Tais cilindros são recarregados e retestados periodicamente, assim como são realizados levantamentos de novas demandas.

Também foram adquiridos sete conjuntos de vestuários e equipamentos especiais para os brigadistas efetivos e roupa especial para derramamento químico. Conforme pode ser visto na Figura 3.36 e 3.37.



FIGURA 3.36 – Roupas Especiais de Combate à Incêndio da Brigada do CT da Instituição (Fonte: www.asq.coppe.ufrj.br), 2004)



FIGURA 3.37 – Roupa Especial para Derramamento Químico da Brigada de Incêndio do CT/Instituição

(Fonte: www.asq.coppe.ufrj.br), 2005

3.2.3.3 Bombeiros Militares do GOTA (Grupamento Operacional para Tecnologias Avançadas) na Ilha do Fundão

O Grupamento Operacional para Tecnologias Avançadas – GOTA, foi inaugurado em 2006 (figura 3.38 e 3.39).

A Corporação de Bombeiros Militares do GOTA está situada dentro do campus universitário, servindo também aos bairros próximos e imediações. Um dos objetivos da implantação do GOTA foi diminuir o tempo resposta de socorro e dar maior cobertura para os que trabalham e estudam no centro universitário e ainda aos que trafegam diariamente nas suas imediações, utilizando as vias expressas principais da cidade. Infelizmente, o tempo-resposta varia de 8 à 40 minutos.



FIGURA 3.38 – Local onde foi instalado novo Quartel do Corpo de Bombeiros

(fonte: WWW.cbmerj.rj.gov.br, 2006)



FIGURA 3.39 - Grupamento Operacional para Tecnologias Avançadas – GOTA

(fonte: WWW.cbmerj.rj.gov.br, 2006)

3.3 IDENTIFICAÇÃO DAS CARACTERÍSTICAS DAS CONSTRUÇÕES EM RELAÇÃO À RESISTÊNCIA AO FOGO E CARACTERÍSTICAS DE ACESSIBILIDADE

Todos os laboratórios que compõem o Centro de Pesquisas apresentam bom estado de conservação, não só por terem sido construídos há pouco mais de 3 anos, mas também pelo programa de manutenção efetuado.

As paredes, tetos e pisos são de alvenaria revestida, o que fornece relativo grau de resistência ao fogo, sendo que as portas das salas e/ou laboratórios são em sua grande maioria de madeira, não provendo grandes isolamentos ao fogo. O corredor interno de acesso aos banheiros, copa, sala de reunião e sala administrativa é revestido em fórmica branca a uma altura de 1,20 m do rodapé para evitar sujeira, porém diminuindo o grau de resistência ao fogo.

A fachada do Centro de Pesquisas foi construída em estrutura de concreto e revestida por pastilhas de cerâmica amarela em uniformidade com o padrão dos prédios que compõem o Centro de Tecnologia (Figura 3.40).



FIGURA 3.40 – Fachada do Centro de Pesquisas (Fonte: autor), 2012

O acesso ao prédio é feito por uma escada externa e uma rampa lateral. Na entrada principal, há guarita de segurança e o estacionamento é distribuído pela parte frontal e nos fundos da edificação.

Os locais de trabalho do Centro de Pesquisas possuem altura do piso ao teto (pé direito) de acordo com as posturas municipais (item 8.2 da NR-8), atendidas as condições de conforto, segurança e salubridade (Figura 3.41).



**FIGURA 3.41 – Entrada principal do Centro de Pesquisas
(Fonte: autor), 2012**

Os pisos dos locais de trabalho não apresentam nenhum tipo de depressão ou saliência que possam prejudicar a circulação ou movimentação dos trabalhadores e equipamentos.

Na Figura 3.42, pode ser visto o piso sem irregularidades, de forma a diminuir os riscos de acidentes, em caso de uma retirada rápida por exemplo, atendendo assim as disposições do item 8.3.1 da NR-08/2011.



FIGURA 3.42 – Piso sem irregularidades (Fonte: autor), 2012

Adicionalmente, foi verificado que as escadas e rampas são projetadas e construídas para atender a finalidade a que se destinam e são providas de guarda-corpo (Figura 3.43), assim como, todas as escadas e corredores possuem largura superior a 1,20 m.



FIGURA 3.43 – Guarda Corpo (Fonte: autor), 2012

O fornecimento de água para o prédio, assim como outros prédios do campus da universidade, ocorre por adução direta da CEDAE (Companhia de Águas e Esgotos do Rio de Janeiro). Na maioria das edificações do campus da universidade, não há caixa d'água superior, cisterna ou qualquer outro sistema com provimento d'água para constituição de reserva técnica para combate à incêndios.

No caso do Centro de Pesquisas, por ser uma edificação construída recentemente, foi previsto uma cisterna de 30 mil litros e a caixa d'água existente é para atendimento de outras 2 edificações próximas, como o prédio da Manutenção da Instituição e o prédio da Geotecnia do Programa de Engenharia Civil também da Instituição.

Em várias visitas ao Centro de Pesquisas, observou-se que, pessoas externas ao Centro utilizam suas instalações sanitárias. Devido a este fato, o dimensionamento das instalações sanitárias previstas para o número de trabalhadores do Centro de Pesquisas passou a estar em não conformidade com o item 24.1.2 da NR-24, pois cerca de 200 pessoas trabalham nos laboratórios vizinhos.

O prédio não dispõe de sistema de monitoração e/ou alarme, sistema de proteção contra descargas atmosféricas ou plano de emergência.

3.4 DESCRIÇÃO DO SOFTWARE UTILIZADO

3.4.1 ASPECTOS GERAIS

Como dito anteriormente no capítulo 2, é relevante os modelos computacionais poderem fornecer valiosas informações sobre o movimento de pessoas quando da retirada de um prédio, verificando-se pontos de estrangulamento e se as saídas estão bem posicionadas, fazendo com que elas sejam efetivamente utilizadas em caso de emergência. Todas essas informações são essenciais para a elaboração de um projeto que leve em conta a segurança das pessoas que irão utilizar a edificação.

3.4.2 A FERRAMENTA COMPUTACIONAL PATHFINDER

Pathfinder é um software que simula o movimento humano. Ele apresenta uma interface gráfica, que facilita o processo de modelagem e análise dos resultados, através de ferramentas de visualização 2D e 3D. Um exemplo dessa interface é mostrado na Figura 3.44.

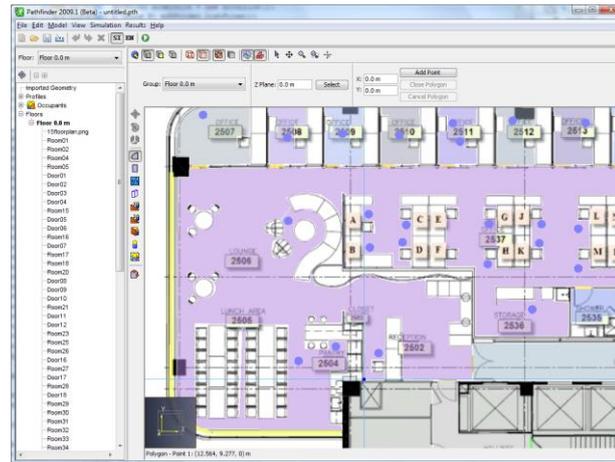


FIGURA 3.44 – Exemplo de interface com o usuário. (Fonte: Pathfinder user manual), 2009

Pathfinder também inclui facilidades que permitem importar plantas baixas confeccionadas por autocad. Os resultados são apresentados na forma 3D. Na Figura 3.45 os ocupantes estão se movendo em um modelo de imagem importada de um piso plano.

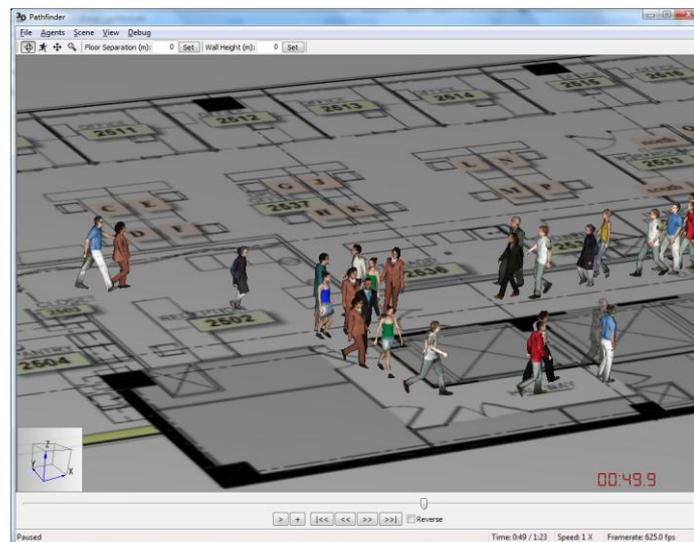


FIGURA 3.45 – Um exemplo de resultado em 3D. (Fonte: Pathfinder user manual), 2009

Pathfinder também fornece resultados numéricos, que correspondem tempos de deslocamentos, velocidade de deslocamentos e número de ocupantes. Um exemplo pode ser visto na Figura 3.46. Este gráfico mostra o número de ocupantes em várias salas.

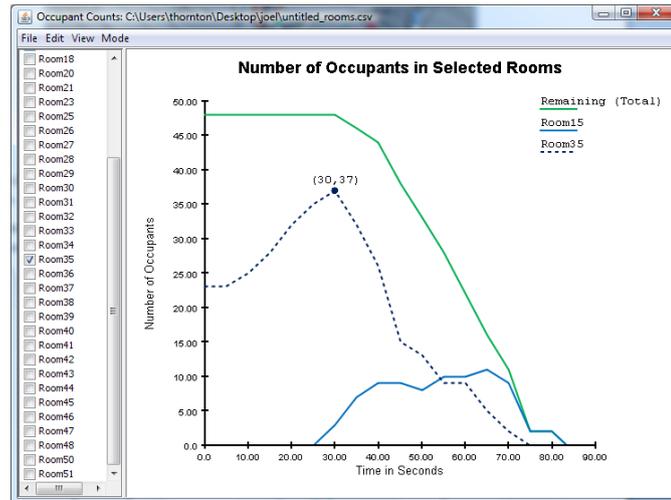


FIGURA 3.46 – Exemplo de gráfico de saída dos ocupantes por sala (Fonte: Pathfinder user manual), 2009

3.4.3 REPRESENTAÇÃO DO MODELO

O ambiente de circulação é uma malha 3D triangulada concebida para corresponder às dimensões reais da construção modelada. Esta malha de circulação pode ser introduzida automaticamente com base em dados importados.

Paredes e outras superfícies intransitáveis são representadas como lacunas na malha de navegação. Esses objetos não são realmente repassados para o simulador, mas são implicitamente representados porque os ocupantes não podem mover em lugares onde nenhuma malha de navegação foi criada.

As portas são representadas como bordas de malha de navegação especiais. Em todas as simulações, as portas fornecem um mecanismo para controle de fluxo dos ocupantes.

Escadas também são representadas como triângulos e bordas de malha de navegação especiais. Velocidade de movimento dos ocupantes é reduzida em função da inclinação da escada. Cada escada define implicitamente duas portas. Estas funcionam apenas como qualquer outra porta no simulador, mas são controladas através do editor de escada, de modo a garantir que não haja erros geométricos resultantes de uma incompatibilidade entre escadas e as portas de conexão.

Os ocupantes são modelados como cilindros na posição vertical e seus movimentos são calculados de forma independente, gerando um conjunto de parâmetros (velocidade máxima, apresentação 3D, sexo, idade, etc).

3.4.4 MODOS DE SIMULAÇÃO

Pathfinder suporta dois modos de simulação de movimento. No modo de “steering”, as portas não atuam para limitar o fluxo dos ocupantes, sendo que os ocupantes utilizam o sistema de direção para manter uma distância razoável. No modo SFPE (Handbook of Fire Protection Engineering), as portas impõem um limite de fluxo e a velocidade é controlada pela densidade de ocupantes. É possível comutar entre os dois modos dentro da interface do usuário, de modo a comparar os resultados.

3.4.5 LIMITAÇÕES DO SOFTWARE

Esta versão do Pathfinder não integra modelo de cenários de fogo e fumaça, nem suporta geometria dinâmica (por exemplo, abertura/ fechamento de portas, elevadores, objetos em movimento).

4 IDENTIFICAÇÃO DOS RISCOS ASSOCIADOS AO TRABALHO REALIZADO NO LOCAL ESCOLHIDO

4.1 INTRODUÇÃO

A análise de riscos pressupõe que os indivíduos nela envolvidos tenham uma perfeita visão sistemática dos processos operacionais dos temas em análise. Ou seja, eles devem entender que existem sistemas e subsistemas dependentes, de forma que, se um subsistema está funcionando mal, pode estar comprometendo um sistema principal e caminhando gradativamente para a efetivação de um acidente (MORGADO, 2007).

“Analisar um risco é identificar e discutir todas as possibilidades de ocorrência do acidente, na tentativa de se evitar que ele aconteça.”

Acontecendo, a análise deve ser conduzida à identificação de alternativas que tornem mínimos os danos consequentes desse acontecimento.

As técnicas de análise de riscos têm evoluído junto com os demais conhecimentos humanos e algumas ferramentas hoje disponíveis permitem com que esta atividade seja realizada com elevado nível de profissionalismo (MORGADO, 2007).

4.2 ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS – APR

A Análise Preliminar de Riscos (APR) consiste do estudo, durante a fase de concepção ou desenvolvimento preliminar de um novo projeto ou sistema, com a finalidade de se determinar os possíveis riscos que poderão ocorrer na sua fase operacional (MORGADO, 2007).

A APR é utilizada, portanto, para uma análise inicial "qualitativa", desenvolvida na fase de projeto e desenvolvimento de qualquer processo, produto ou sistema, tendo especial importância na investigação de sistemas novos de alta inovação e/ou pouco conhecidos, ou seja, quando as informações relacionadas com riscos na sua operação é deficiente. Apesar das características básicas de análise inicial, é muito útil de se utilizar como uma ferramenta de revisão geral de segurança em sistemas já operacionais, revelando aspectos que às vezes passariam despercebidos.

Esta metodologia procura examinar as maneiras pelas quais os perigos podem ser identificados, as suas causas, os métodos de detecção disponíveis e os efeitos sobre os trabalhadores, a população circunvizinha e sobre o meio ambiente. Após, é feita uma Análise Qualitativa desses riscos identificando desta forma os principais Riscos Potenciais. Além disso, são sugeridas medidas preventivas e/ou mitigadoras dos riscos a fim de eliminar as causas ou reduzir as consequências dos cenários de acidente identificados.

Muniz (2011) utilizou a técnica de Análise Preliminar de Riscos (APR), para verificar os riscos presentes nos locais de trabalho dos laboratórios do centro de pesquisas, objeto desse estudo, e destacar os cenários de maior suscetibilidade ao risco em que se devem priorizar as ações de mitigação e prevenção. O trabalho desenvolvido para APR servirá como referência para esta dissertação.

Com base na particularidade de cada processo, foram examinadas as formas pelas quais os materiais ou resíduos do processo podem ser liberados de forma descontrolada, constituindo perigo à integridade dos funcionários e de seu entorno, como também para as instalações e materiais.

Sendo assim, foram identificados os perigos inerentes a um determinado cenário de interesse e foram descritos as possíveis causas de ocorrência bem como os prováveis efeitos dessas causas.

A realização da análise propriamente dita foi feita através do preenchimento de uma planilha de APR para cada laboratório. A planilha adotada é mostrada na Tabela 4.1.

TABELA 4.1 – Planilha APR

(Fonte: Morgado, C., 2007)

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS						
Subsistema:					Data:	
EVENTO	CAUSAS	EFEITOS	F	S	R	RECOMENDAÇÕES

F: Frequência do cenário, S: Severidade do cenário, R: Risco

De acordo com a metodologia da APR, os cenários de acidente devem ser classificados em categorias de frequência, as quais fornecem uma indicação qualitativa da frequência esperada

de ocorrência para cada um dos cenários identificados. A Tabela 4.2 mostra as categorias de frequências.

TABELA 4.2 - Categorias de Frequências dos Cenários
(Fonte: Morgado, C., 2007)

CATEGORIA	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO
A	Extremamente Remota	Conceitualmente possível, mas extremamente improvável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação
B	Remota	Não esperado ocorrer durante a vida útil do processo/instalação
C	Improvável	Pouco provável de ocorrer durante a vida útil do processo/instalação
D	Provável	Esperado ocorrer até uma vez durante a vida útil do processo/instalação
E	Frequente	Esperado ocorrer várias vezes durante a vida útil do processo/instalação

Os cenários de acidente também devem ser classificados em categorias de severidade, as quais fornecem uma indicação qualitativa da severidade esperada de ocorrência para cada um dos cenários identificados. A Tabela 4.3 mostra as categorias de severidade utilizadas.

TABELA 4.3 – Categorias de Severidade dos Cenários**(Fonte: Morgado, C., 2007)**

CATEGORIA	DENOMINAÇÃO	DESCRIÇÃO/CARACTERÍSTICAS
I	DESPREZÍVEL	Sem danos ou danos insignificantes aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Não ocorrem lesões/mortes de funcionários, de terceiros (Não funcionários) e/ou pessoas (indústrias e comunidade); o máximo que pode ocorrer são casos de primeiros socorros ou tratamento médico menor.
II	MARGINAL	Danos leves aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (os danos materiais são controláveis e/ou de baixo custo de reparo); Lesões leves em funcionários, terceiros e/ou em pessoas.
III	CRÍTICA	Danos severos aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente; Lesões de gravidade moderada em funcionários, em terceiros e/ou em pessoas (probabilidade remota de morte de funcionários e/ou de terceiros); Exige ações corretivas imediatas para evitar seu desdobramento em catástrofe.
IV	CATASTRÓFICA	Danos irreparáveis aos equipamentos, à propriedade e/ou ao meio ambiente (reparação lenta ou impossível); Provoca mortes ou lesões graves em várias pessoas (em funcionários, em terceiros e/ou em pessoas da comunidade).

Para estabelecer o nível de Risco utiliza-se uma matriz, indicando a frequência e a severidade dos eventos indesejáveis, conforme indicado na Figura 4.1.

Matriz de Riscos: interação severidade x frequência de ocorrência

		FREQUÊNCIA				
		A	B	C	D	E
S E V E R I D A D E	IV	2	3	4	5	5
	III	1	2	3	4	5
	II	1	1	2	3	4
	I	1	1	1	2	3

Severidade		Frequência		Risco	
I	Desprezível	A	Muito Improvável	1	Desprezível
II	Marginal	B	Improvável	2	Menor
III	Crítica	C	Remota	3	Moderado
IV	Catastrófica	D	Provável	4	Sério
		E	Frequente	5	Crítico

FIGURA 4.1 - Matriz de Classificação de Risco

(Fonte: Morgado, C., 2007)

Ainda no trabalho de Muniz (2011), foram identificados e avaliados os riscos existentes apenas para os ensaios mais críticos de cada um dos laboratórios que compõem o Centro de Tecnologia, a saber:

1 – Laboratório Químico 1 (Ensaio de Enxofre e Carbono por combustão a 1450° C):

Ensaio para determinação de enxofre por combustão, e determinação do total de enxofre em produtos petrolíferos, incluindo óleos lubrificantes que contém aditivos e, em aditivos concentrados. Utiliza-se para este ensaio, equipamento semi-automático.

É o ensaio mais crítico deste laboratório em virtude do calor, luminosidade intensa e amostras pesadas. A reposição do perclorato de magnésio e da lã de vidro é feita dentro da capela.

2 – Laboratório de Análise Química (Ensaio de Cinzas Sulfatadas):

Ensaio para determinação do teor de cinzas de combustíveis destilados e residuais, gás combustível de turbina, petróleo bruto, óleos lubrificantes, ceras e outros produtos de petróleo, em qualquer cinza formada considerada como contaminante. É um método manual, baseado em vidraria.

É o ensaio mais crítico deste laboratório em virtude do fluxo intenso de análises. Esse ensaio apresenta grande exposição aos vapores das amostras. A amostra passa por bico de bunsen e vai para mufla a 800° C. A adição e queima de ácido sulfúrico com a amostra libera SO₂ dentro da capela por 30 minutos e este é eliminado pela exaustão. O GLP também oferece risco em virtude de inflamabilidade e explosividade. A capela deste laboratório é exclusiva para este ensaio.

3 – Laboratório de Avaliação do Petróleo (Ensaio de Destilação Atmosférica):

Neste método de ensaio manual utiliza-se vidraria e uma resistência elétrica para determinação das características de destilação de gasolinas automotivas e misturas com etanol, gasolina de aviação, querosenes de aviação, solventes especiais, naftas, aguarrás, querosenes, óleo diesel e misturas com biodiesel, óleos combustíveis marítimos e outros produtos de petróleo.

É o ensaio mais crítico deste laboratório, em função da presença de uma resistência elétrica aberta. O ensaio é realizado fora da capela, sob uma coifa. As elevadas temperaturas propiciam a dispersão de vapores no ar. Em virtude das altas temperaturas que o equipamento alcança, o balão contendo a amostra pode trincar ou até quebrar, vazando o conteúdo, geralmente inflamável, podendo causar um princípio de incêndio.

4 – Laboratório Físico-Químico (Determinação do Ponto de Anilina):

O ponto de anilina é a menor temperatura na qual o produto é completamente miscível em igual volume desta substância. O ponto de anilina alto indica que o produto é rico em hidrocarbonetos parafínicos ou aromáticos. Nos ensaios são utilizados um equipamento manual e um automático.

É o ensaio mais crítico deste laboratório em virtude de atividades feitas fora da capela e a toxicidade da anilina. As baixas temperaturas do banho reduzem sua evaporação. Se a amostra for muito densa e escura faz-se necessária a realização do ensaio a altas temperaturas. Esse procedimento é realizado fora da capela. Uma coifa está sendo instalada neste local.

5 – Laboratório de Biocombustíveis (Teste de Goma e Determinação de teor de resíduo por evaporação de álcool etílico combustível):

A goma é o produto formado durante o ensaio pela oxidação de gasolina e caracteriza-se por ser um material resinoso que tende a precipitar, causando depósitos no sistema de distribuição de combustíveis. O ensaio mede, também, a quantidade de substâncias pesadas presentes no álcool, que não são evaporadas quando o álcool é submetido à evaporação a 105° C. O mesmo equipamento automático é usado para os dois ensaios, isto é, para o teste de goma em gasolina e determinação de teor de resíduo por evaporação de álcool etílico.

O teste de goma é o mais crítico deste laboratório. As vaporizações duram cerca de 40 minutos e durante esse tempo as amostras sofrem um aquecimento de 160° C, sob um fluxo de ar quente de 600 mL/s, que gera uma dispersão de vapores de gasolina muito grande. Por mais que o ensaio seja feito na capela sempre há um escape de vapores para o exterior. Recomenda-se que o técnico não permaneça no laboratório durante o processo que é automático.

6 – Laboratório de Cromatografia e Potenciometria (Nitrogênio Básico):

Neste método utiliza-se o titulador potenciométrico automático para determinação dos constituintes básicos de produtos de petróleo.

É um dos três ensaios mais críticos do laboratório devido a grande exposição química ao ácido acético.

A estufa e a chapa de aquecimento para preparo de amostras ficam fora da capela. Exceto a pesagem, todas as atividades envolvendo produtos químicos são realizadas em capela.

7 – Laboratório de Trâmite de Amostras (Acondicionamento em Câmara fria):

O acondicionamento de amostras na câmara fria é o procedimento mais crítico deste laboratório. A câmara fria não possui sistema de exaustão, retendo os vapores emitidos pelas amostras. Estão sendo estudadas melhorias para a câmara fria, tais como, exaustão e cortina de ar.

Ainda de acordo com as Tabelas 4.4 à 4.10 elaboradas no trabalho de Muniz (2011) e apresentadas a seguir, observa-se que em pelo menos 5 dos 7 laboratórios do centro de tecnologia apresentam riscos de incêndio. A partir dessas informações, serão gerados os cenários de simulação do processo de retirada de emergência, e, usando o software escolhido para este propósito, o Pathfinder.

TABELA 4.4 - Laboratório Químico 1 (Ensaio de Enxofre e Carbono por combustão a 1450° C) (Fonte: autor), 2010

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS						
Subsistema: Laboratório Químico 1 – Ensaio de Enxofre e Carbono por combustão a 1450° C						
EVENTO	CAUSAS	EFEITOS	F	S	R	RECOMENDAÇÕES
Calor	Equipamento aquecido internamente à 1350°C.	Desidratação;fadiga física;	B	III	2	Treinamento; Medidas de proteção coletiva: ventilação local exaustora com a função de retirar o calor e gases dos ambientes, isolamento das fontes de calor, capela, coifa.
Explosão	sobrepessão	Morte, lesões corporais, danos materiais	B	IV	3	Instalação de medidores de pressão, com alarme sonoro
Risco Químico	Perclorato de Magnésio	Irritante para os olhos, nariz e garganta. Venenoso se ingerido.	A	III	1	Treinamento Guarda-pó, sapato de segurança, luvas, óculos, máscara para vapores orgânicos, máscara de pó.
	Lã-de-Vidro	Pode provocar irritação na pele. Altos níveis de pó podem irritar as vias respiratórias.	A	III	1	

TABELA 4.5 - Laboratório de Análise Química (Ensaio de Cinzas Sulfatadas)**(Fonte: autor), 2010**

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS						
Subsistema: Laboratório de Análise Química - Ensaio de Cinzas Sulfatadas						
EVENTO	CAUSAS	EFEITOS	F	S	R	RECOMENDAÇÕES
Incêndio	Bico de Bunsen, mufla a 800° C	Mortes, lesões, danos materiais	C	IV	4	Medidas de proteção coletiva: ventilação local exaustora com a função de retirar o calor e gases dos ambientes, isolamento das fontes de calor. Medidas de proteção individual: fornecimento de EPI
Risco Químico (liberação de vapores orgânicos)	Ácido Sulfúrico 98%	Líquido altamente corrosivo. Seus vapores são irritantes ao nariz, garganta e aos olhos. Se inalado, causará tosse, dificuldade respiratória ou perda de consciência. Em contato com a pele ou olhos, queimará os mesmos.	D	III	4	Fornecimento de EPI adequado e avaliação médica periódica
Vazamento de gás	Ruptura de tubulação	Incêndio, explosão	C	IV	4	Manutenção periódica

TABELA 4.6 - Laboratório de Avaliação do Petróleo (Ensaio de Destilação Atmosférica)**(Fonte: autor), 2010**

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS						
Subsistema: Laboratório de Avaliação do Petróleo - Ensaio de Destilação Atmosférica						
EVENTO	CAUSAS	EFEITOS	F	S	R	RECOMENDAÇÕES
Incêndio	O aparelho gera aquecimento por placa com temperatura de até 400°C	Mortes, lesões, danos materiais	D	IV	5	Medidas de proteção coletiva: ventilação local exaustora com a função de retirar o calor e gases dos ambientes, isolamento das fontes de calor. Medidas de proteção individual: fornecimento de EPI
Risco Químico (vapores)/ incêndio	Nafta	Facilmente inflamável; pode provocar efeitos narcóticos, dor de cabeça, náusea e tonteira.	D	III	4	Capelas, coifas, guarda-ó, sapato de segurança, luvas, óculos, máscara para vapores orgânicos.
	Acetona	Facilmente inflamável; irritante p os olhos; pode provocar secura da pele ou fissuras, por exposição repetida. A inalação dos vapores pode provocar sonolência e vertigens.				
	Tolueno	Facilmente inflamável; nocivo por inalação, pode provocar danos no fígado e rins.				

TABELA 4.7 - Laboratório Físico-Químico (Determinação do Ponto de Anilina). Fonte: autor, 2010

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS						
Subsistema: Laboratório Físico-Químico - Determinação do Ponto de Anilina						
EVENTO	CAUSAS	EFEITOS	F	S	R	RECOMENDAÇÕES
Incêndio	Em banho de aquecimento de até 182°C durante quase todo.	Mortes, lesões, danos materiais	D	III	4	Medidas de proteção coletiva: ventilação local exaustora com a função de retirar o calor e gases dos ambientes, isolamento das fontes de calor. Medidas de proteção individual: fornecimento de EPI
Risco Químico (vapores)/ incêndio	Nafta	Facilmente inflamável; pode provocar efeitos narcóticos, dor de cabeça, náusea e tonteira.	C	III	3	Capelas, coifas, guarda-pó, sapato de segurança, luvas, óculos, máscara para vapores orgânicos.
	Acetona	Facilmente inflamável; irritante para os olhos; pode provocar secura da pele ou fissuras, por exposição repetida. A inalação dos vapores pode provocar sonolência e vertigens.	C	III	3	
	N-heptano PA	Facilmente inflamável; irritante para pele, olhos e sistema respiratório; pode provocar sonolência e vertigens por inalação de vapores.	D	III	4	
	Anilina PA	Facilmente inflamável. Nocivo por inalação, em contato com a pele e por ingestão; Possibilidade de efeitos cancerígenos; Tóxico: risco de efeitos graves para saúde em caso de exposição prolongada por inalação, em contato com a pele e por ingestão.	D	IV	5	

TABELA 4.8 - Laboratório de Biocombustíveis (Teste de Goma e Determinação de teor de resíduo por evaporação de álcool etílico combustível) (Fonte: autor), 2010

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS						
Subsistema: Laboratório de Biocombustíveis (Teste de Goma e Determinação de teor de resíduo por evaporação de álcool etílico combustível)						
EVENTO	CAUSAS	EFEITOS	F	S	R	RECOMENDAÇÕES
Ruído excessivo	Jato de ar quente durante a vaporização	o ruído atinge o aparelho auditivo causando a perda temporária ou definitiva da audição.	B	II	1	enclausuramento da máquina produtora de ruído; isolamento do ruído; medida de proteção individual: fornecimento de equipamento de proteção individual (EPI) (nocaso, protetor auricular). O EPI deve ser fornecido na impossibilidade de eliminar o ruído ou como medida complementar; medidas médica: exames audiométricos periódicos,
Queimaduras	Calor Banho de aquecimento de 160°C	Desidratação; erupção da pele;.	B	II	1	Medidas de proteção coletiva: ventilação local exaustora com a função de retirar o calor e gases dos ambientes, isolamento das fontes de calor. Medidas de proteção individual: fornecimento de EPI .

TABELA 4.8 - Laboratório de Biocombustíveis. Continuação.

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS						
Subsistema: Laboratório de Biocombustíveis (Teste de Goma e Determinação de teor de resíduo por evaporação de álcool etílico combustível)						
EVENTO	CAUSAS	EFEITOS	F	S	R	RECOMENDAÇÕES
Risco Químico (vapores)/ incêndio	N-heptano	Facilmente inflamável; irritante para pele, olhos e sistema respiratório; pode provocar sonolência e vertigens por inalação de vapores.	B	III	2	Capelas, coifas, guarda-pó, sapato de segurança, luvas, óculos, máscara para vapores orgânicos.
	Tolueno	Facilmente inflamável; nocivo por inalação, pode provocar danos no fígado e rins.	B	III	2	
	Nafta	Facilmente inflamável; pode provocar efeitos narcóticos, dor de cabeça, náusea e tonteira.	B	III	2	
	Acetona	Facilmente inflamável; irritante para os olhos; pode provocar secura da pele ou fissuras, por exposição repetida. A inalação dos vapores pode provocar sonolência e vertigens.	B	III	2	
	DETERTEC FAIXA NEUTRA	Irritante em contato com os olhos. Evite a inalação e aspiração. Evitar o contato prolongado com a pele.	B	III	2	

TABELA 4.9 - Laboratório de Cromatografia e Potenciometria (Nitrogênio Básico)**(Fonte: autor), 2010**

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS						
Subsistema: Laboratório de Cromatografia e Potenciometria - Nitrogênio Básico						
EVENTO	CAUSAS	EFEITOS	F	S	R	RECOMENDAÇÕES
Queima-duras	Estufa a 120°C e a chapa de aquecimento a 200°C em caso de amostras muito escuras e densas.	Desidratação; erupção da pele;	C	III	3	Medidas de proteção coletiva: ventilação local exaustora com a função de retirar o calor e gases dos ambientes, isolamento das fontes de calor. Medidas de proteção individual: fornecimento de EPI.
Inalação de vapores (Risco Químico)	Ácido Acético	Líquido corrosivo. Seus vapores são irritantes ao nariz, garganta e aos olhos. Se inalado, causará tosse, dificuldade respiratória, náusea e vômito. Em contato com a pele ou olhos, queimará os mesmos.	C	III	3	Coifas, guarda-pó, sapato de segurança, luvas, óculos, máscara para vapores orgânicos.
	Tolueno	Facilmente inflamável; nocivo por inalação, pode provocar danos no fígado e rins.	C	III	3	
	Ácido Perclórico	Evitar contato com o líquido e o vapor. Corrosivo e Oxidante.	B	III	2	
	Acetona	Facilmente inflamável; irritante para os olhos; pode provocar secura da pele ou fissuras, por exposição repetida. A inalação dos vapores pode provocar sonolência e vertigens.	B	III	2	
	Álcool Etilico	Facilmente inflamável; irritante para os olhos.	C	III	3	
	Cloreto de Lítio	Nocivo por ingestão, irritante aos olhos, a pele e as vias respiratórias.	C	III	3	
	Trihidroximetilaminometano	Irritante a pele, aos olhos e as vias respiratórias	B	III	2	
	Soluções Tampão (pH 4 e 7)	Nocivo por ingestão, irritante aos olhos, a pele e as vias respiratórias.	B	III	2	

TABELA 4.10 - Laboratório de Trâmite de Amostras (Acondicionamento em Câmara fria) (Fonte: autor), 2010

ANÁLISE PRELIMINAR DE RISCOS						
Subsistema: Laboratório de Trâmite de Amostras - Acondicionamento em Câmara fria						
EVENTO	CAUSAS	EFEITOS	F	S	R	RECOMENDAÇÕES
Frio	Câmara fria a 4°C	Feridas; rachaduras e necrose na pele; enregelamento: ficar congelado; agravamento de doenças reumáticas; predisposição para acidentes; predisposição para doenças das vias respiratórias.	B	II	1	Medidas de proteção individual: fornecimento de EPI (ex: avental, bota, capuz, luvas especiais para trabalhar no frio).
Inalação de vapores (Risco Químico)	Derivados de Petróleo	Facilmente inflamável; irritante para os olhos; pode provocar secura da pele ou fissuras, por exposição repetida. A inalação dos vapores pode provocar sonolência e vertigens.	C	III	3	Coifas, guarda-pó, sapato de segurança, luvas, óculos, máscara para vapores orgânicos.
Risco Ergonômico	Prateleiras inferiores junto ao piso – postura inadequada, movimento repetitivo.	Lesão corporal	B	II	1	Para evitar que estes riscos comprometam as atividades e a saúde do trabalhador, é necessário um ajuste entre as condições de trabalho e o homem sob os aspectos de praticidade, conforto físico e psíquico por meio de: melhoria no processo de trabalho, melhores condições no local de trabalho, alteração no ritmo de trabalho, ferramentas adequadas, postura adequada, etc.

Do estudo de APR, foram gerados 33 cenários abrangendo todos os ensaios mais críticos de cada laboratório, que compõem o centro de pesquisas. O mapa de risco pode ser visualizado na Tabela 4.11.

TABELA 4.11 – Mapa de Risco Geral do Centro de Pesquisas

(Fonte: autor), 2010

Severidade \ Freqüencia	A	B	C	D	E	Total
IV	0	1	2	2	0	5
III	7	5	8	4	0	24
II	0	4	0	0	0	4
I	0	0	0	0	0	0
Total	7	10	10	6	0	33

Como pode ser observado pela matriz de risco apresentada na Tabela 4.11, os 2 cenários cuja frequência é D (provável de acontecer) e severidade IV (catastrófica) são os que apresentam maior risco de incêndio e portanto são os locais onde foram focadas as simulações usando o software Pathfinder.

5 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DOS CENÁRIOS DE INCÊNDIO E RESULTADOS

5.1 ASPECTOS GERAIS DA SIMULAÇÃO COM PATHFINDER

Como dito no Capítulo 3 da presente dissertação, o Pathfinder possui uma caixa de diálogo de parâmetros de simulação (figura 5.1), que possibilita o controle de certas características da simulação, ou seja, define duas opções para modos de simulação: modo “SFPE” (Society of Fire Protection Engineers) e modo “STEERING”.

No modo “SFPE”, a velocidade é determinada pela densidade dos ocupantes em cada sala e o fluxo é controlado pela largura das portas. Este modo utiliza os conceitos contidos no manual de Engenharia de Proteção contra o fogo (NELSON e MOWRER, 2002). No modo STEERING, as portas não limitam o fluxo de pessoas, mantendo uma razoável separação entre os ocupantes. Este modo é mais dependente da colisão entre pessoas e muitas vezes as respostas dadas são mais semelhantes ao experimental, do que o modo SFPE.

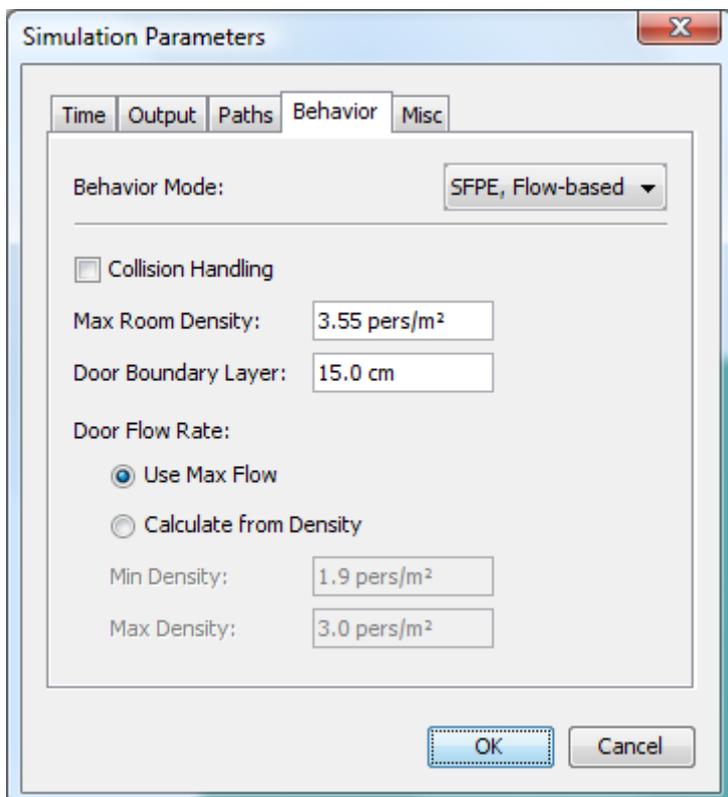


FIGURA 5.1 – Guia de comportamento da caixa de diálogo para parâmetros de simulação. Fonte: Manual Pathfinder, 2009.

Como resultado das simulações, o Pathfinder apresenta um arquivo contendo informações sobre densidade, fluxo dos ocupantes e tempo de saída de cada ambiente. A Tabela 5.1 mostra a listagem de um arquivo de uma simulação.

TABELA 5.1 - Exemplo de um arquivo de uma simulação. (Fonte: Pathfinder, 2009)

SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: exemplo1				
Mode: SFPE (Basic)				
[Components] All: 2				
[Components] Doors: 1				
Occupants: 16				
CPU Time: 0,1s				
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floor 0,0 m->Room00	0,00	20,15	16	
Floor 0,0 m->Door01	1,18	20,15	16	0,84
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	20,15	16	

5.1.1 EXECUTANDO UM MODELO PATHFINDER

Para executar uma simulação, clica-se no menu de simulação em “executar a simulação”, onde se abrirá a caixa de diálogo “executar a simulação”, conforme Figura 5.2. A caixa de diálogo “executar simulação” irá acompanhar o andamento da simulação, até que ela seja concluída.

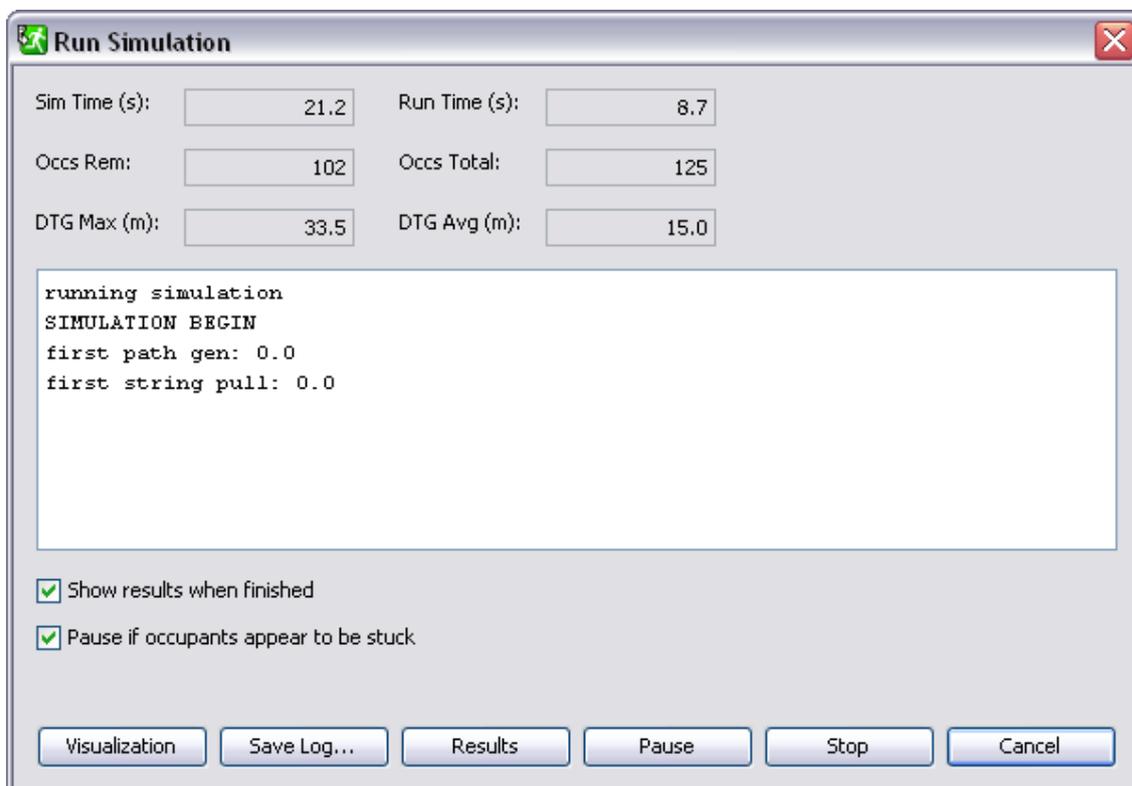


FIGURA 5.2 – Caixa de diálogo para execução da simulação. (Fonte: Manual Pathfinder, 2009).

5.1.2 EXIBINDO RESULTADOS

Executar um modelo Pathfinder gera várias formas de saída, tais como: o arquivo de resumo, o gráfico de contagem de ocupantes e os resultados em 3D. O arquivo de resumo fornece uma visão geral de resultados da simulação, o gráfico de contagem mostra o número de pessoas em áreas ao longo do tempo, e o modo de exibição apresenta os resultados em 3D, permitindo repetir a simulação como uma animação.

Para exibir o resumo do arquivo no menu de resultados, clica-se em “visualizar arquivo de resumo”. Para cada sala, o arquivo de resumo mostra quando o primeiro ocupante entrou e quando saiu o último ocupante. Ele também mostra o número total de ocupantes para

atravessar a sala e o fluxo médio. Esta informação também é mostrada na janela de caixa de diálogo “executar simulação”, após concluída uma simulação.

Para exibir o histórico de tempo de uso de sala, no menu de resultados, clica-se em uso da sala. O gráfico de contagem de ocupantes fornece uma representação visual do número de ocupantes em uma área ao longo do tempo. A Figura 5.3 mostra este gráfico.

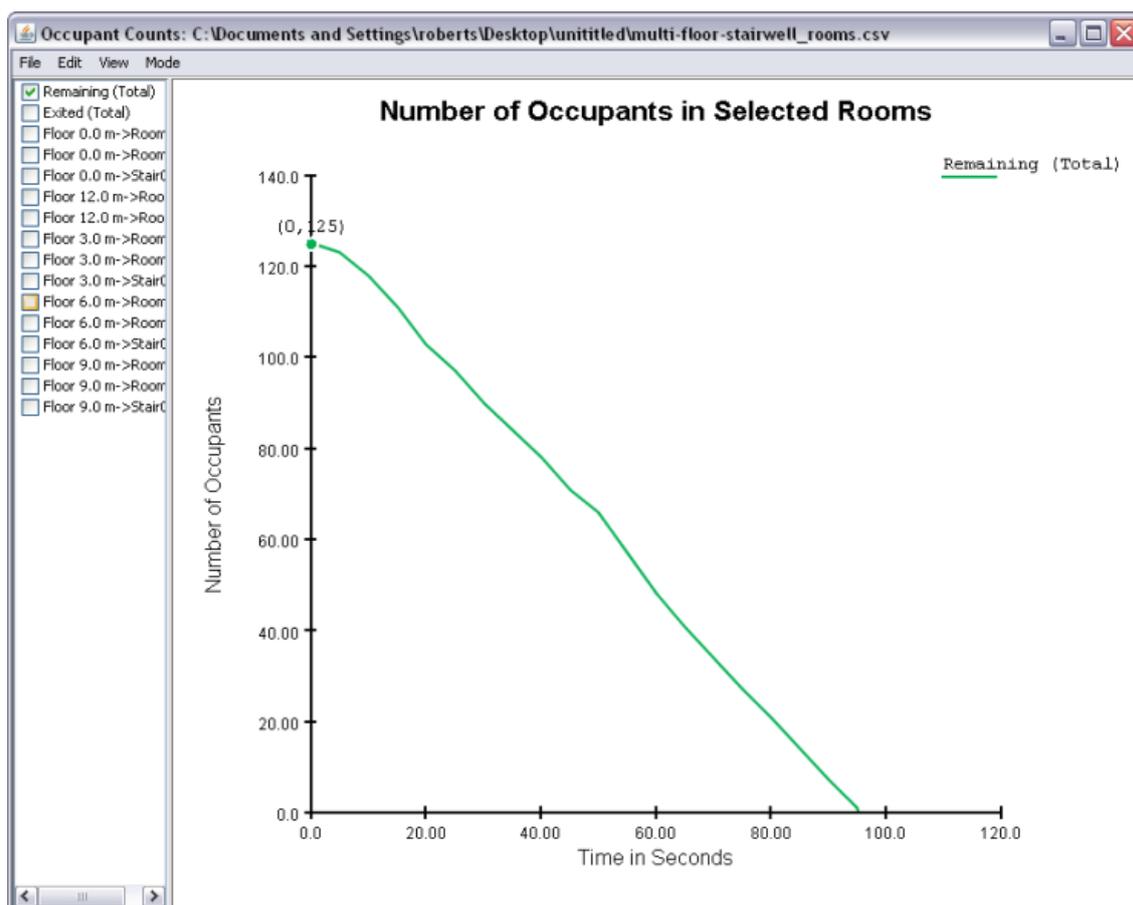


FIGURA 5.3 - Gráfico contagem de ocupantes (fonte: Pathfinder, 2009).

Para ver os resultados em 3D, clica-se em “exibir resultados em 3D”. O resultado em 3D é usado para reproduzir uma animação da simulação. Clica-se em botão “play” para ver a animação. Os ocupantes descerão as escadas e se encaminharão em direção à saída, conforme Figura 5.4.

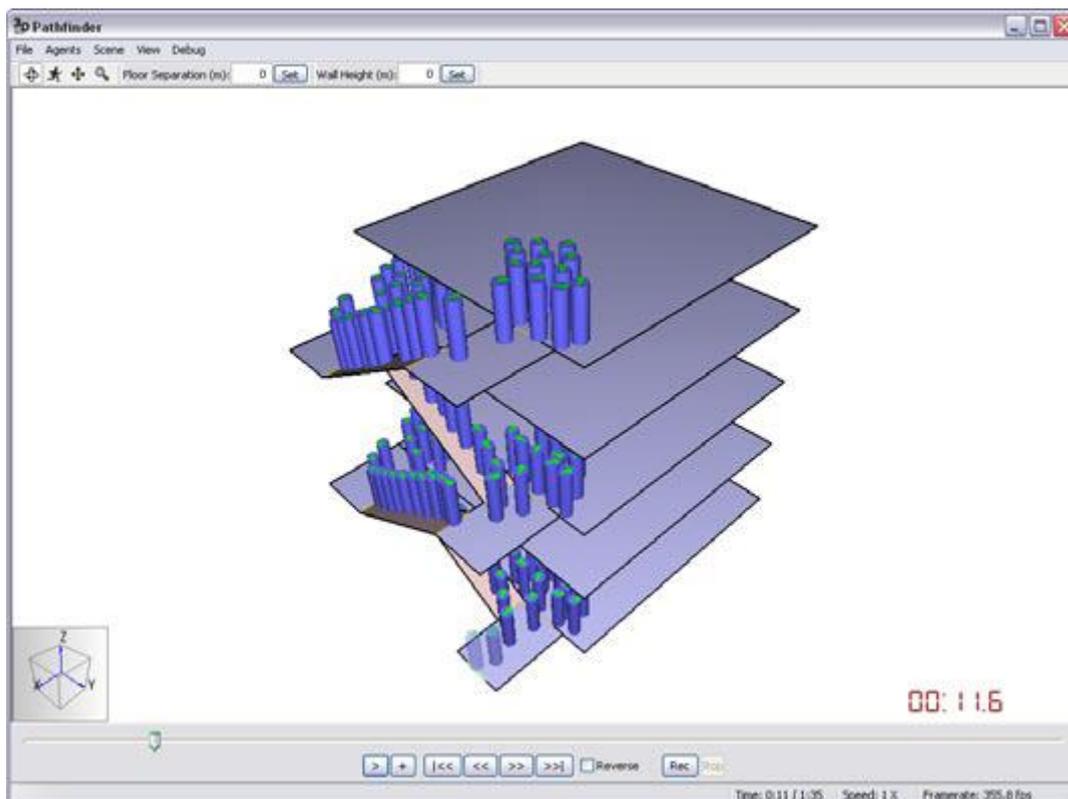


FIGURA 5.4 - Visualização em 3D onde os ocupantes são exibidos como cilindros, (fonte: Pathfinder, 2009).

O modo de exibição de resultados em 3D também inclui várias opções para ajudar na visualização de um modelo.

Para mostrar as trilhas dos ocupantes, no menu “exibir” clica-se em mostrar caminhos dos ocupantes. Isso fará com que os ocupantes deixem um rastro colorido do caminho percorrido.

Para mostrar os ocupantes usando modelos humanos, clica-se em mostrar os ocupantes como pessoas. O ocupante será processado usando modelos humanos realistas, (Figura 5.5). Os modelos específicos exibidos são selecionados com base em informações de perfil dos ocupantes.

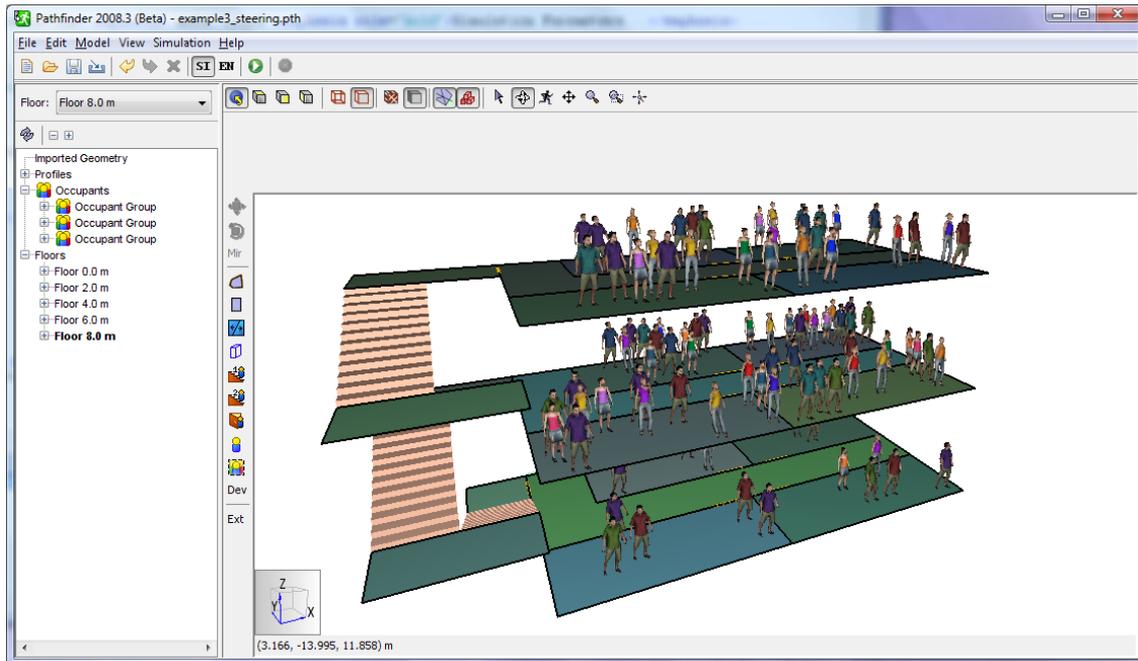


FIGURA 5.5 - Resultado em 3D utilizando modelos humanos (Fonte: Manual Pathfinder, 2009)

5.2 SIMULAÇÕES UTILIZANDO O PATHFINDER NOS LABORATÓRIOS DO CENTRO DE PESQUISAS ESCOLHIDO

A planta do Centro de Pesquisas escolhido foi importada para o Pathfinder, conforme Figura 5.6.

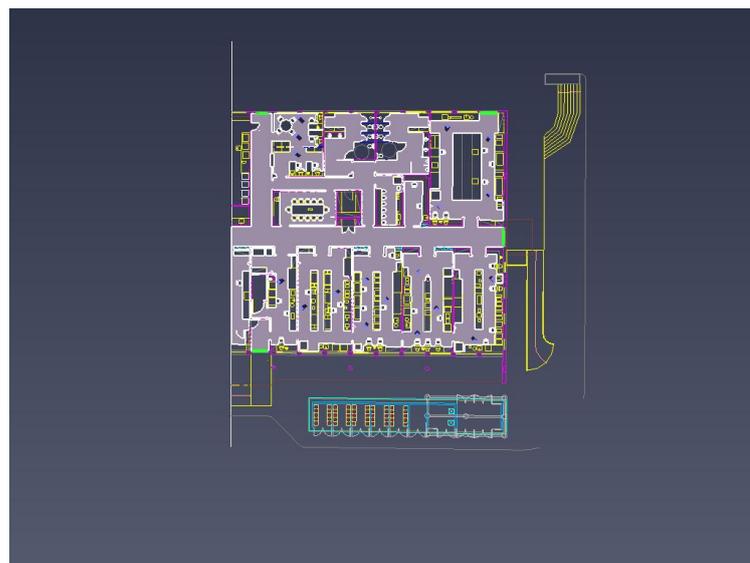


FIGURA 5.6 – Planta do Centro de Pesquisas importada para o Pathfinder. (Fonte: Autor, 2012).

No Capítulo 4, a Análise Preliminar de Risco dos laboratórios que compõem o Centro de Pesquisas estudado teve como objetivo investigar os locais de maior probabilidade de ocorrer incêndio. Para isso, baseado no levantamento feito, foram identificados dois locais associados com duas situações de maior risco de incêndio, a saber:

- a) No Laboratório de Avaliação de Petróleo foi observado um cenário associado com um grande risco de incêndio, tal como, a utilização de equipamento para ensaio de destilação atmosférica que gera aquecimento por placa com temperatura de até 400°C. Neste caso, o risco de incêndio é denominado como grau 5, o que, conforme Morgado (2007) representa grau de risco crítico, cuja frequência é D (provável acontecer) e severidade IV (catastrófica). Portanto, representativo para uma simulação.
- b) No Laboratório Físico-Químico, onde se realiza o ensaio do Ponto de Anilina, o risco de grau 5 (crítico) na utilização de Anilina P.A de alta inflamabilidade, com frequência D (provável acontecer) e severidade IV representa alto risco de incêndio. Portanto, representativo para uma simulação.

Portanto dos cenários apresentados, duas situações serão consideradas na simulação, ou seja: um cenário de incêndio no laboratório de Avaliação de Petróleo e mais um cenário de incêndio no laboratório Físico-Químico.

A Tabela 5.2 a seguir, apresenta as simulações realizadas.

TABELA 5.2 – Simulações realizadas no Centro de Pesquisas estudado, utilizando o software Pathfinder (Fonte: autor, 2013).

Simulação	Modo Simulação	Cenário	Requisitos gerais simulação
Primeira (1ª)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03); - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.
Segunda (2ª)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - Existência de uma única saída, ou seja, porta 04 aberta e as três portas de emergência (01, 02 e 03) estão bloqueadas; - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.
Terceira (3ª)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - Supondo que uma das portas de emergência do Centro de Pesquisas não exista, no caso, a porta 03. - Somente três portas disponíveis, ou seja, porta de entrada e saída (04) e portas de emergência 01 e 02; - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.

Quarta (4 ^a)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - Supondo que uma das portas de emergência do Centro de Pesquisas não exista, no caso, a porta 01. - Somente três portas disponíveis, ou seja, porta de entrada e saída (04) e portas de emergência 02 e 03; - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.
Quinta (5 ^a)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - Supondo que uma das portas de emergência do Centro de Pesquisas não exista, no caso, a porta 02. - Somente três portas disponíveis, ou seja, porta de entrada e saída (04) e portas de emergência 01 e 03; - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.
Sexta (6 ^a)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - Supondo que a porta de entrada e saída (porta 04), do Centro de Pesquisas, não exista. - Somente três portas disponíveis, ou seja, portas 01, 02 e 03; - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.

Sétima (7 ^a)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupante 17 do Laboratório Químico, escolhido aleatoriamente, ao invés de sair pela porta mais próxima (default), no caso porta 01, saiu pela porta 02. - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03); - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.
Oitava (8 ^a)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> - Ocupante 17 do Laboratório Químico, escolhido aleatoriamente, utilizou neste caso, a porta 04 e não a saída mais próxima (porta 01); - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03); - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.
Nona (9 ^a)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do Centro de Pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> - Utilização das instalações sanitárias por ocupantes de laboratórios vizinhos ao Centro de Pesquisas; - Presença de 4 homens no banheiro masculino e 5 mulheres no banheiro feminino além dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas; - Todos se dirigem à porta mais próxima (default); - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03); - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.

Décima (10 ^a)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa.	<ul style="list-style-type: none"> - Um dos ocupantes do Centro de Pesquisas sai a uma velocidade de 0,55 m/s e os demais a 1,19 m/s; Todos se dirigem à porta mais próxima (default); - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03);
Décima Primeira (11 ^a)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03); - Os ocupantes levaram 10 segundos, para perceber que havia um princípio de incêndio; - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.
Décima Segunda (12 ^a)	Steering	Início de incêndio em qualquer laboratório do centro de Pesquisa	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default) - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03); - Alguns ocupantes escolhidos aleatoriamente (5), saem correndo a uma velocidade de 5 m/s e os demais saem à uma velocidade de 1,19 m/s.

Décima Terceira (13 ^a)	Steering	Início de incêndio próximo a porta 03 do LAP. Neste caso, esta porta foi bloqueada à passagem de ocupantes.	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - A porta 03 foi bloqueada pelo fogo e por isso, há somente três portas de saída (portas 01,02 e 04); - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.
Décima Quarta (14 ^a)	Steering	<p>Início de incêndio no LAP próxima à entrada do mesmo.</p> <p>Nesse caso, a porta 01 foi bloqueada pelo fogo.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - A porta 01 foi bloqueada pelo fogo e por isso, há somente três portas de saída (portas 02,03 e 04); - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s.
Décima Quinta (15 ^a)	Steering	Supondo que todo o LAP estivesse pegando fogo, as chamas e a fumaça impediriam o uso da porta 01 e 03.	<ul style="list-style-type: none"> - Neste caso, simulou-se a retirada dos 18 ocupantes bloqueando-se a porta 01 e 03; - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s. - Existência de duas saídas (portas 02 e 04).

<p>Décima Sexta (16^a)</p>	<p>Steering</p>	<p>Princípio de incêndio no LAP com um dos ocupantes deste laboratório com dificuldade de locomoção.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Um dos ocupantes deste laboratório com dificuldade de locomoção ou pânico (velocidade de saída 0,95m/s). - Demais na velocidade de 1,19 m/s; - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03).
<p>Décima Sétima (17^a)</p>	<p>Steering</p>	<p>Incêndio no LAP com todos os ocupantes deste laboratório em pânico, correndo a uma velocidade de 5 m/s.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Os 4 ocupantes deste laboratório saem a uma velocidade de 5 m/s; - Demais na velocidade de 1,19 m/s; - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03).
<p>Décima Oitava (18^a)</p>	<p>Steering</p>	<p>Incêndio no LAP com todos os ocupantes deste laboratório em pânico, correndo a uma velocidade de 5 m/s e portas mais próximas bloqueadas pelo fogo</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Os 4 ocupantes deste laboratório saem a uma velocidade de 5 m/s; - Demais na velocidade de 1,19 m/s; - Portas 01 e 03 bloqueadas; - Existência de somente 2 saídas (portas 2 e 4).

Décima Nona (19 ^a)	Steering	Incêndio no LAP com uma porta de emergência (porta 01) e entrada do laboratório bloqueadas.	<ul style="list-style-type: none"> - Porta 01 e entrada do LAP bloqueadas; - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s. - Somente duas saídas abertas, (portas 02 e 03).
Vigésima (20 ^a)	Steering	Início de incêndio próximo à entrada do LFQ.	<ul style="list-style-type: none"> - Neste caso, os ocupantes deste laboratório, não saíram pela porta do mesmo e sim pela passagem que existe no fundo do LFQ para o laboratório ao lado, que é o laboratório de Biocombustíveis; - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s. - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03);.
Vigésima Primeira (21 ^a)	Steering	Incêndio no LFQ com duas passagens deste laboratório bloqueadas pelo fogo (porta de entrada e passagem no fundo do laboratório).	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default) - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s. - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03).

Vigésima Segunda (22 ^a)	Steering	Incêndio no LFQ com as duas passagens do fundo deste laboratório bloqueadas pelo fogo	<ul style="list-style-type: none"> - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default) - Todos ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s. - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03).
Vigésima Terceira (23 ^a)	Steering	Princípio de incêndio no LFQ com um dos ocupantes deste laboratório com dificuldade para andar e por isso sua saída foi mais lenta, isto é, a uma velocidade de 0,95 m/s.	<ul style="list-style-type: none"> - Saída de um dos ocupantes do LFQ a uma velocidade menor, isto é, 0,95 m/s; - Os demais ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s. - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default); - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03).
Vigésima Quarta (24 ^a)	Steering	Incêndio no LFQ com três ocupantes deste laboratório em pânico.	<ul style="list-style-type: none"> - Três ocupantes do LFQ entraram em pânico e saíram a uma velocidade maior, isto é, 5 m/s. - Os demais ocupantes saem a uma mesma velocidade, ou seja, 1,19 m/s. - As quatro saídas estão abertas, isto é, uma porta de entrada e saída (04) e três portas de emergência (01, 02 e 03); - Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default);

5.2.1 PRIMEIRA SIMULAÇÃO

Nesta simulação os dados utilizados foram:

- Utilização da área total do centro de pesquisas.
- Número de ocupantes distribuídos pelos laboratórios conforme observado in loco, ou seja: 1 ocupante na secretaria, 2 ocupantes na gerência, 1 ocupante no laboratório de trâmite de amostras, 4 ocupantes no laboratório de avaliação de petróleo (LAP), 3 no laboratório físico-químico (LFQ), 2 no laboratório químico, 3 no laboratório de biocombustíveis e 2 no laboratório de cromatografia, num total de 18 pessoas que trabalham atualmente no Centro de Pesquisas.
- Utilização das quatro portas de saída, sendo que três são saídas de emergência e uma entrada e saída principal do Centro de Pesquisas.
- Modo Steering
- Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default)
- Todos os ocupantes estão à mesma velocidade, isto é, 1,19 m/s.

A Figura 5.7 apresenta a modelagem realizada a partir dos dados citados anteriormente.

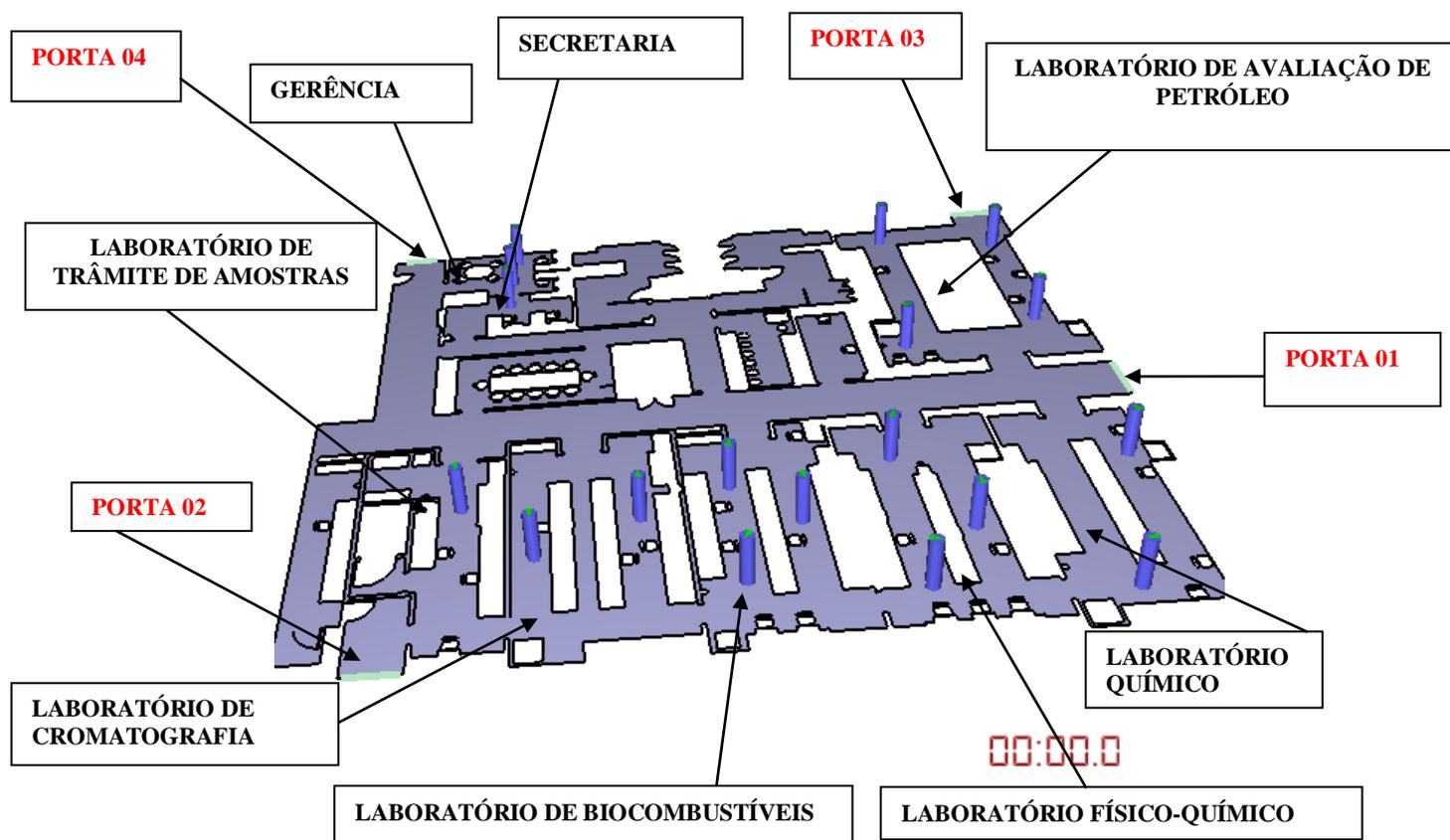


FIGURA 5.7 – 18 Ocupantes distribuídos por toda a área do Centro de Pesquisas.

(Fonte: autor, 2012).

5.2.1.1 Resultado obtido na primeira simulação

Observou-se que, nas condições acima descritas, o tempo total de retirada de todo o centro de pesquisas foi de 14,85 segundos, conforme tabela resumo da simulação 1 (Tabela 5.3).

TABELA 5.3 – Resumo da simulação 1 (Fonte: autor, 2013)

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 1 geral com 18 pessoas				
Mode: Steering				
[Components] All: 6				
[Components] Doors: 4				
Triangles:	4295			
Occupants:	18			
Startup Time:	0,4s			
CPU Time:	1,2s			
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)

Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	14,85	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,78	6	0,67
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	

SUMMARY	0,00	14,85	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.8 a seguir:

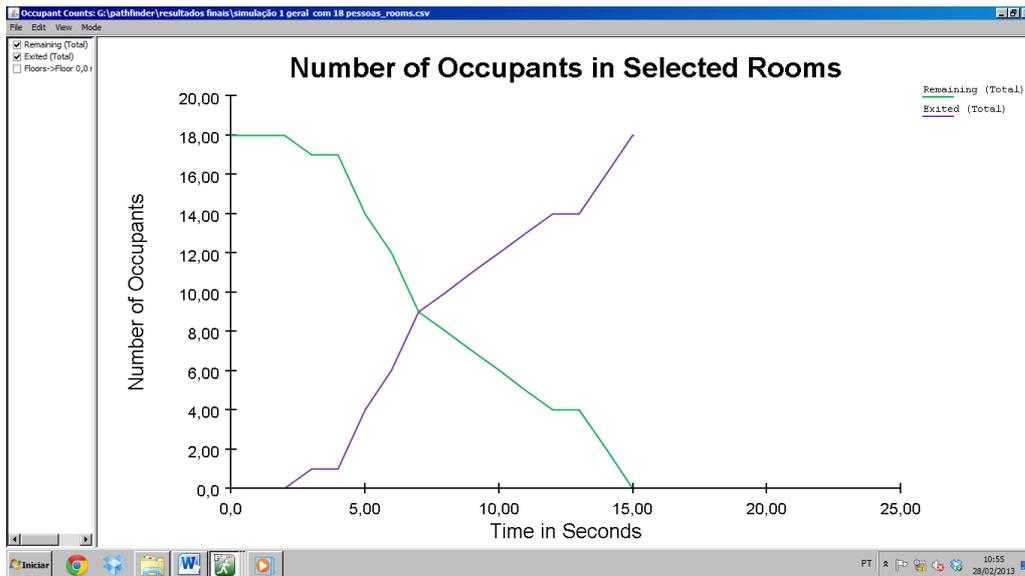


FIGURA 5.8 – Tempo total de retirada da primeira simulação.

(Fonte: Autor, 2013).

O Pathfinder possibilita também, verificar o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.9.

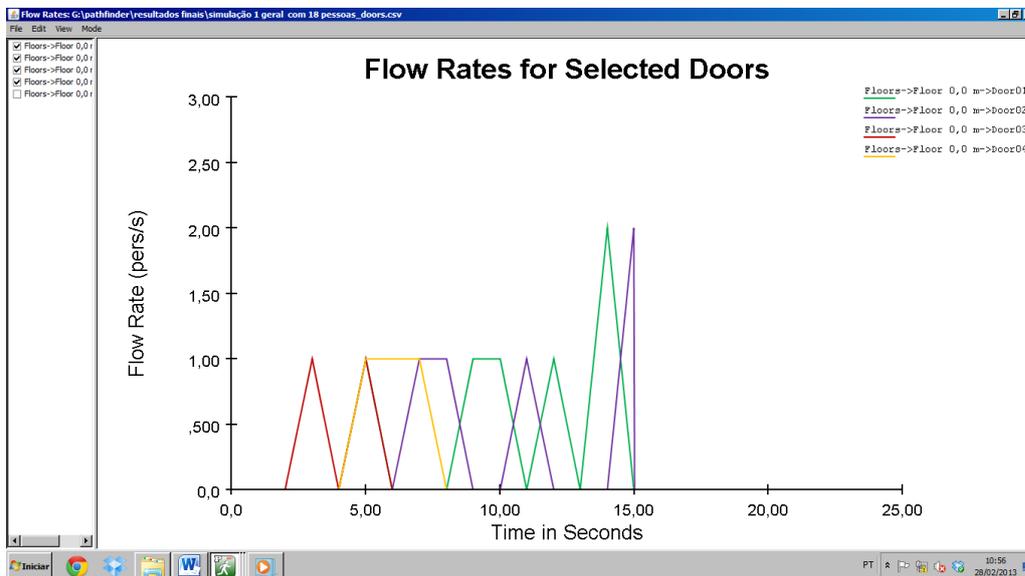


FIGURA 5.9 – Fluxo de saída dos ocupantes por porta. (Fonte: Autor), 2013

5.2.2 SEGUNDA SIMULAÇÃO

Ainda usando os mesmo parâmetros da primeira simulação, ou seja:

- Utilização da área total do centro de pesquisas.
- Número de ocupantes distribuídos pelos laboratórios conforme descrito anteriormente.
- Modo Steering
- Todos ocupantes se dirigirão à saída mais próxima (default)
- Todos os ocupantes estão à mesma velocidade, isto é, 1,19 m/s.
- O diferencial nesta simulação é a proposta de existir somente uma saída em todo o centro de pesquisas, ou seja, como se não existissem as três outras portas de emergência (portas 01, 02 e 03). De acordo com as Figuras 5.10 e 5.11.

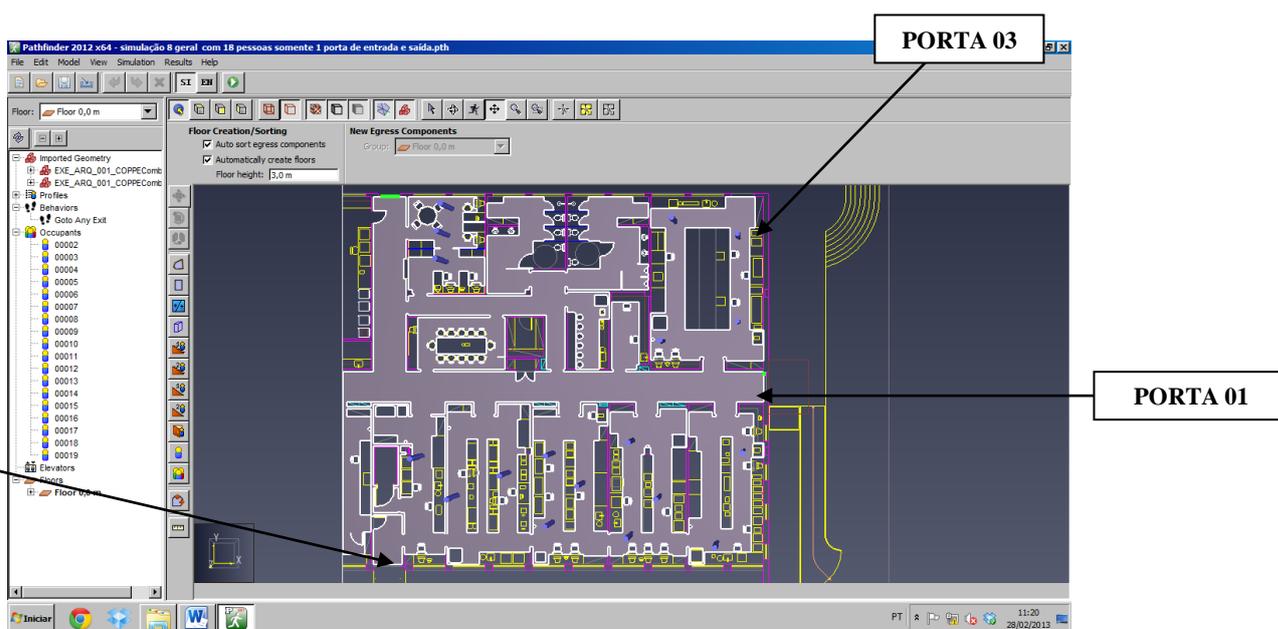


FIGURA 5.10 - Centro de Pesquisas com 18 ocupantes e portas 01, 02 E 03 bloqueadas.
(Fonte: Autor, 2013).

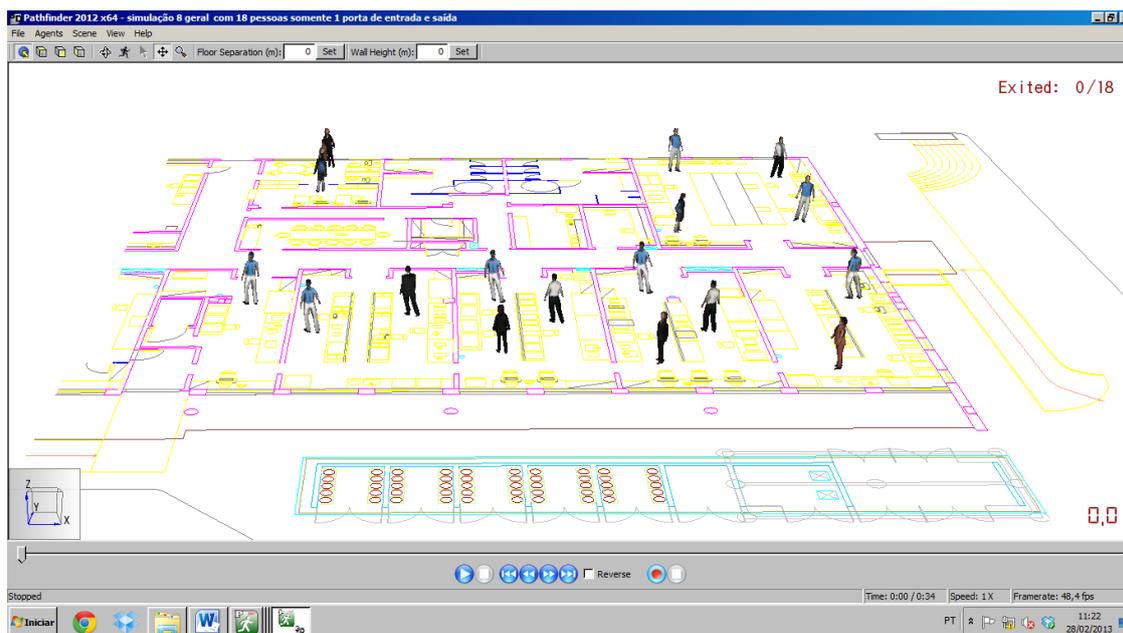


FIGURA 5.11 - Segunda simulação do Centro de Pesquisas com 18 ocupantes e portas 01, 02 E 03 bloqueadas. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.2.1 Resultados obtidos na segunda simulação

Observou-se que, nas condições acima descritas, o tempo total de retirada de todo o centro de pesquisas foi de 33,88 segundos, conforme tabela resumo da segunda simulação (Tabela 5.4).

TABELA 5.4 – Resumo da simulação 2. (Fonte: Autor, 2013)

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***

Simulation: simulação 2 com 18 pessoas somente 1 porta de entrada e saída

Mode: Steering

[Components] All: 3

[Components] Doors: 1

Triangles: 4232

Occupants: 18

Startup Time: 0,7s

CPU Time: 2,3s

ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	33,88	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,60	33,88	18	0,61
-----	-----	-----	-----	
SUMMARY	0,00	33,88	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.12.

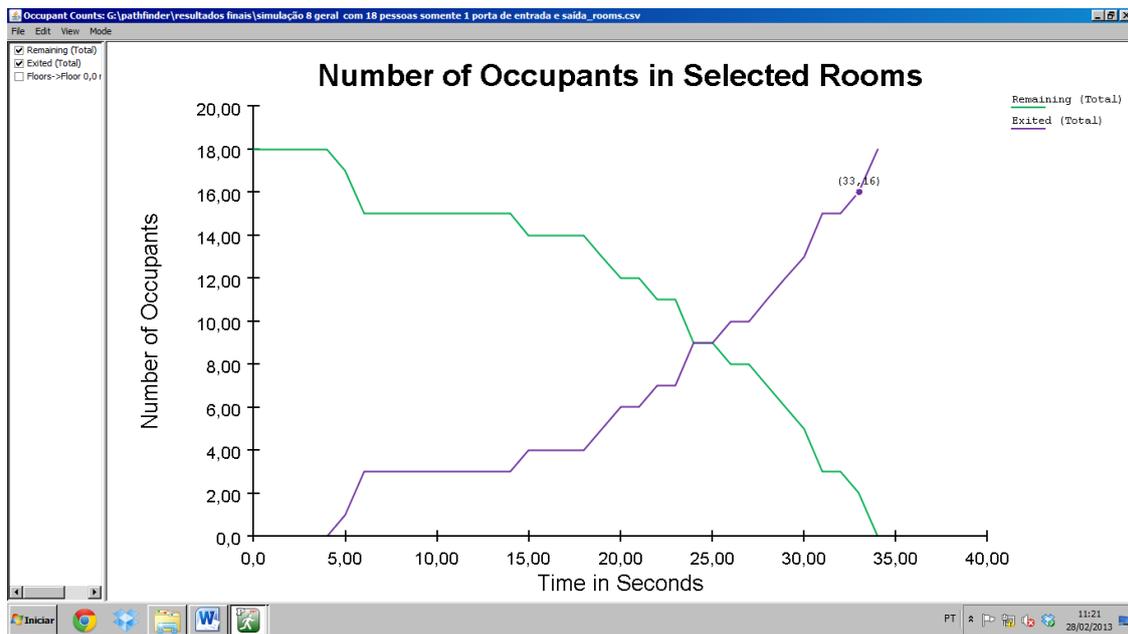


FIGURA 5.12 – Tempo total de retirada da segunda simulação. (Fonte: Autor, 2013).

O Pathfinder possibilita verificar também, o fluxo de saída dos ocupantes, conforme Figura 5.13.

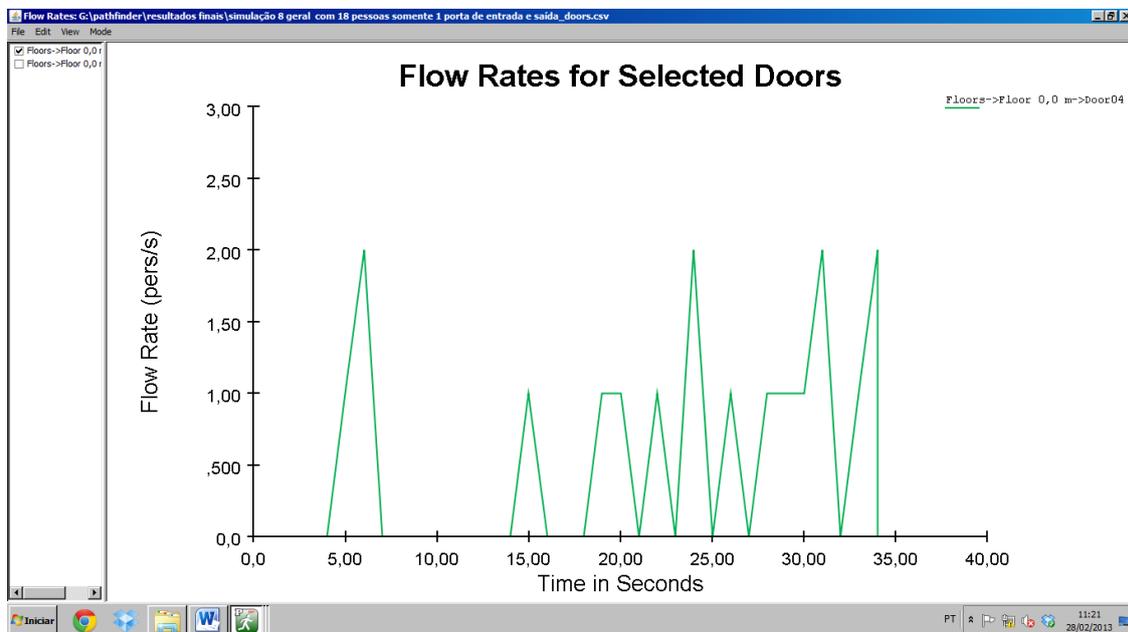


FIGURA 5.13 – Vazão de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com apenas uma saída.(Fonte: Autor, 2013).

5.2.3 TERCEIRA SIMULAÇÃO

Utilização dos mesmos parâmetros da primeira simulação, porém, neste caso, supõe-se que não exista uma das portas de emergência no Centro de Pesquisas (porta 03), conforme Figuras 5.14 e 5.15.

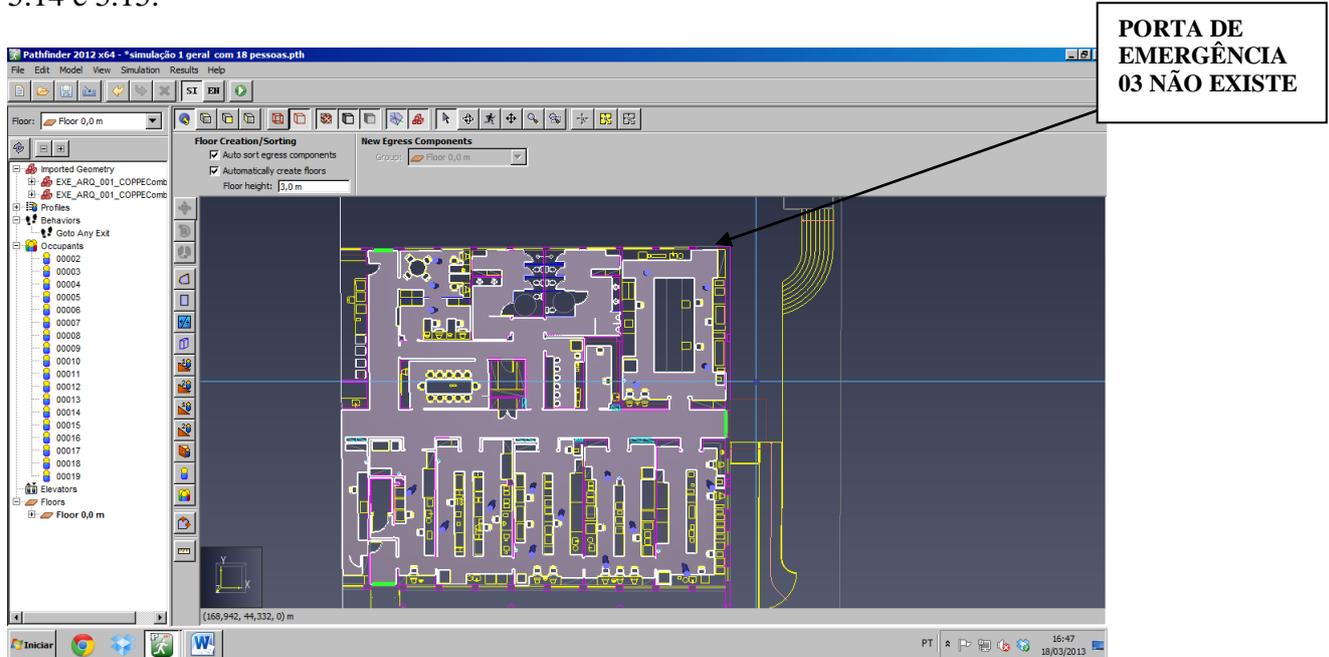


FIGURA 5.14 – Centro de Pesquisas com uma das portas de emergência (porta 03) inexistente. (Fonte: Autor, 2013)

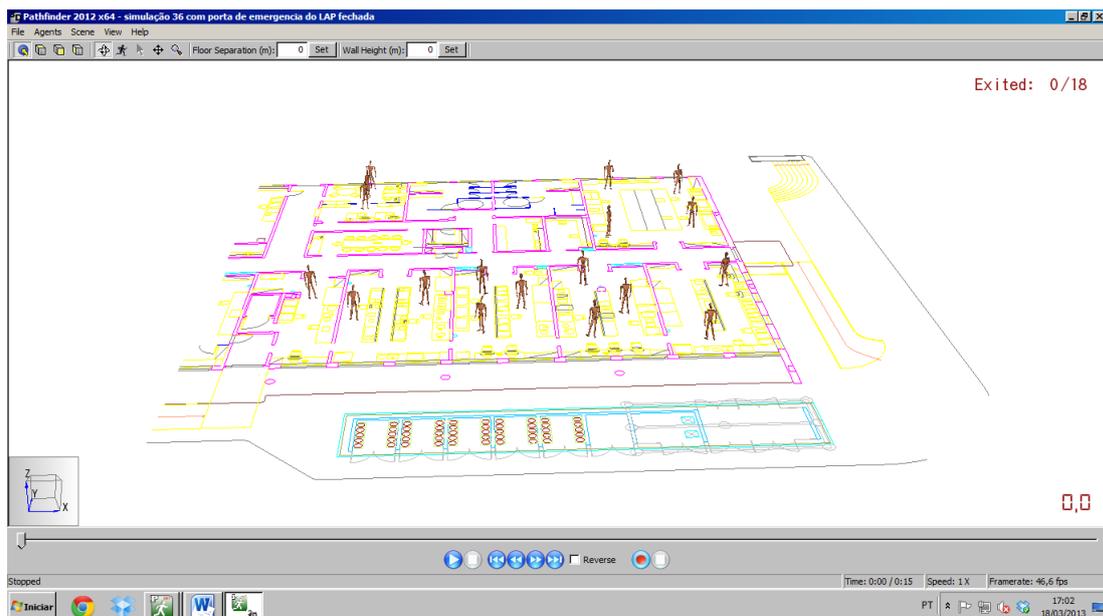


FIGURA 5.15 – Centro de Pesquisas sem uma das portas de emergência (porta 03). (Fonte: Autor, 2013).

5.2.3.1 Resultados obtidos na terceira simulação

Observou-se que, nas condições acima descritas, o tempo total de retirada de todo o centro de pesquisas foi de 14,85 segundos, conforme tabela resumo da terceira simulação (Tabela 5.5).

TABELA 5.5 – Resumo da simulação 3 (Fonte: Autor, 2013)

****SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY*****

Simulation: simulação 3 com uma porta de emergência inexistente (porta 03)

Mode: Steering

[Components] All: 5

[Components] Doors: 3

Triangles: 4294

Occupants: 18

Startup Time: 0,1s

CPU Time: 1,2s

ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
Floors->Floor 0,0 m-> Room00	0,00	14,85	18	
Floors->Floor 0,0 m-> Door 04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m-> Door 01	4,85	13,78	6	0,67
Floors->Floor 0,0 m-> Door 02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m-> Door 01	5,85	11,65	4	0,69
SUMMARY	0,00	14,85	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.16.

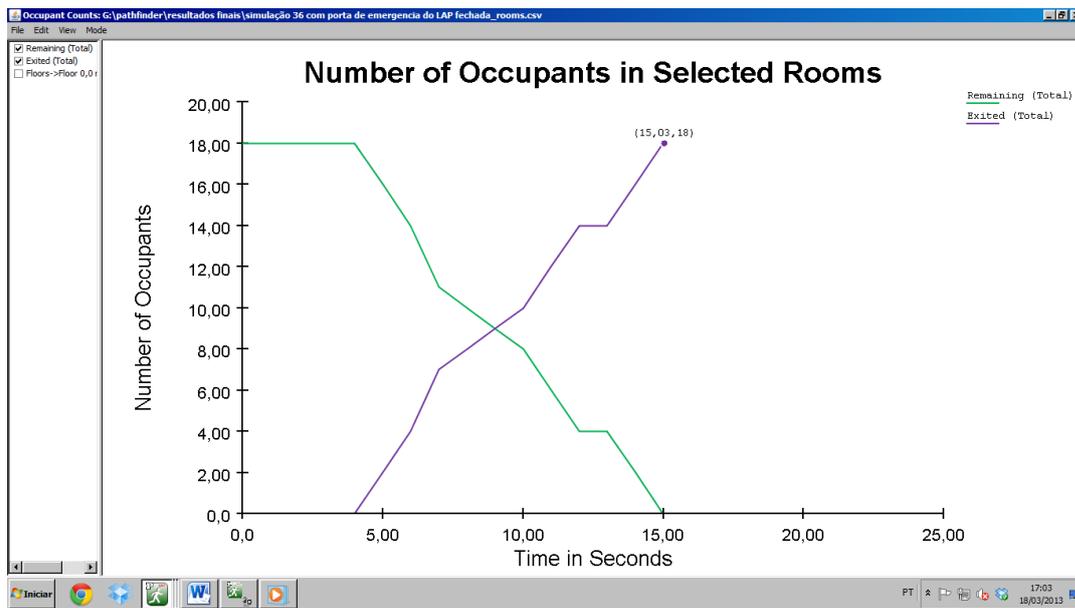


FIGURA 5.16 - Tempo total de retirada da terceira simulação. (Fonte: Autor, 2013).

O Pathfinder possibilita também verificar o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.17.

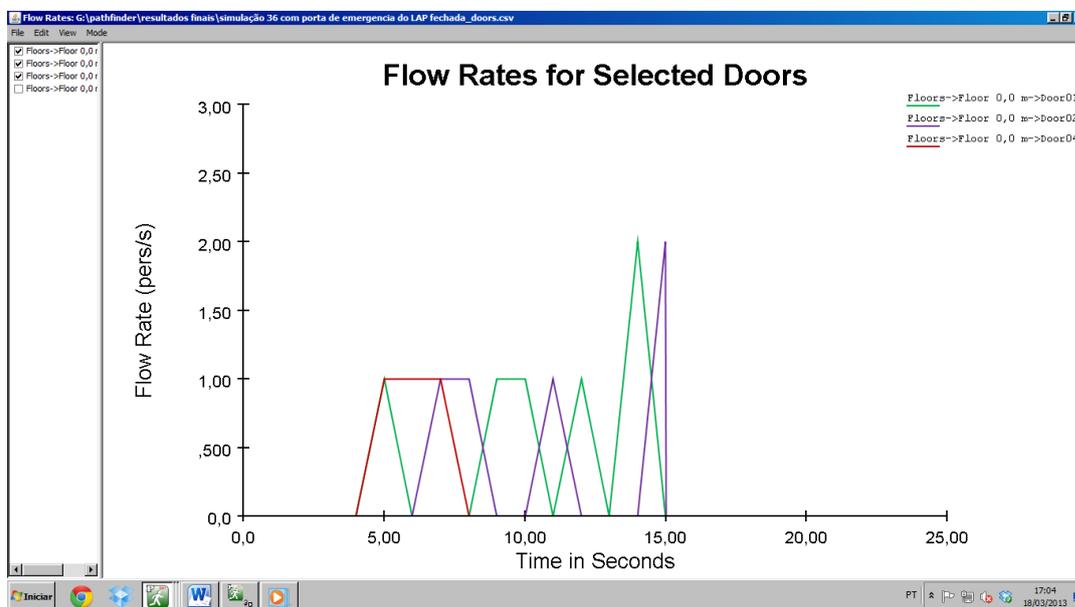


FIGURA 5.17 – Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas sem a existência da porta 03. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.4 QUARTA SIMULAÇÃO

Utilização dos mesmos parâmetros da primeira simulação, porém, neste caso, supõe-se que não exista a porta de emergência 01 no Centro de Pesquisas (Figuras 5.18 e 5.19).

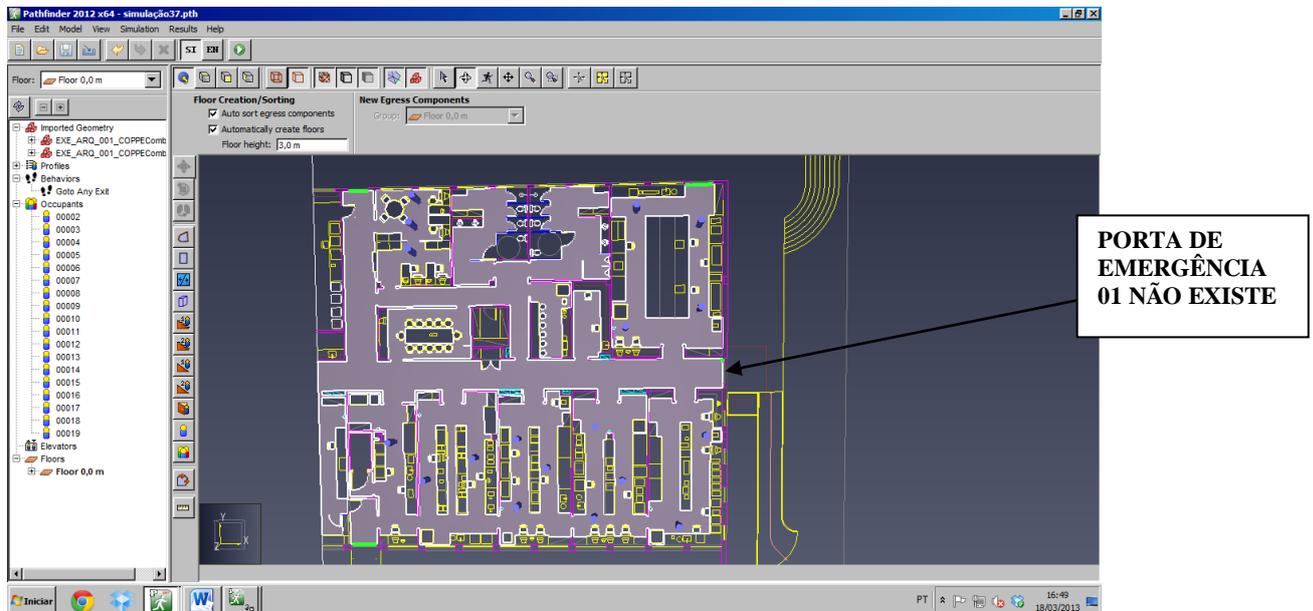


FIGURA 5.18 - Centro de Pesquisas sem porta de emergência 01. (Fonte: Autor, 2013)

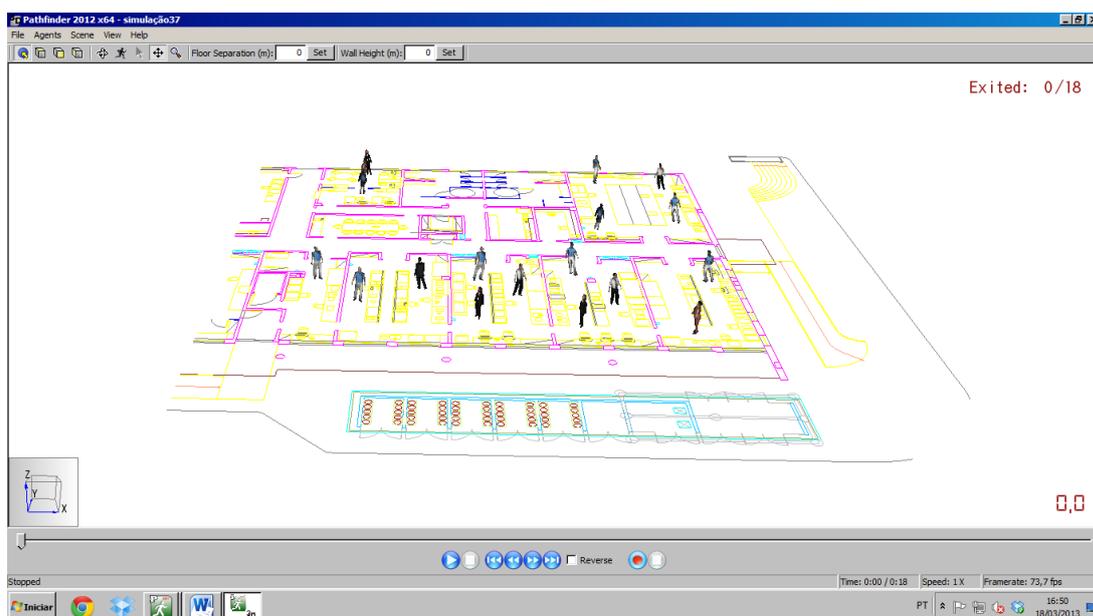


FIGURA 5.19 - Centro de Pesquisas sem uma das portas de emergência (porta 01). (Fonte: Autor, 2013).

5.2.4.1 Resultados obtidos na quarta simulação

Observou-se que, nas condições acima descritas, o tempo total de retirada de todo o centro de pesquisas foi de 18,45 segundos, conforme Tabela 5.6. Verifica-se, que a inexistência da porta de emergência 01, aumenta o tempo total de retirada do Centro de Pesquisas.

TABELA 5.6 – Resumo da simulação 4 (Fonte: Autor, 2013)

SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***

Simulation: simulação 4 sem a porta de emergência 01

Mode: Steering

[Components] All: 5

[Components] Doors: 3

Triangles: 4295

Occupants: 18

Startup Time: 0,1s

CPU Time: 1,0s

ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	18,45	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	18,45	9	0,77
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	16,05	6	0,44
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	18,45	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.20.

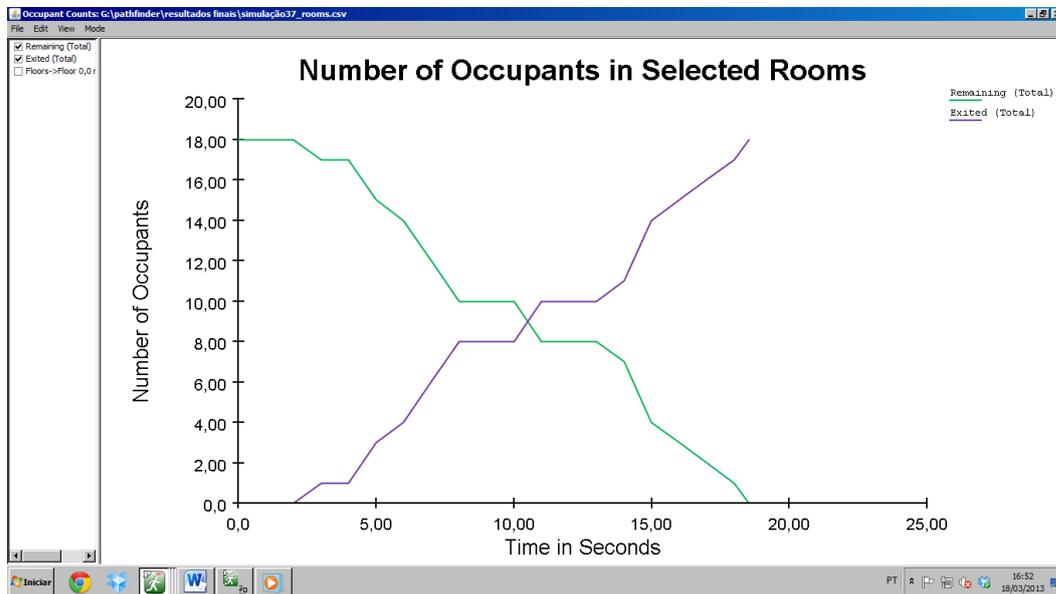


FIGURA 5.20 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sem a porta de emergência 01. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.21.

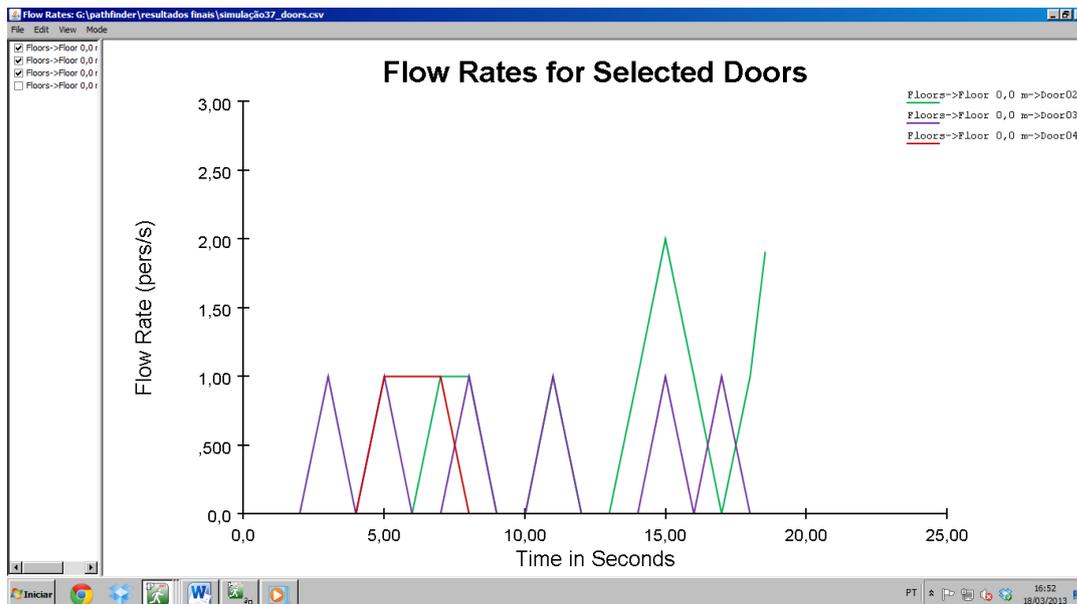


FIGURA 5.21 - Fluxo de saída dos ocupantes do centro de Pesquisas sem a existência da porta de emergência 01.(Fonte: Autor, 2013).

5.2.5 QUINTA SIMULAÇÃO

Utilização dos mesmos parâmetros da primeira simulação, porém, neste caso, supõe-se que não exista a porta de emergência 02 no Centro de Pesquisas (Figuras 5.22 e 5.23).

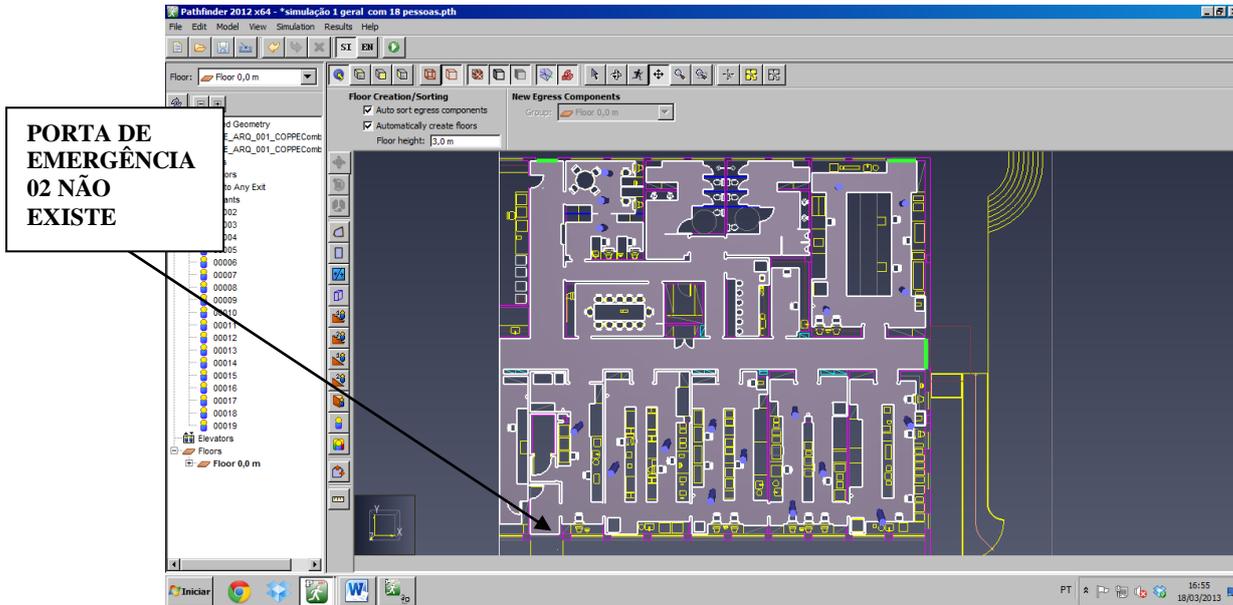


FIGURA 5.22 - Centro de Pesquisas sem porta de emergência 02. (Fonte: Autor, 2013)

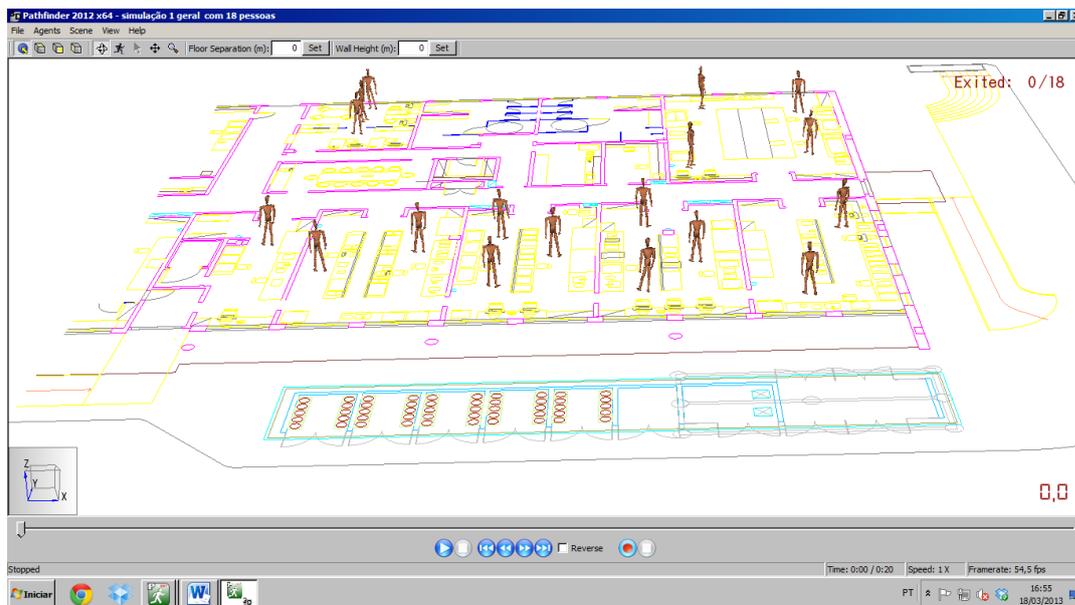


FIGURA 5.23 - Centro de Pesquisas sem uma das portas de emergência (porta 02). (Fonte: Autor, 2013).

5.2.5.1 Resultados obtidos na quinta simulação

Observou-se que, nas condições acima descritas, o tempo total de retirada de todo o centro de pesquisas foi de 19,78 segundos, conforme Tabela 5.7. Verifica-se, que a inexistência da porta de emergência 02, aumenta o tempo total de retirada do Centro de Pesquisas.

TABELA 5.7 – Resumo da simulação 5 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 5 sem a porta de emergência 02				
Mode: Steering				
[Components] All: 5				
[Components] Doors: 3				
Triangles:	4293			
Occupants:	18			
Startup Time:	0,2s			
CPU Time:	0,8s			
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	19,78	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	19,78	6	0,40
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	16,90	8	0,66
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door04	5,85	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	19,78	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.24.

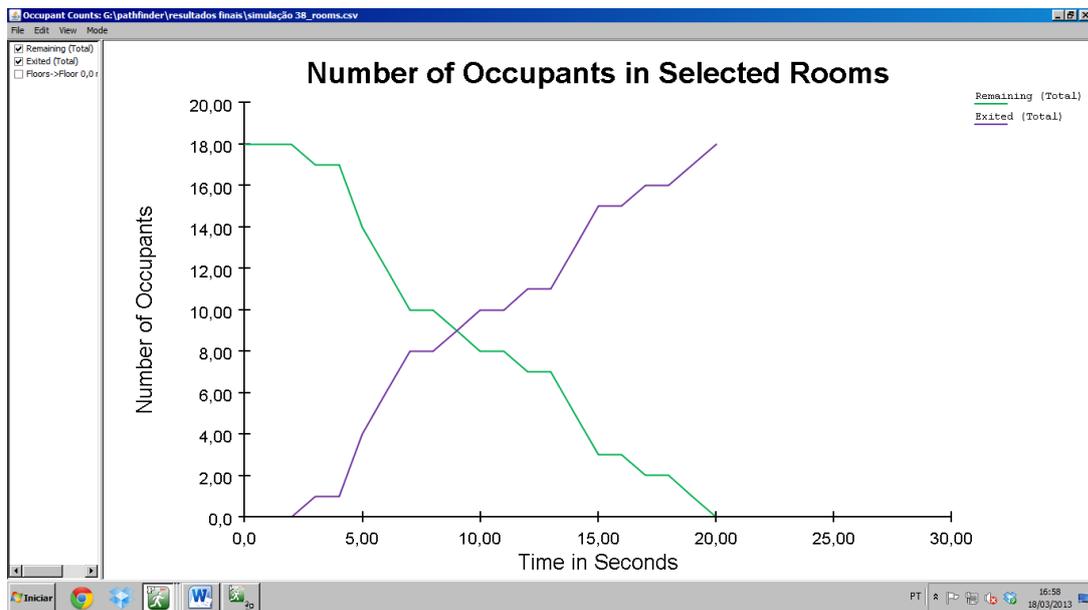


FIGURA 5.24 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sem a porta de emergência 02. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.25.

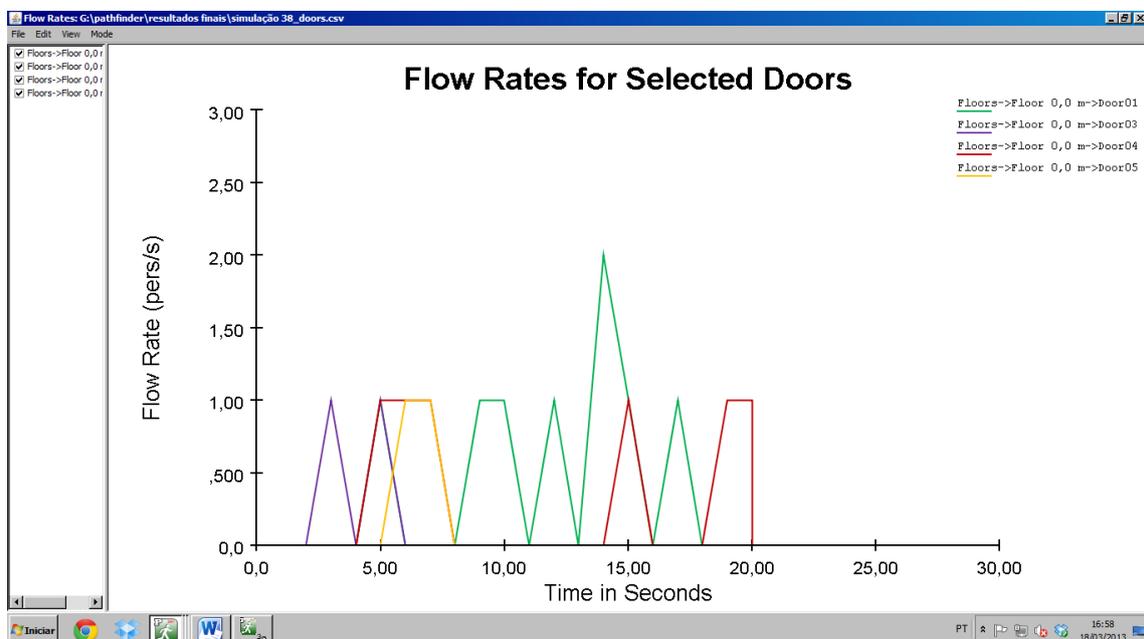


FIGURA 5.25 - Fluxo de saída dos ocupantes do centro de Pesquisas sem a existência da porta de emergência 02.(Fonte: Autor, 2013).

5.2.6 SEXTA SIMULAÇÃO

Utilização dos mesmos parâmetros da primeira simulação, porém, neste caso, supõe-se que não exista a porta de entrada e saída, denominada de porta 04 do Centro de pesquisas estudado (Figuras 5.26 e 5.27).

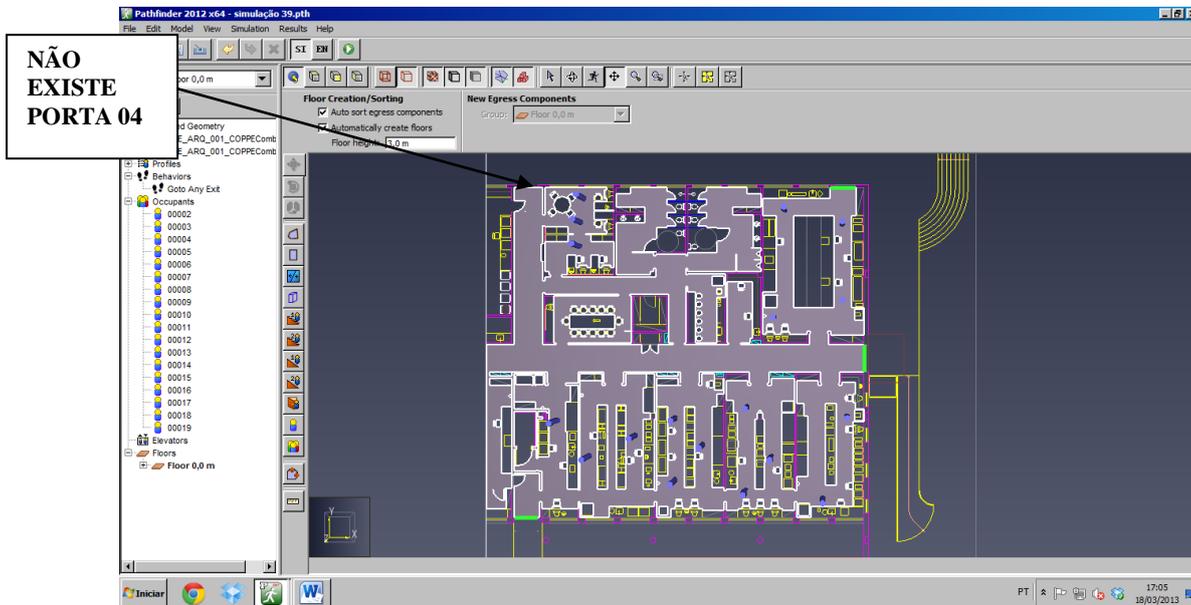


FIGURA 5.26 - Centro de Pesquisas não existindo porta de entrada e saída (porta 04). (Fonte: Autor, 2013)

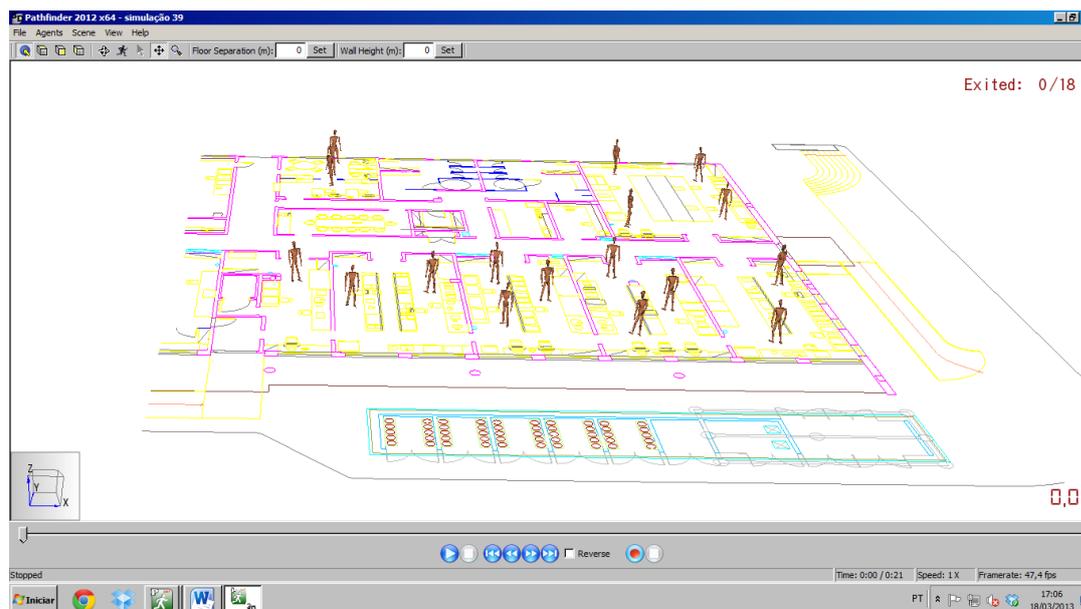


FIGURA 5.27 - Centro de Pesquisas sem a porta de entrada e saída (porta 04). (Fonte: Autor, 2013).

5.2.6.1 Resultados obtidos na sexta simulação

Observou-se que, nas condições acima descritas, o tempo total de retirada de todo o Centro de Pesquisas foi de 21,15 segundos, conforme Tabela 5.8. Verifica-se, que a não existência da porta de entrada e saída, se fosse o caso, aumentaria muito o tempo de retirada total.

TABELA 5.8 – Resumo da simulação 6 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 6 sem porta de entrada e saída do Centro de Pesquisas				
Mode: Steering				
[Components] All: 5				
[Components] Doors: 3				
Triangles:	4293			
Occupants:	18			
Startup Time:	0,2s			
CPU Time:	1,4s			
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	21,15	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,78	6	0,67
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	21,15	8	0,56
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	21,15	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5. 28.

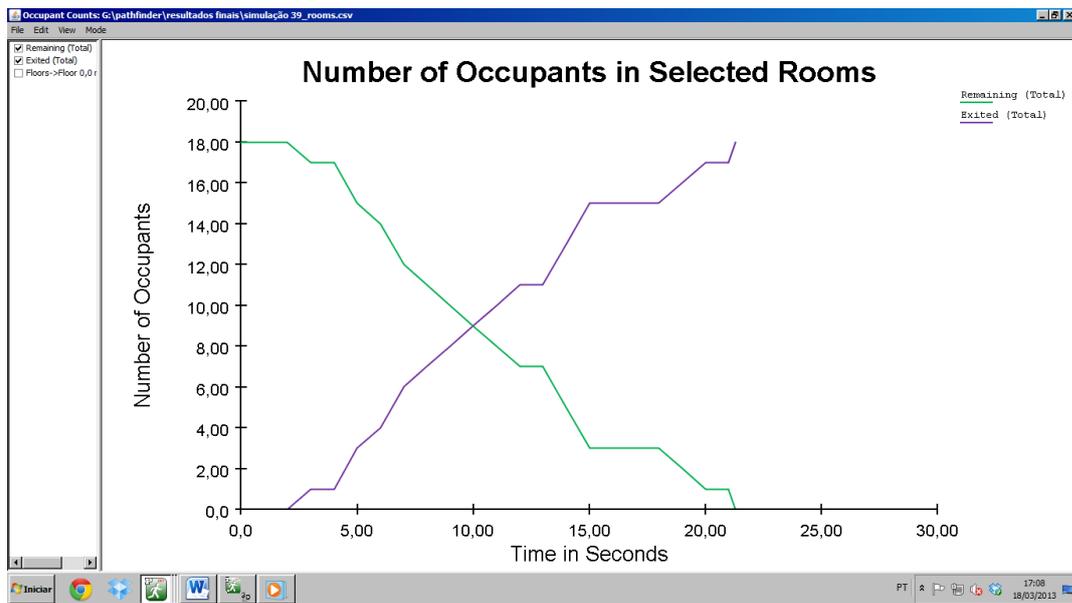


FIGURA 5.28 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sem a porta de entrada e saída (porta 04). (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.29.

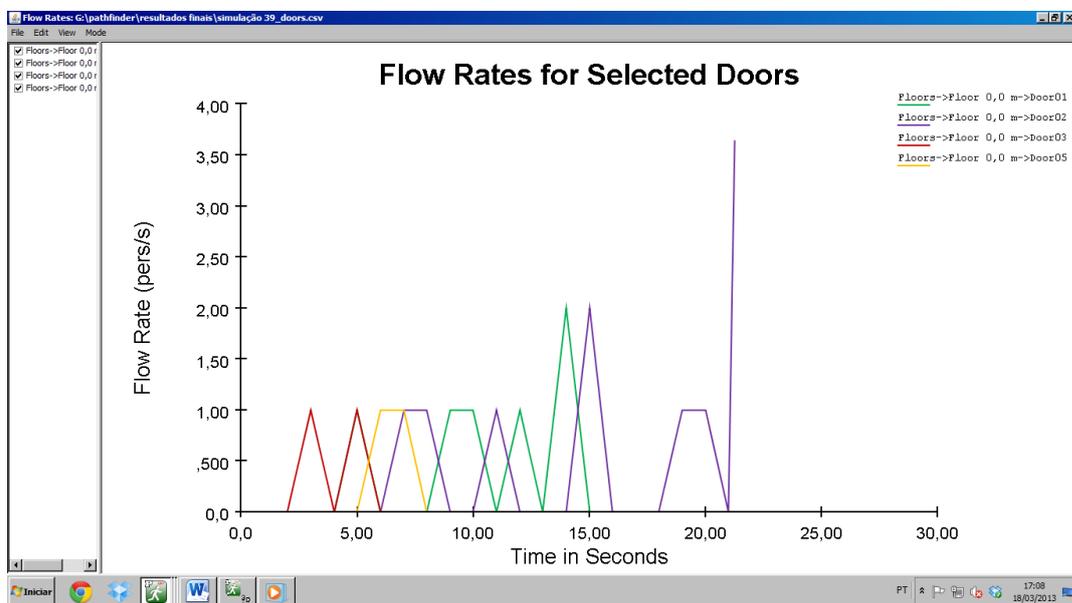


FIGURA 5.29 - Fluxo de saída dos ocupantes do centro de Pesquisas sem a existência da porta de entrada e saída (porta 04), (Fonte: Autor, 2013).

Nas simulações 7 e 8 a seguir, escolheu-se um dos ocupantes aleatoriamente, com a proposta que o mesmo não saísse pela porta mais próxima (default) e sim por portas mais distantes de sua localização.

5.2.7 SÉTIMA SIMULAÇÃO

Utilização dos mesmos parâmetros da simulação 1, sendo que o ocupante 17 (do Laboratório Químico) conforme Figuras 5.30 e 5.31, ao invés de sair pela porta 01 que é mais próximo, optou por sair pela porta 02. Lembrando que neste caso, todas as portas estão abertas.

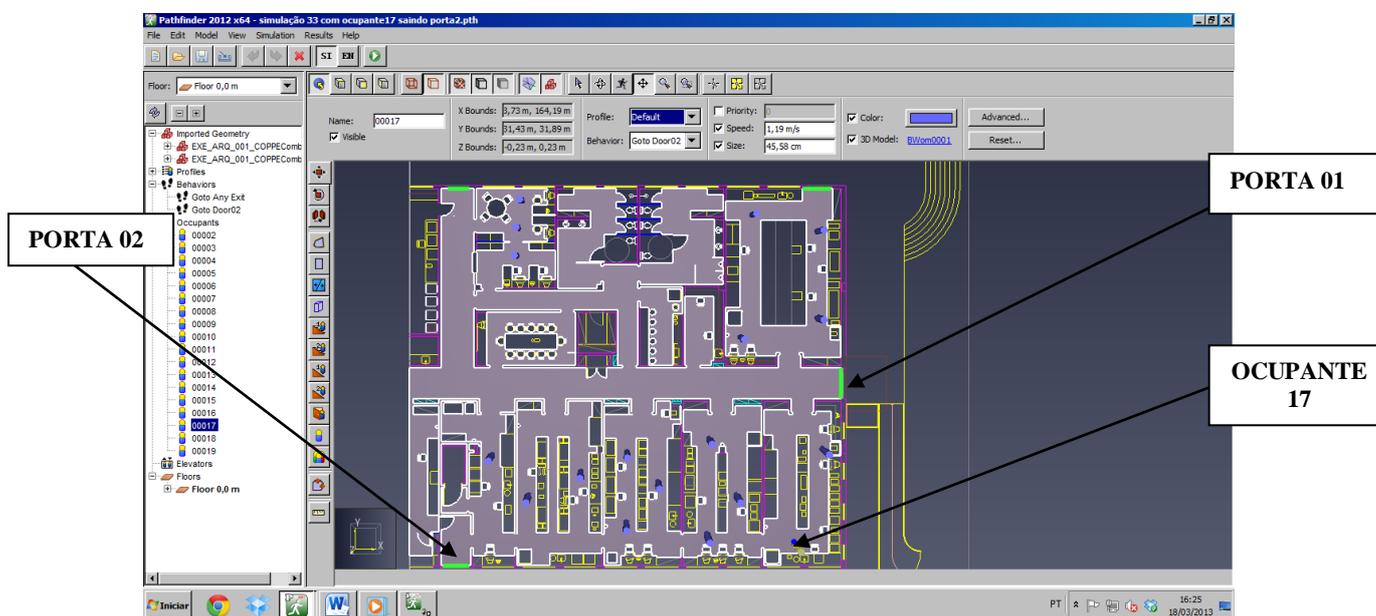


FIGURA 5.30 – Ocupante de número 17 (saindo pela porta 02 ao invés de sair pela porta mais próxima (default), (Fonte: Autor, 2013).

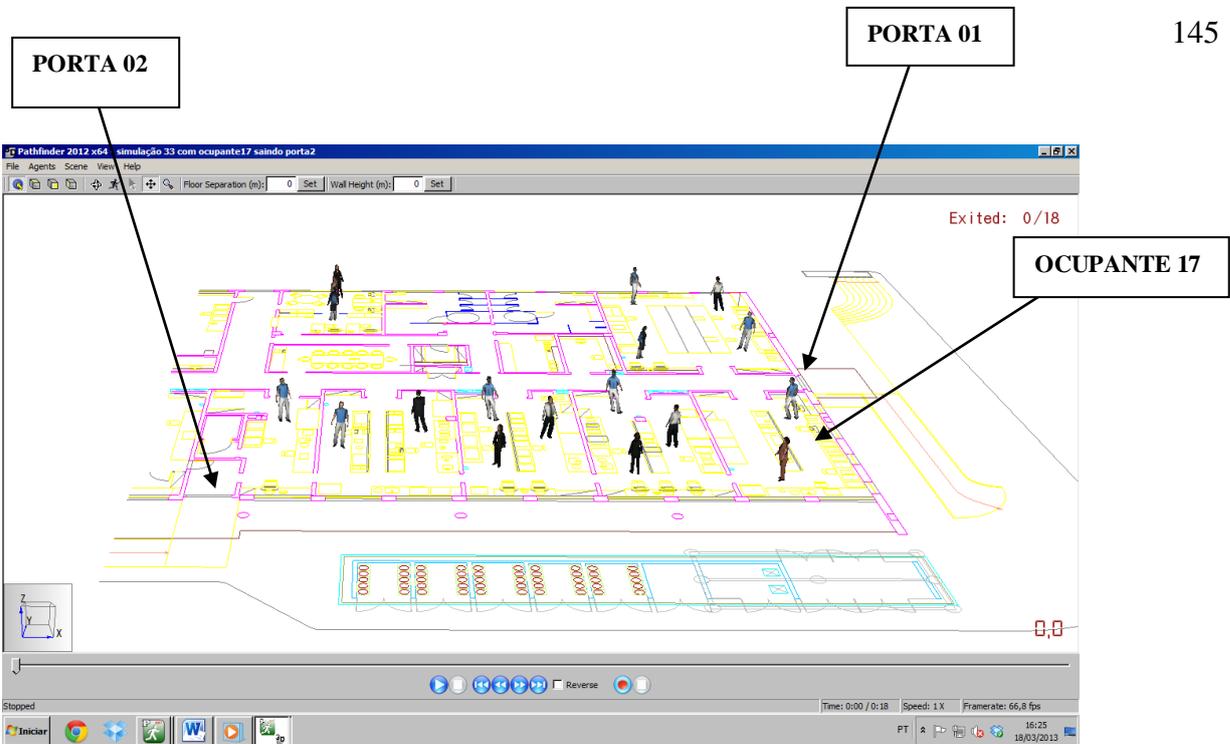


FIGURA 5.31 – Ocupante 17 do Laboratório Químico saindo pela porta 02 mais distante que a porta 01 (default), (Fonte: Autor, 2013).

5.2.7.1 Resultados obtidos na sétima simulação

Observou-se que, nas condições mostradas nesta simulação, o tempo total de retirada foi de 18,45 segundos, conforme Tabela 5.9. Verifica-se, que devido a saída por uma porta mais distante pelo ocupante 17, aumentou o tempo total de retirada de todos os ocupantes do Centro de Pesquisas.

TABELA 5.9 – Resumo da simulação 7 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***Simulation: simulação 7 com o ocupante 17 saindo pela porta2					
Mode: Steering					
[Components] All: 6					
[Components] Doors: 4					
Triangles:	4295				
Occupants:	18				
Startup Time:	0,2s				
CPU Time:	1,3s				
	ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
		(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
	-----	-----	-----	-----	-----
	Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	18,45	18	
	Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
	Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,78	5	0,56
	Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	18,45	6	0,52
	Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
	Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	
	-----	-----	-----	-----	-----
	SUMMARY	0,00	18,45	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5. 32.

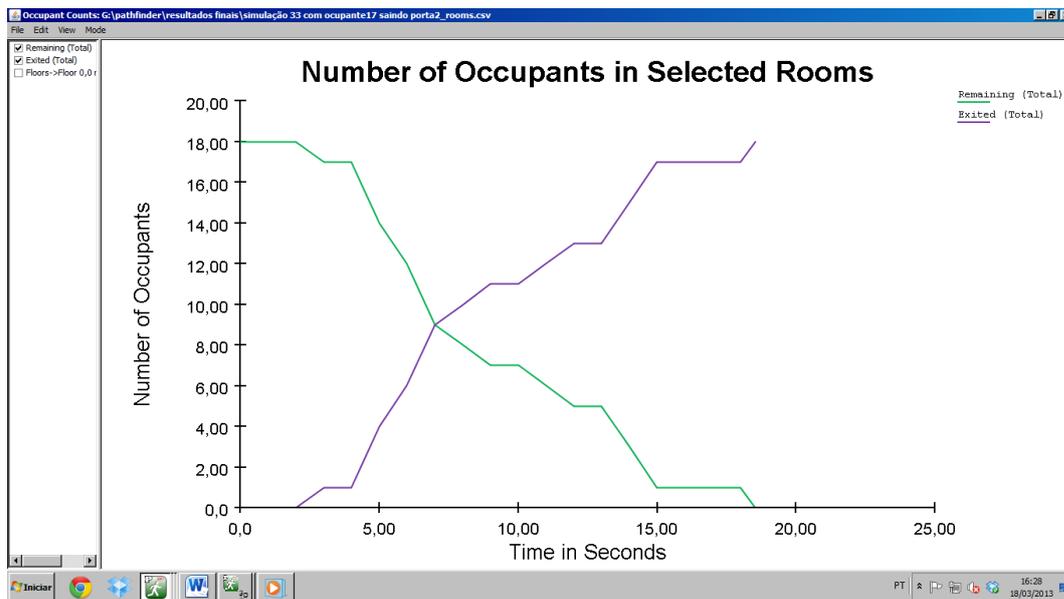


FIGURA 5.32 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que um deles (ocupante 17) saiu pela porta 02 mais longe que a porta 01. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.33.

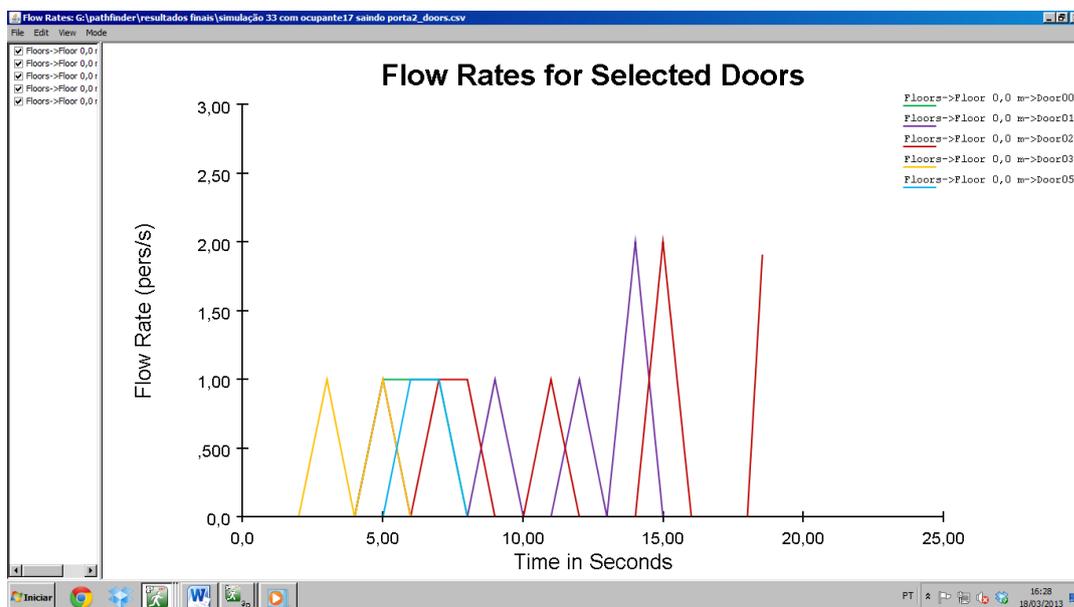


FIGURA 5.33 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com um dos ocupantes não saindo por porta mais próxima (default). (Fonte: Autor, 2013).

5.2.8 OITAVA SIMULAÇÃO

Utilização dos mesmos parâmetros da simulação 7, sendo que o ocupante 17 (do Laboratório Químico) conforme Figuras 5.34 e 5.35, ao invés de sair pela porta 01 que é mais próximo, optou por sair pela porta 04. Lembrando que neste caso, todas as portas estão abertas.

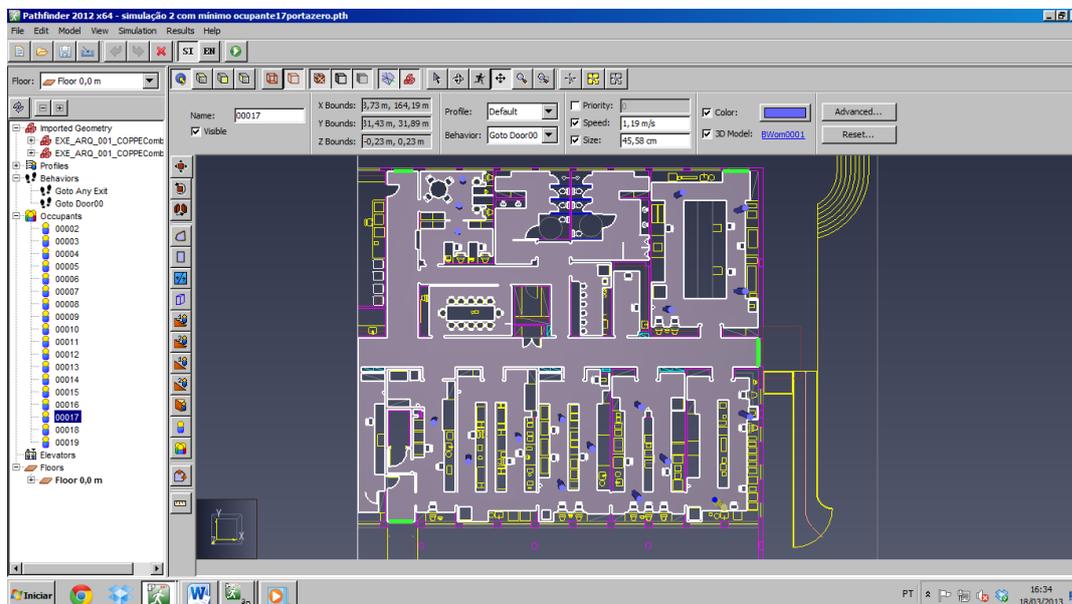


FIGURA 5.34 - Ocupante de número 17 (saindo pela porta 04 ao invés de sair pela porta mais próxima (default), (Fonte: Autor, 2013).

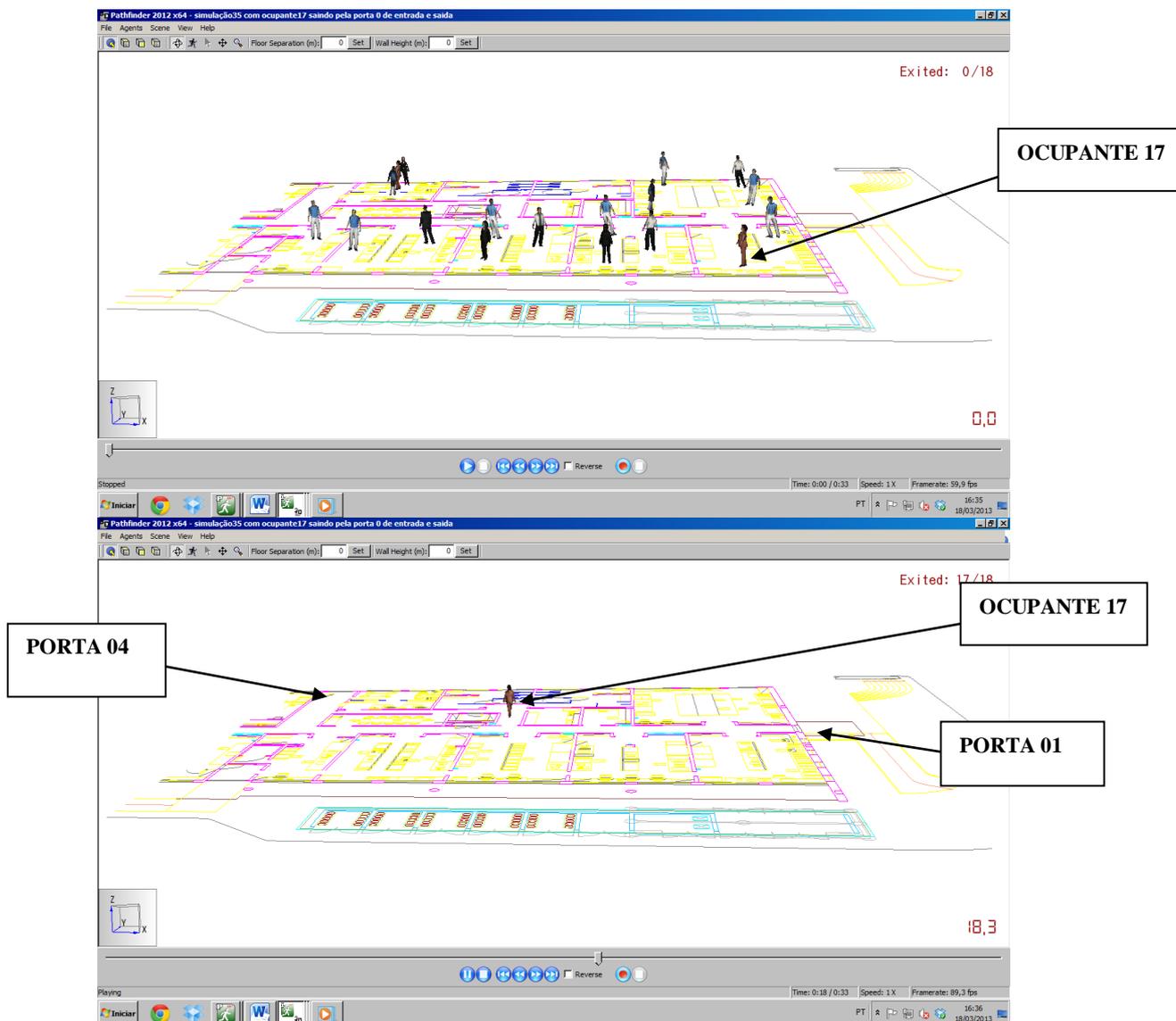


FIGURA 5.35 - Ocupante 17 do Laboratório Químico saindo pela porta 04 mais distante que a porta 01 (default), (Fonte: Autor, 2013).

5.2.8.1 Resultados obtidos na oitava simulação

Observou-se que, nas condições mostradas nesta simulação, o tempo total de retirada foi de 33 segundos, conforme Tabela 5.10. Verifica-se, que devido a saída do ocupante 17 por uma outra porta mais distante (porta04), também aumentou muito o tempo total de retirada de todos os ocupantes do Centro de Pesquisas.

TABELA 5.10 – Resumo da simulação 8 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY**

Simulation: simulação 8 com ocupante17 saindo pela porta 4 (entrada e saída do Centro de Pesquisas)

Mode: Steering

[Components] All: 6

[Components] Doors: 4

Triangles: 4295

Occupants: 18

Startup Time: 0,1s

CPU Time: 1,1s

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW AVG. (pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	33,00	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	33,00	4	0,14
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,78	5	0,56
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	33,00	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.36.

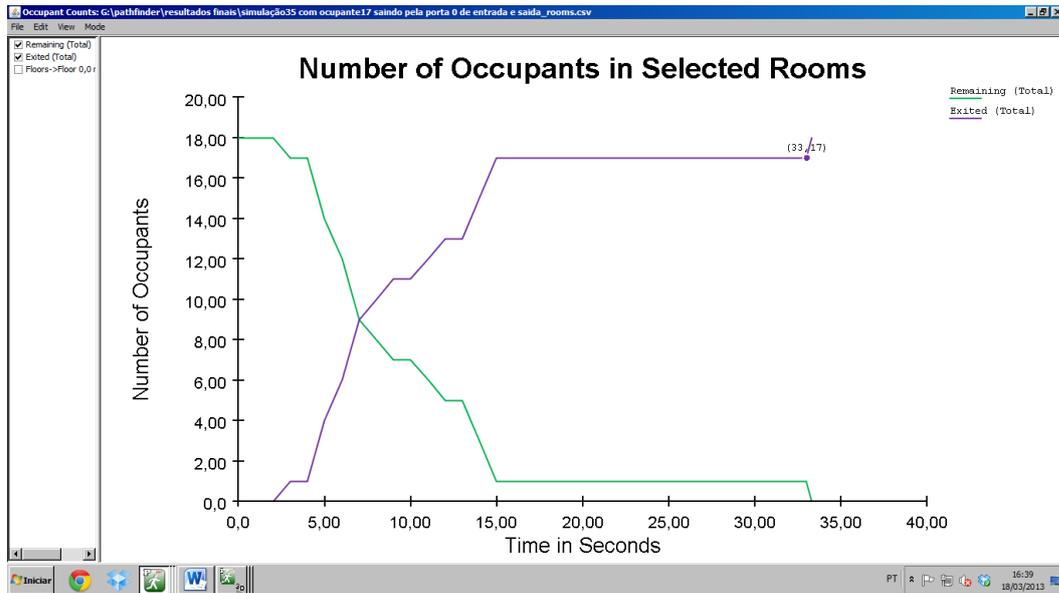


FIGURA 5.36 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que um deles (ocupante 17) saiu pela porta 04 mais longe que a porta 01. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5. 37.

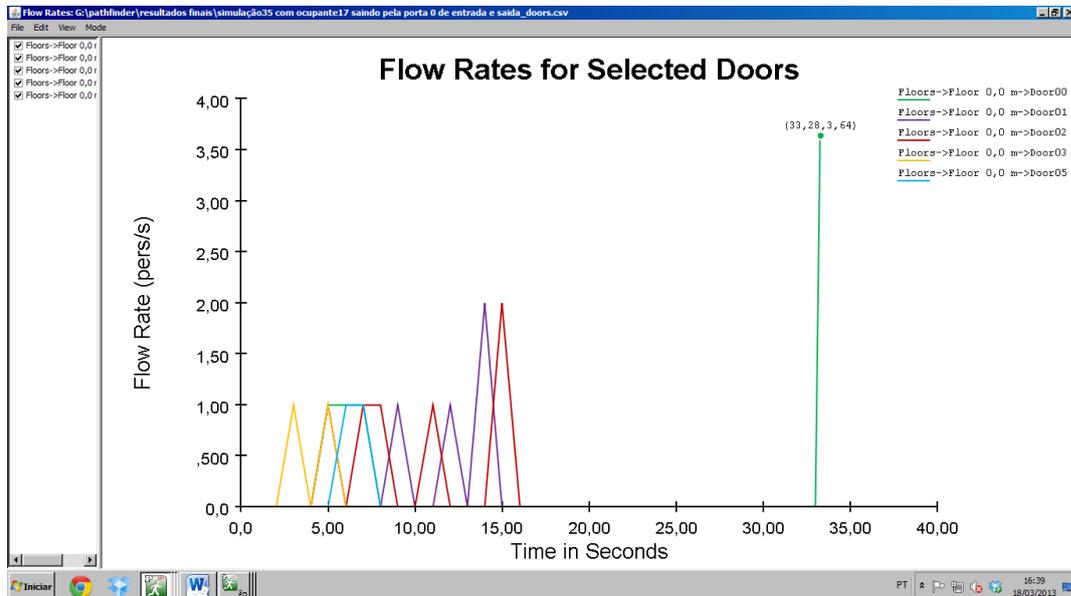


FIGURA 5.37 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com um dos ocupantes saindo pela porta 04 e não por porta mais próxima (default). (Fonte: Autor, 2013).

A nona simulação a seguir foi baseada no que foi descrito no Capítulo 3 deste trabalho, em relação ao uso dos sanitários por outros ocupantes de fora do Centro de Pesquisas.

5.2.9 NONA SIMULAÇÃO

O Centro de Pesquisas possui 2 sanitários (masculino e feminino) dimensionados para uso exclusivo dos 18 ocupantes do Centro, porém foi permitido o uso dos mesmos para integrantes que trabalham nos laboratórios adjacentes ao Centro de Pesquisas.

Nesta simulação supôs-se que no horário de pico, ou seja, logo após o almoço, havia 4 homens no banheiro masculino e 5 mulheres no banheiro feminino de acordo Figura 5.38 e 5.39. Lembrando que as 4 portas estavam abertas.

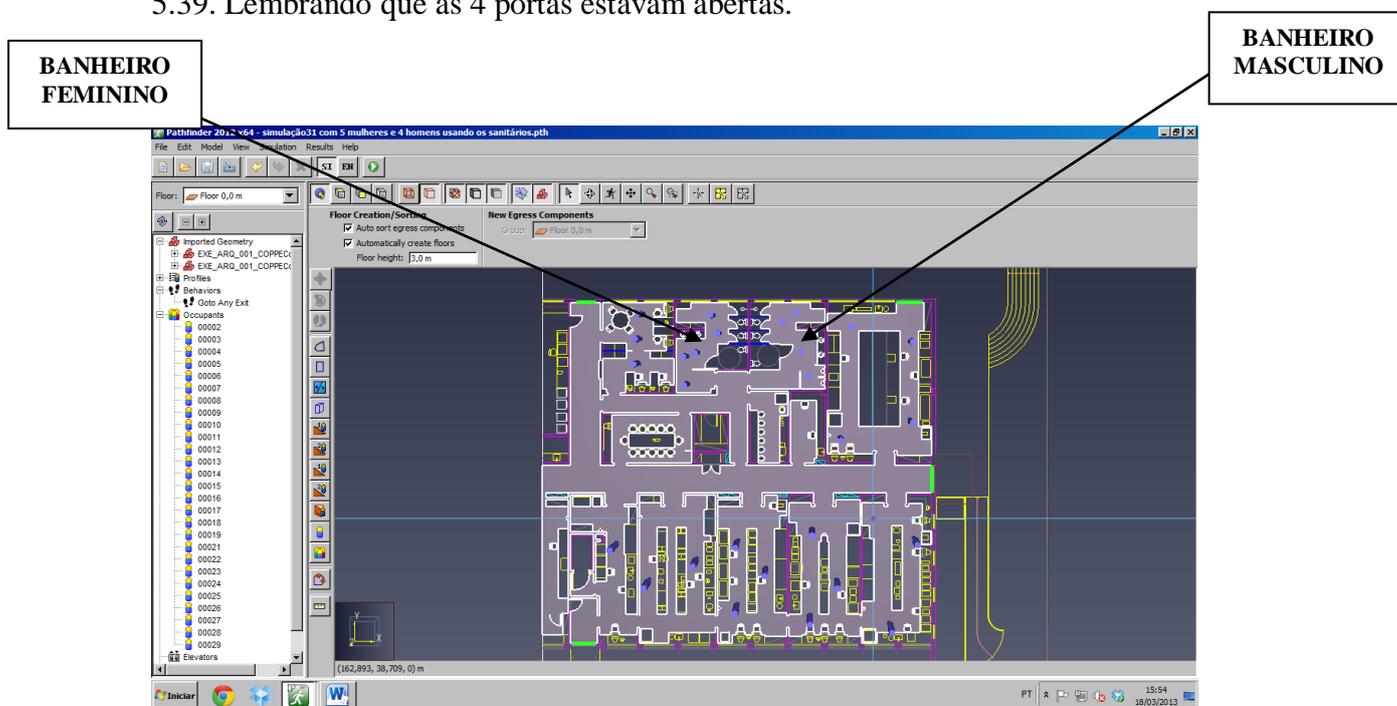


FIGURA 5.38 – Centro de Pesquisas com seus 18 ocupantes mais 9 ocupantes visitantes usando os banheiros. (Fonte: Autor, 2013)

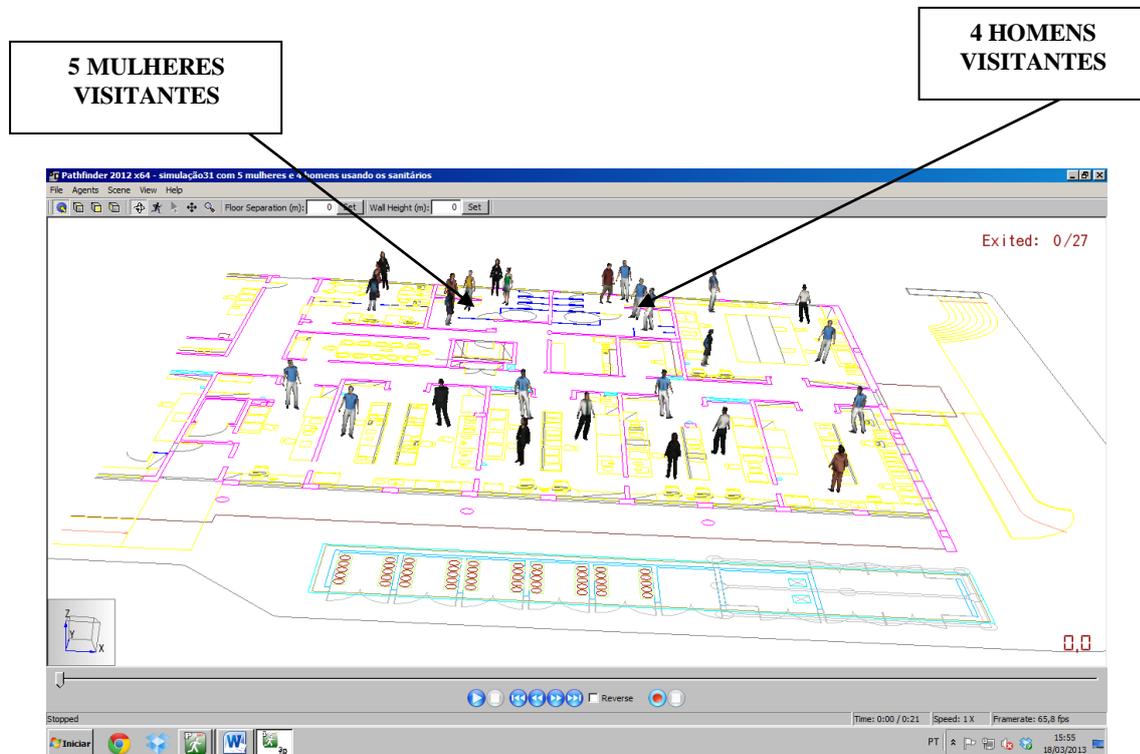


FIGURA 5.39 – Centro de Pesquisas com seus 18 ocupantes mais 9 ocupantes visitantes usando os banheiros. (Fonte: Autor, 2013)

5.2.9.1 Resultados obtidos na nona simulação

Observou-se que, nas condições mostradas nesta simulação, o tempo total de retirada foi de 21,70 segundos, conforme Tabela 5.11.

TABELA 5.11 - Resumo da simulação 9 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARY*SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***

Simulation: simulação 9 com 5 mulheres e 4 homens usando os sanitários

Mode: Steering

[Components] All: 6

[Components] Doors: 4

Triangles: 4295

Occupants: 27

Startup Time: 0,1s

CPU Time: 2,4s

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW AVG. (pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	21,70	27	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	21,70	12	0,70
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,78	6	0,67
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	21,70	27	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5. 40.

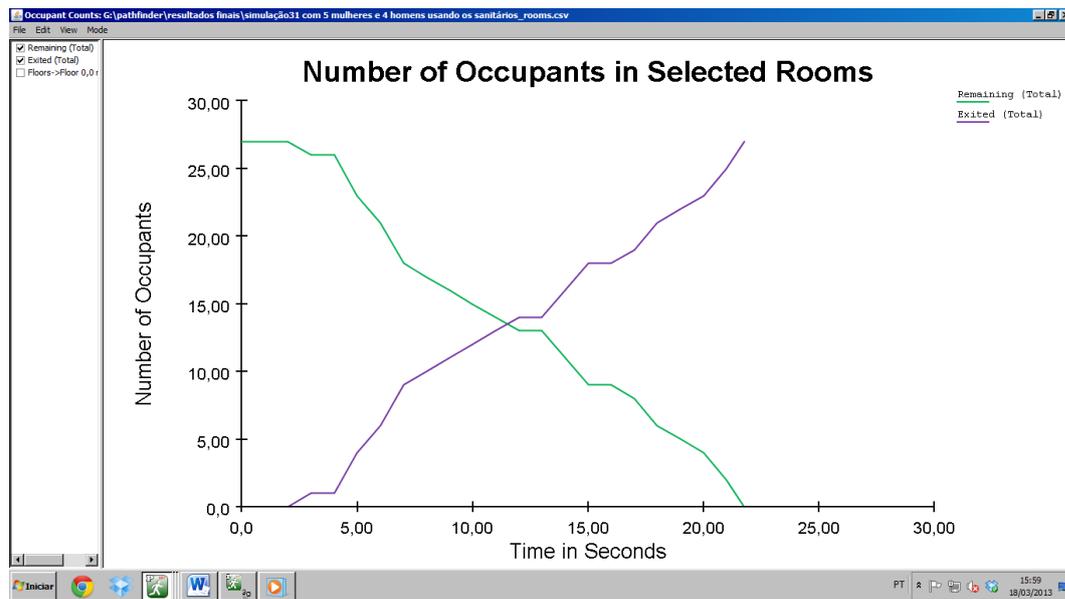


FIGURA 5.40 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas mais 9 visitantes utilizando os sanitários. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5. 41.

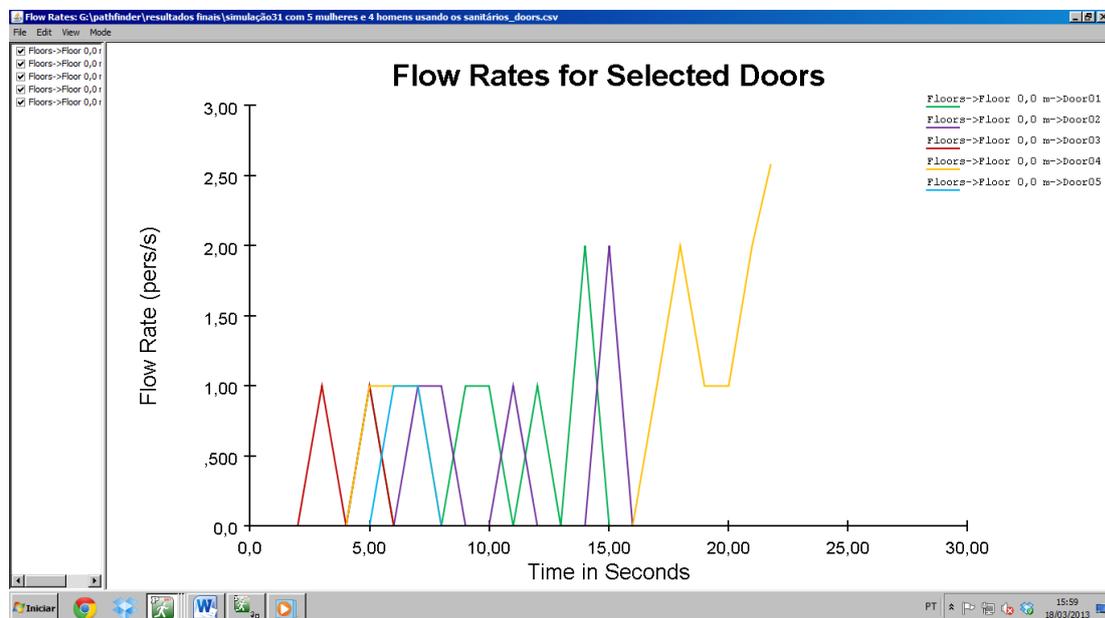


FIGURA 5.41 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas mais os 9 visitantes. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.10 DÉCIMA SIMULAÇÃO

Neste caso, optou-se por um dos ocupantes da gerência saísse bem devagar a uma velocidade de 0,55 m/s. Os demais ocupantes saíram a uma velocidade de 1,19 m/s. Todas as 04 portas estão abertas, (Figuras 5.42 e 5.43).

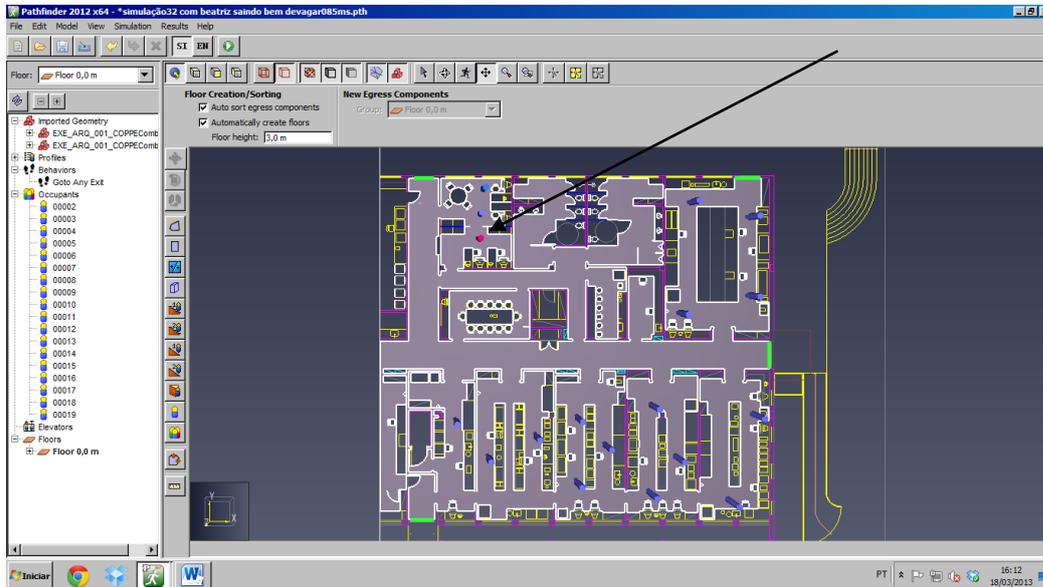


FIGURA 5.42 – Centro de Pesquisas com um dos ocupantes saindo devagar (0,55 m/s) e os demais a 1,19 m/s. (Fonte: Autor, 2013).

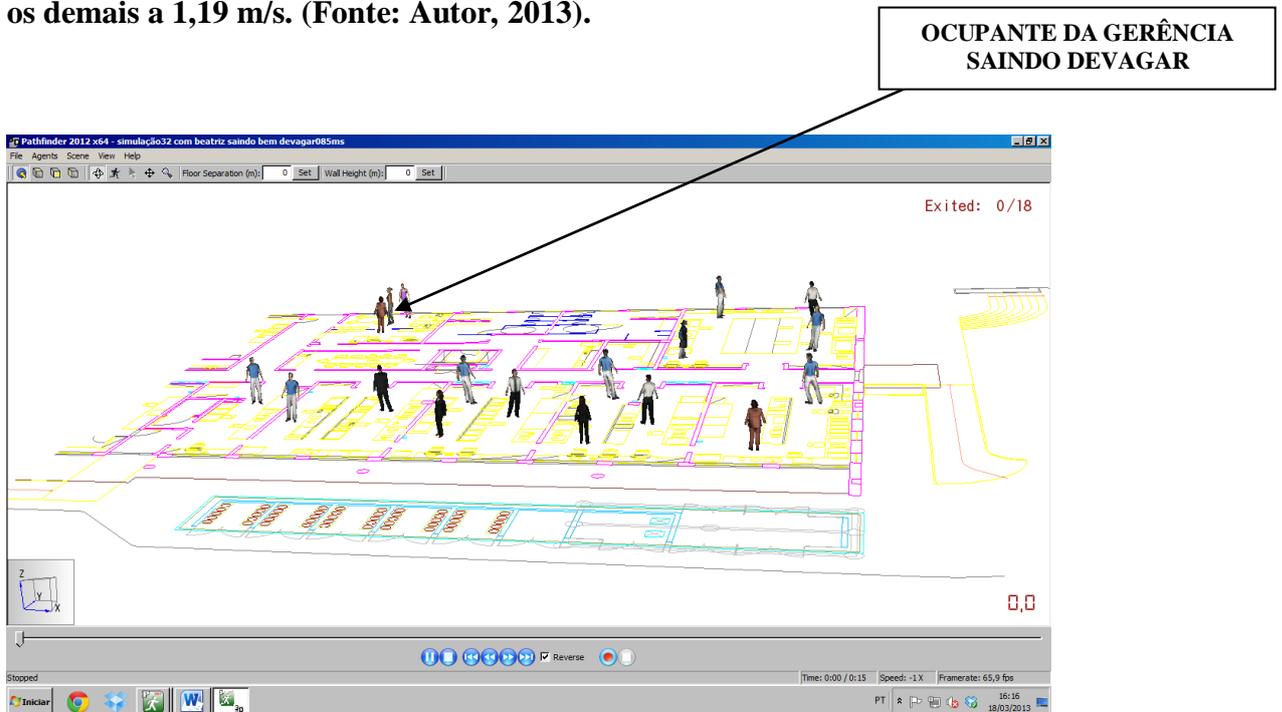


FIGURA 5.43 – Centro de Pesquisas com um dos ocupantes saindo devagar (0,55 m/s) e os demais ocupantes a 1,19 m/s. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.10.1 Resultados obtidos na décima simulação

Observou-se que, nas condições mostradas nesta simulação, o tempo total de retirada foi de 14,85 segundos, conforme Tabela 5.12.

TABELA 5.12 - Resumo da simulação 10 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 10 com um ocupante saindo devagar 0,55m/s				
Mode: Steering				
[Components] All: 6				
[Components] Doors: 5				
Triangles:	4295			
Occupants:	18			
Startup Time:	0,1s			
CPU Time:	0,3s			
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	14,85	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	11,43	3	0,44
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,78	6	0,67
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	14,85	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.44.

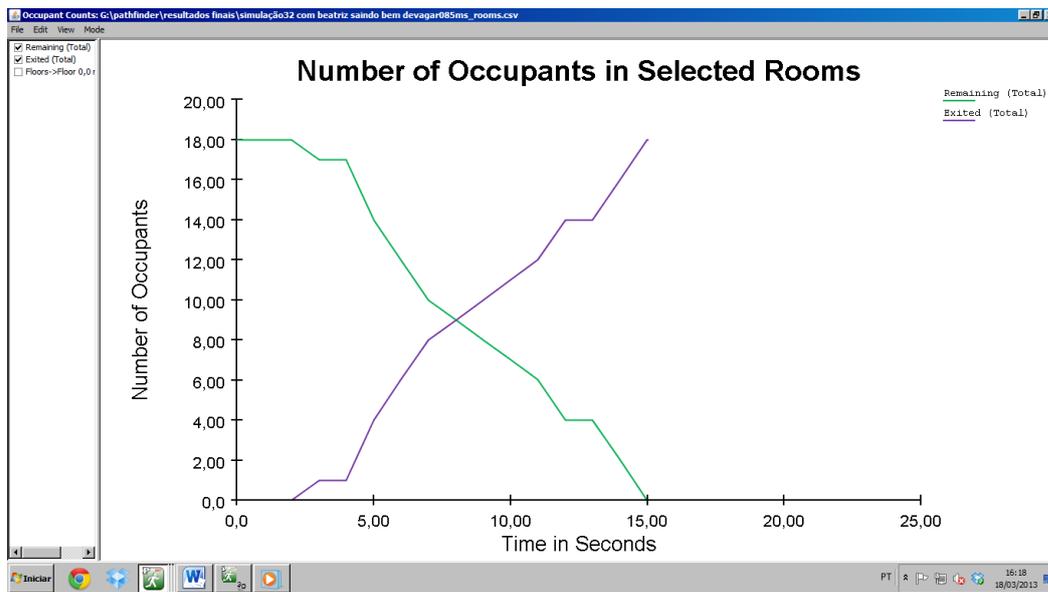


FIGURA 5.44 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas com um ocupante saindo a uma velocidade menor. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5. 45

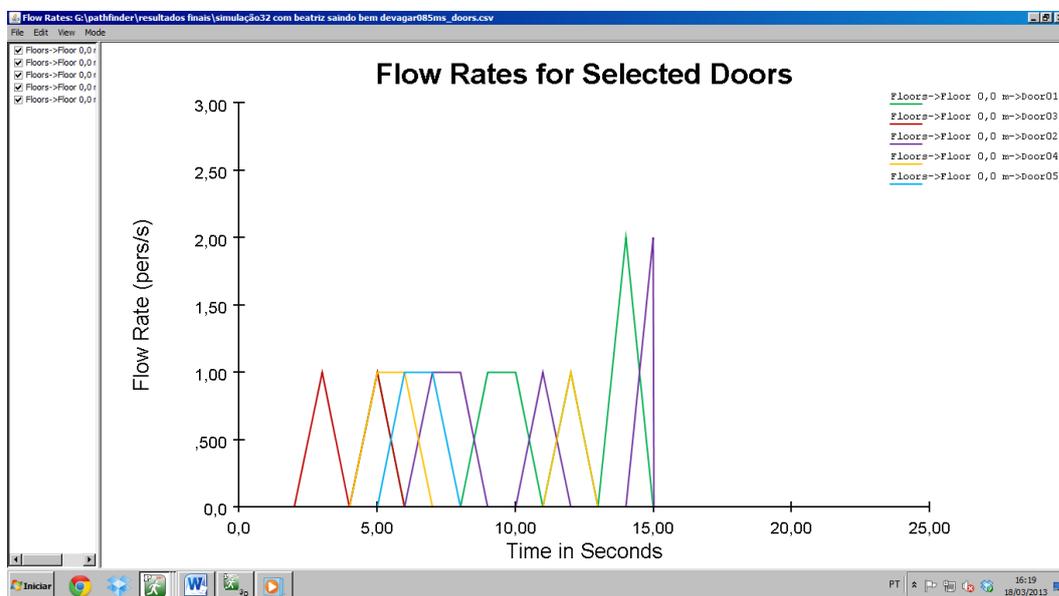


FIGURA 5.45 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com um ocupante saindo a uma velocidade menor. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.11 DÉCIMA PRIMEIRA SIMULAÇÃO

Utilização dos mesmos parâmetros da primeira simulação, sendo que neste caso, propôs-se que os ocupantes levaram alguns segundos (10 segundos), para perceber que havia um princípio de incêndio. Lembrando que o centro de pesquisas estudado não tem alarme conforme descrito no item 3.2.1.5 no capítulo 3 do presente trabalho, (Figuras 5.46 e 5.47).

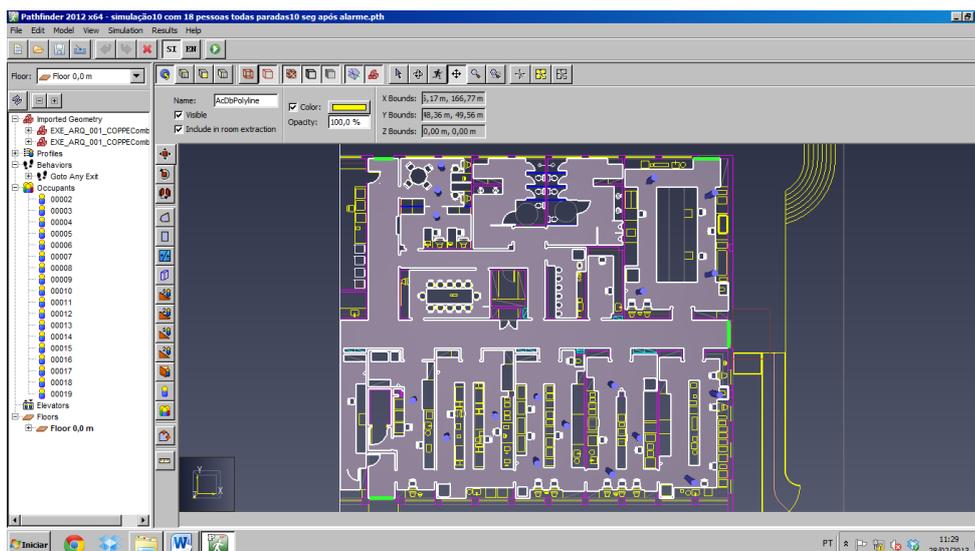


FIGURA 5.46 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes e 10 segundos para perceberem o incêndio. (Fonte: Autor, 2013).

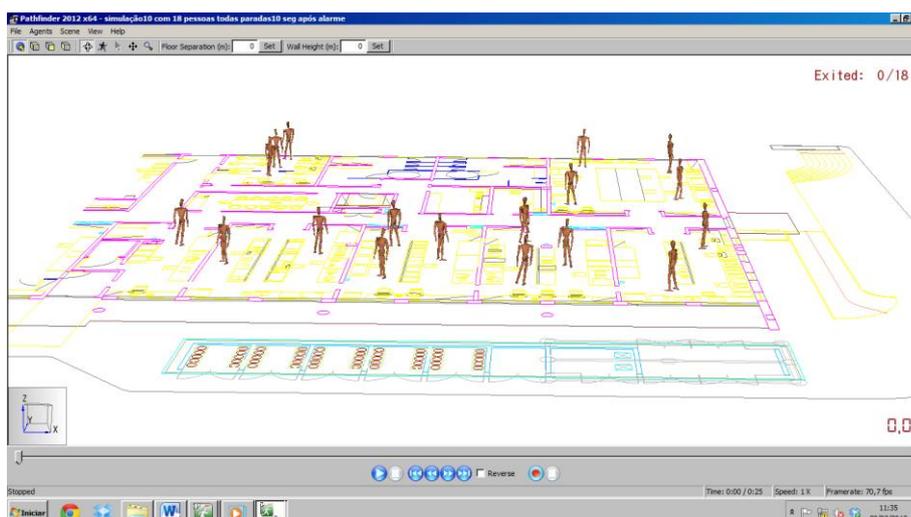


FIGURA 5.47 – Décima primeira simulação com 18 ocupantes no Centro de Pesquisas com 10 segundos de atraso para iniciar a retirada. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.11.1 Resultados obtidos na décima primeira simulação

Observou-se que, nas condições acima descritas, o tempo total de retirada de todo o centro de pesquisas foi de 24,88 segundos, conforme tabela resumo da décima primeira simulação (Tabela 5.12).

TABELA 5.13 – Resumo da simulação 11 (Fonte: Autor, 2013)

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 11 com 18 pessoas todas paradas por 10 seg				
Mode: Steering				
[Components] All: 6				
[Components] Doors: 4				
Triangles:	4295			
Occupants:	18			
Startup Time:	0,1s			
CPU Time:	2,6s			
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	24,88	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	14,65	16,45	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	14,88	23,80	6	0,67
Floors->Floor 0,0 m->Door02	16,83	24,88	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	12,48	14,08	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	15,88	16,45	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	24,88	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.48.

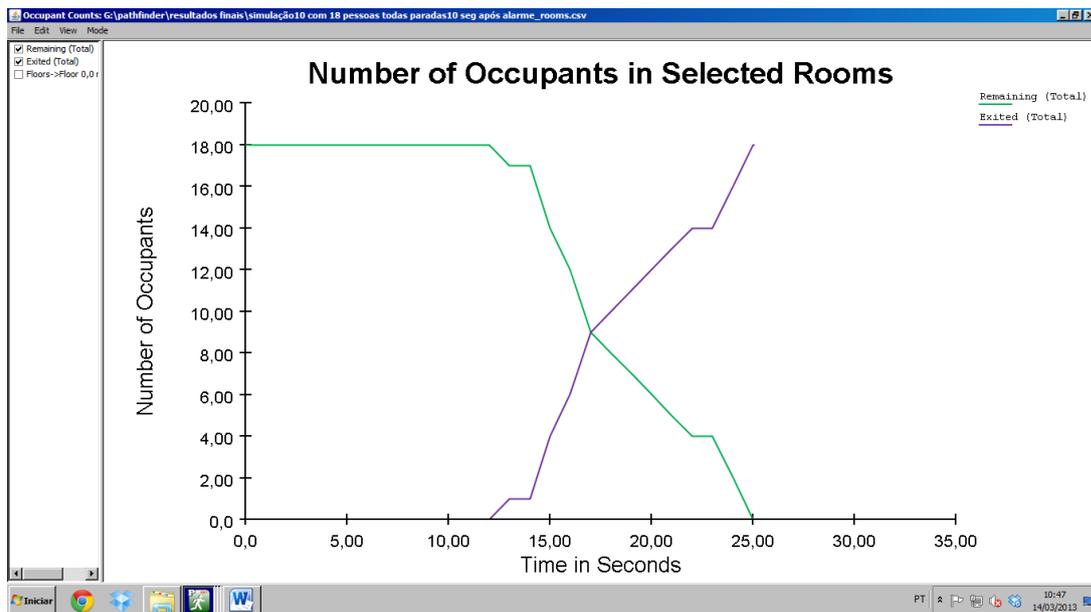


FIGURA 5.48 – Tempo total de retirada da décima primeira simulação. (Fonte: Autor, 2013).

O Pathfinder possibilita também verificar o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.49.

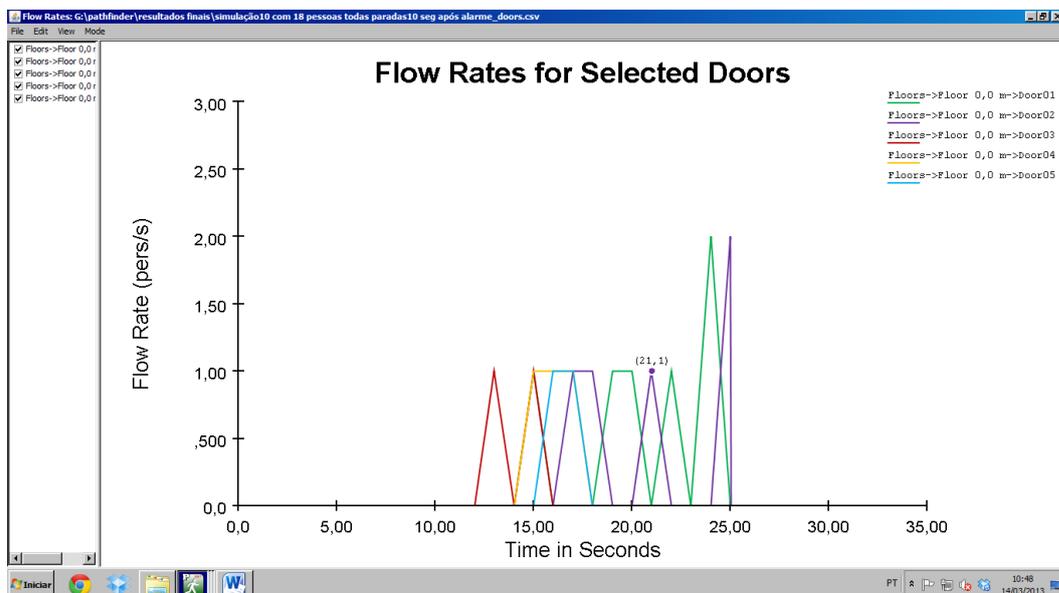


FIGURA 5.49 – Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas após 10 segundos. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.12 DÉCIMA SEGUNDA SIMULAÇÃO

Utilização dos mesmos parâmetros da primeira simulação, sendo que neste caso propõe-se que alguns ocupantes entrem em pânico, ou seja:

- Ao invés de todos saírem caminhando a uma velocidade constante de 1,19 segundos, alguns ocupantes escolhidos aleatoriamente saem correndo a uma velocidade de 5 m/s, (Figuras 5.50 e 5.51).

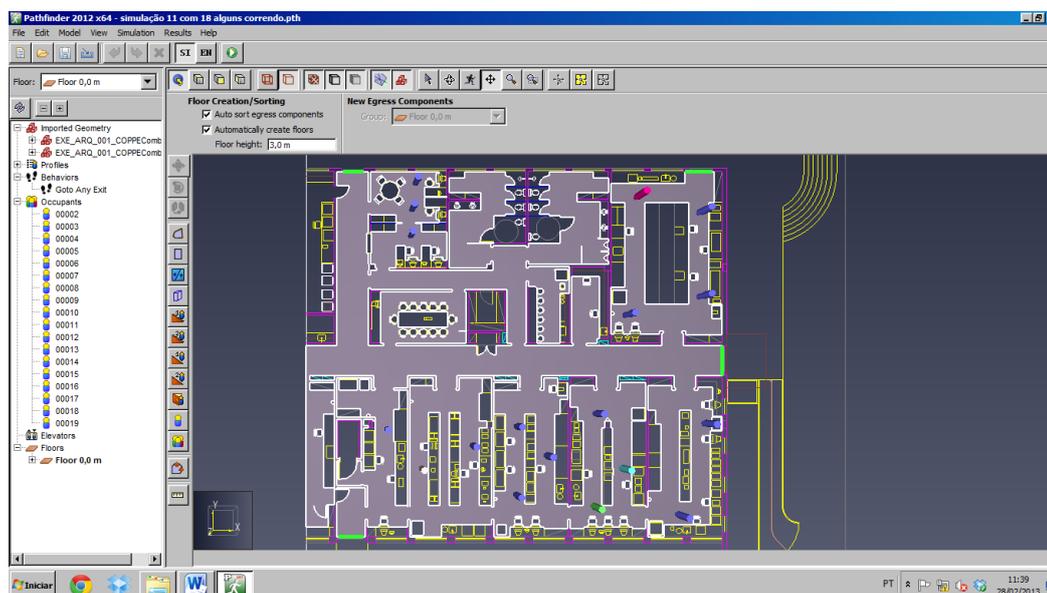


FIGURA 5.50 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, os quais alguns deles saem à uma velocidade maior que os demais. (Fonte: Autor, 2013).



FIGURA 5.51 – Décima segunda simulação com 18 ocupantes, dos quais alguns saem à uma velocidade maior que os demais . (Fonte: Autor, 2013).

5.2.12.1 Resultados obtidos na décima segunda simulação

Observou-se que, nas condições acima descritas, o tempo total de retirada de todo o centro de pesquisas foi de 14,85 segundos, conforme Tabela 5.13. Verifica-se, que embora se perceba que houve um atraso de saída de algumas pessoas devido ao afobamento de um dos ocupantes, o tempo total de escape não foi alterado.

TABELA 5.14 – Resumo da simulação 12 (Fonte: Autor, 2013)

```

***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***
Simulation: simulação 4 com 18 pessoas, algumas correndo
Mode: Steering
[Components] All: 6
[Components] Doors: 4
Triangles:      4295
Occupants:      18
Startup Time:   0,1s
CPU Time:       0,4s

```

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW AVG. (pers/s)
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	14,85	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	3,43	13,23	8	0,82
Floors->Floor 0,0 m->Door02	2,40	14,85	5	0,40
Floors->Floor 0,0 m->Door03	1,25	2,45	2	1,67
SUMMARY	0,00	14,85	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.52.

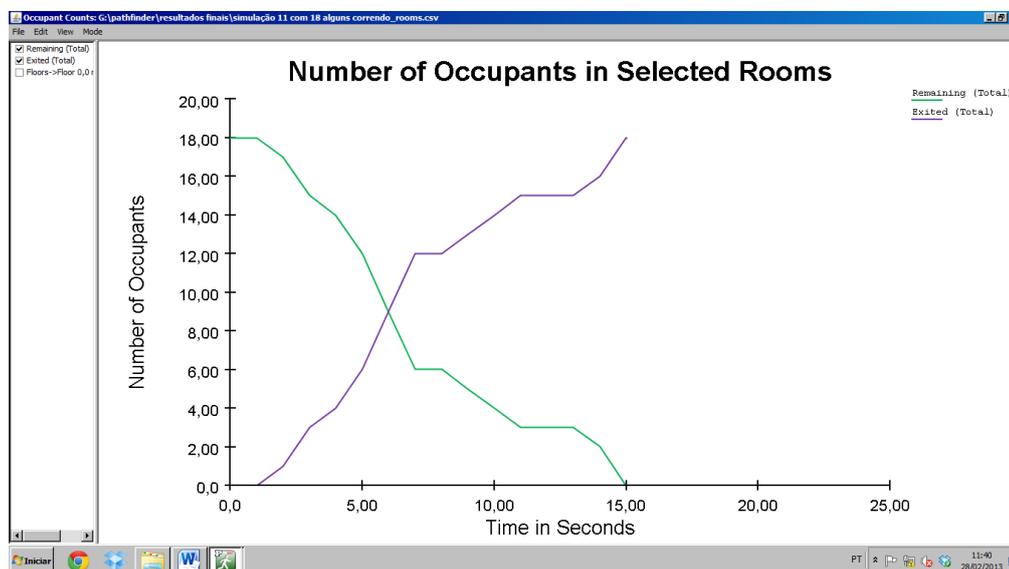


FIGURA 5.52 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que alguns deles saem à uma velocidade maior. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.53.



FIGURA 5.53 – Décima segunda simulação com 18 ocupantes sendo que alguns deles saem à uma velocidade maior. (Fonte: Autor, 2013).

Após simulações gerais para avaliação do menor tempo de retirada dos ocupantes, de todo o centro de pesquisas, passou-se a avaliar novas simulações pensando nos cenários e locais de maior risco:

- Laboratório de Avaliação de Petróleo (LAP) – simulação 13, 14, 15, 16, 17, 18 e 19
- Laboratório Físico-Químico (LFQ) – simulação 20, 21, 22, 23 e 24.

5.2.13 DÉCIMA TERCEIRA SIMULAÇÃO

De acordo com a análise preliminar de risco (APR) realizada no capítulo 4 dessa dissertação, simulou-se a possibilidade de um incêndio próximo a porta 3 do Laboratório de Avaliação de Petróleo (LAP). Neste caso, esta porta fica bloqueada à passagem de ocupantes.

Os outros parâmetros como velocidade de saída dos ocupantes (1,19 m/s), saída para a porta mais próxima (default) e distribuição dos ocupantes pelos laboratórios foram mantidos conforme simulação 1.

Observa-se ainda que, de acordo Tabela 5.2 do presente capítulo, essa simulação é idêntica à terceira simulação.(Figuras 5.14 e 5.15)

5.2.13.1 Resultados obtidos na décima terceira simulação

Neste caso, o tempo total de retirada mantendo a porta 3 bloqueada foi de 14,85 segundos, não alterando portanto, o tempo total inicialmente previsto com todas as portas abertas, (Tabela 5.5).

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.16 da terceira simulação. E tal qual a Figura 5.17 da terceira simulação, verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta.

5.2.14 DÉCIMA QUARTA SIMULAÇÃO

Nesta simulação, ainda focando no LAP, pensou-se em um incêndio mais perto da entrada do laboratório e por isso, a porta 01 foi bloqueada, utilizando-se os mesmos parâmetros da simulação 4, (Figuras 5.18 e 5.19).

5.2.14.1 Resultados obtidos na décima quarta simulação

Neste caso, o tempo total de retirada mantendo a porta 1 (Figura 5.19) bloqueada aumentou para 18,45 segundos tal qual a Tabela 5.6 da quarta simulação.

5.2.15 DÉCIMA QUINTA SIMULAÇÃO

Supondo que todo o LAP estivesse pegando fogo, as chamas e a fumaça impediriam o uso da porta 1 e 3. Neste caso, simulou-se a retirada dos 18 ocupantes bloqueando-se a porta 1 e 3, (Figuras 5.54 e 5.55).

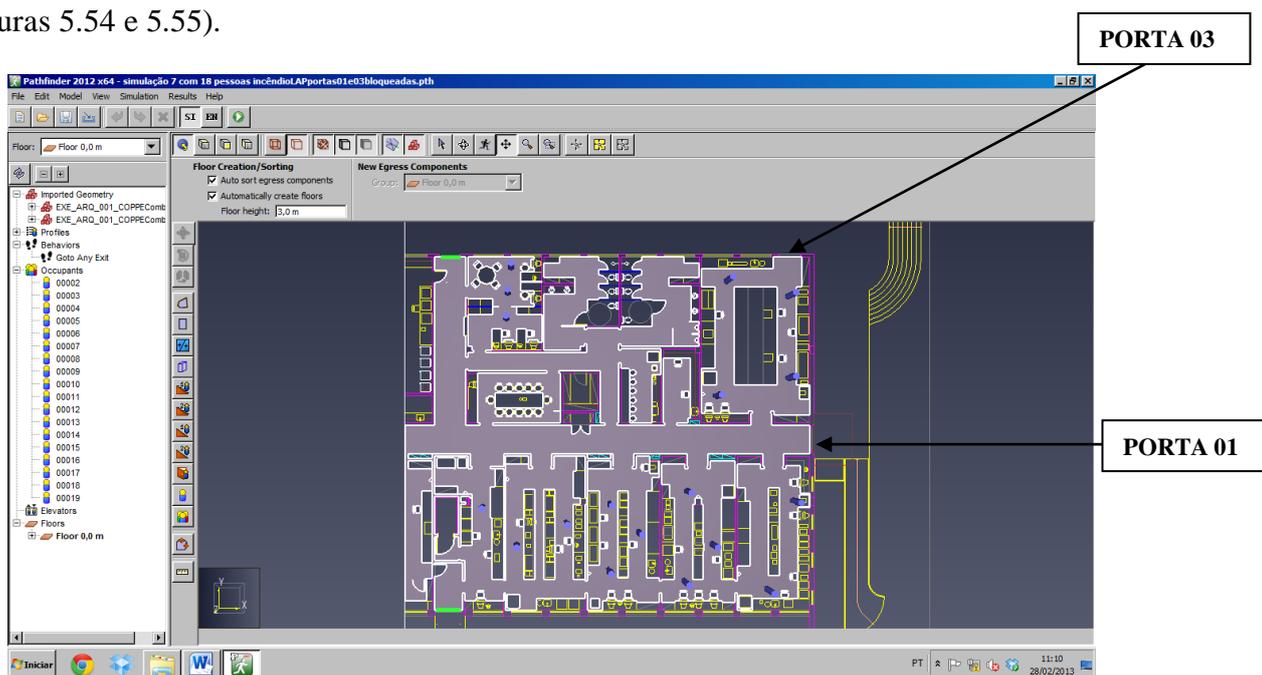


FIGURA 5.54 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, incêndio no LAP, portas 01 e 03 bloqueadas. (Fonte: Autor, 2013).

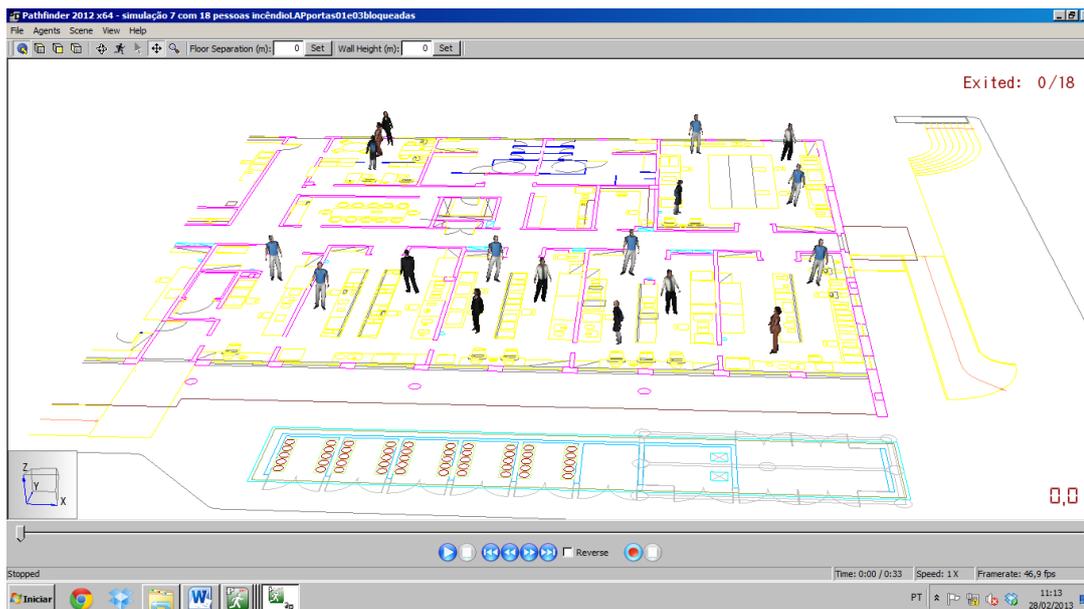


FIGURA 5.55 – Simulação 15 com 18 ocupantes, incêndio no LAP, portas 01 e 03 bloqueadas. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.15.1 Resultados obtidos na décima quinta simulação

O tempo total de retirada mantendo a porta 1 e 3 bloqueadas foi de 32,85 segundos (Tabela 5.14).

TABELA 5.15 – Resumo da simulação 15 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY**SUMMARY**SUMMARY**SUMMARY**
 Simulation: simulação 15 com 18 pessoas incêndio LAP portas 01e 03 bloqueadas
 Mode: Steering
 [Components] All: 3
 [Components] Doors: 2
 Triangles: 4293
 Occupants: 18
 Startup Time: 0,1s
 CPU Time: 1,5s

ROOM/DOOR	FIRST IN (s)	LAST OUT (s)	TOTAL USE (pers)	FLOW AVG. (pers/s)
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	32,85	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	32,85	15	0,58
SUMMARY	0,00	32,85	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.56 a seguir:

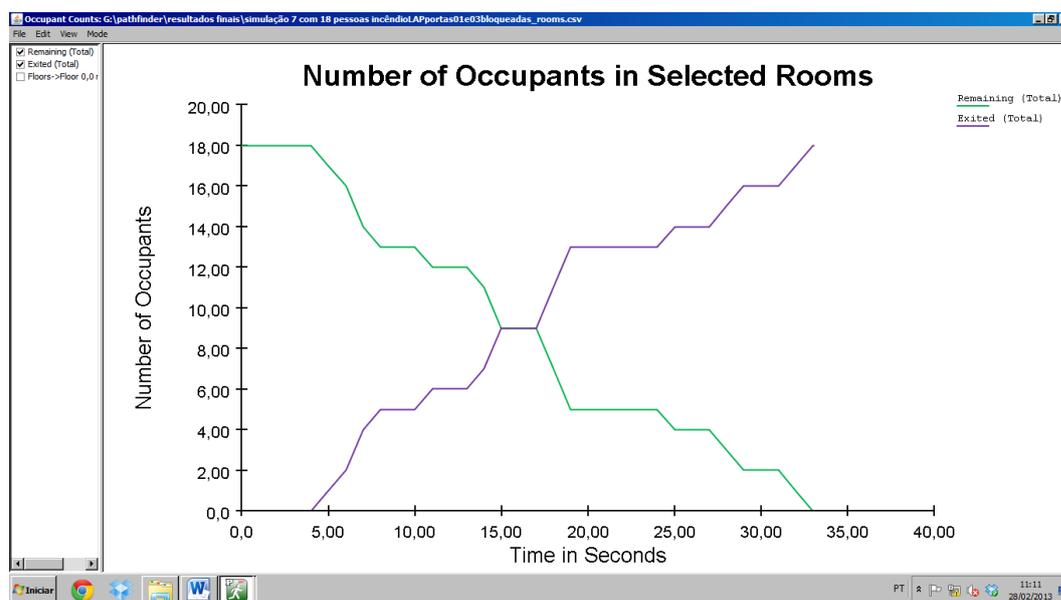


FIGURA 5.56 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, incêndio no LAP, portas 01 e 03 bloqueadas. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.57.

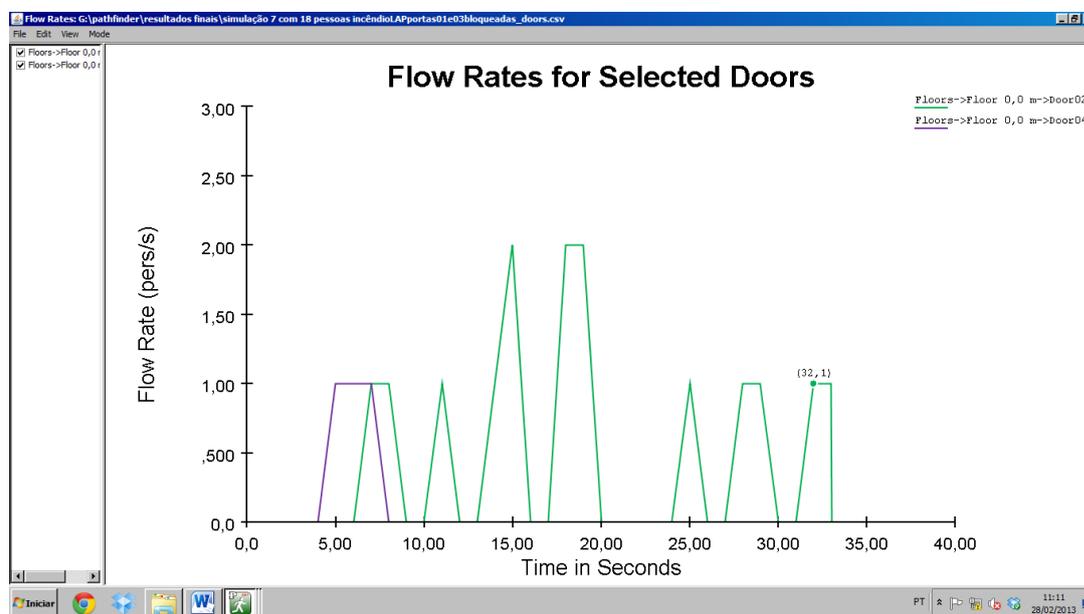


FIGURA 5.57 – Simulação 15 com 18 ocupantes, portas 01 e 03 bloqueadas. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.16 DÉCIMA SEXTA SIMULAÇÃO

Ainda no Laboratório de Avaliação de Petróleo (LAP), supôs-se que um dos ocupantes deste laboratório tivesse dificuldade para sair, por pânico ou dificuldade de locomoção.

Neste caso, este ocupante saiu à uma velocidade de 0,95 m/s enquanto que os demais saíram a 1,19 m/s. As 4 portas estão abertas e todos se dirigem para a porta mais próxima, (Figuras 5.58 e 5.59).

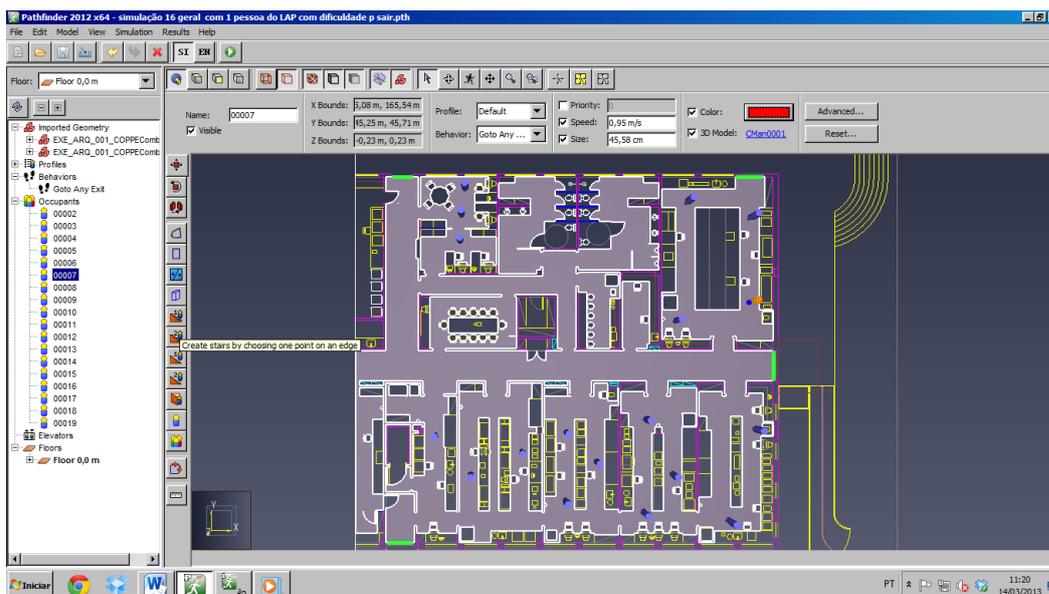


FIGURA 5.58 – Centro de Pesquisas com um dos ocupantes saindo mais devagar. (Fonte: Autor, 2013)

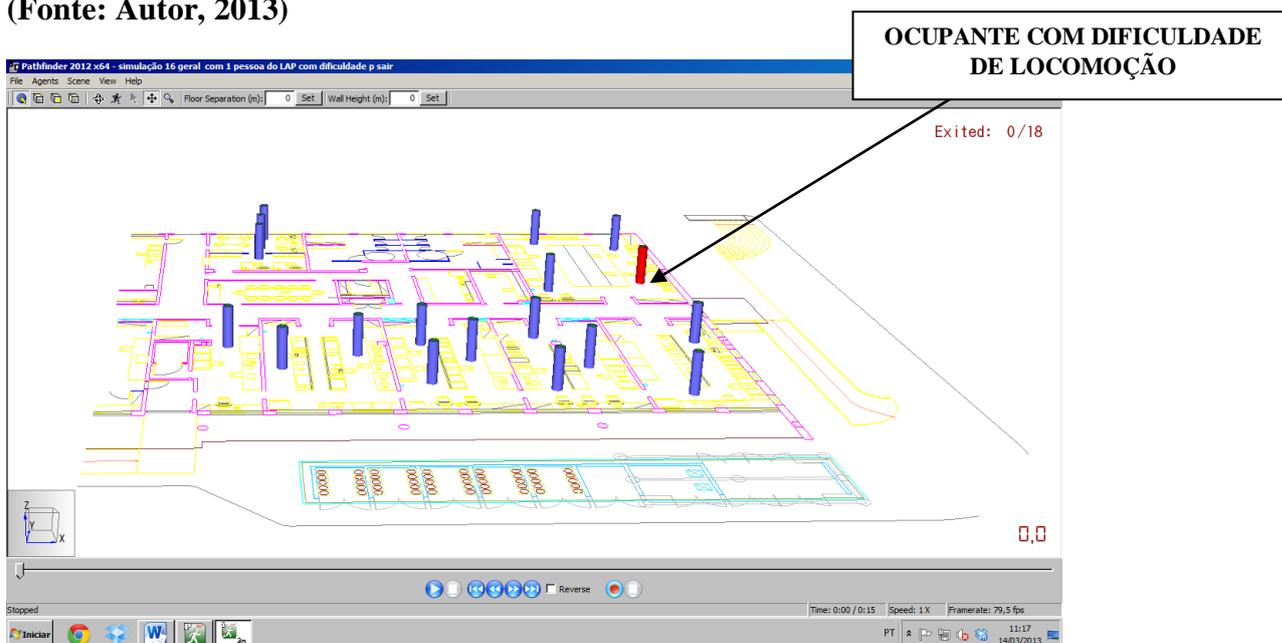


FIGURA 5.59 – Um dos ocupantes saindo a 0,95m/s. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.16.1 Resultados obtidos na décima sexta simulação

O tempo total não foi alterado em relação a primeira simulação, isto é, 14,85 segundos, mesmo com um ocupante saindo mais devagar que os demais. (Tabela 5.15).

TABELA 5. 16 - Resumo da simulação 16 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 16 com 1 pessoa do LAP com dificuldade p sair				
Mode: Steering				
[Components] All: 6				
[Components] Doors: 4				
Triangles:	4295			
Occupants:	18			
Startup Time:	0,1s			
CPU Time:	1,5s			
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	14,85	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,78	7	0,78
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	7,15	7,15	1	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	14,85	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.60 a seguir:

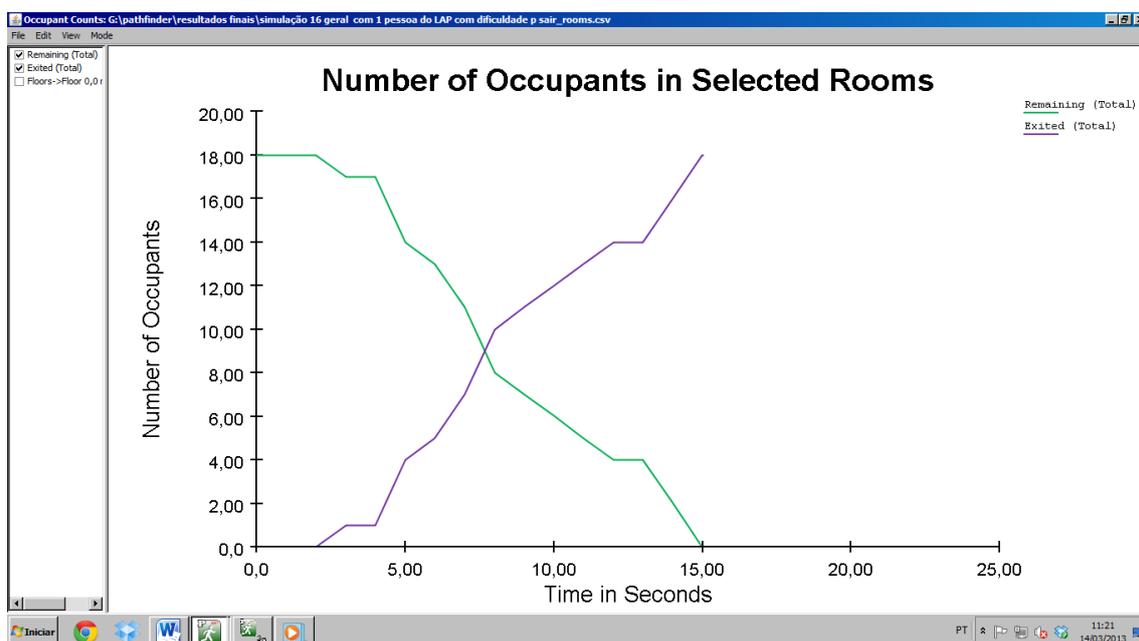


FIGURA 5.60 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que um ocupante sai mais devagar que os demais. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.61.

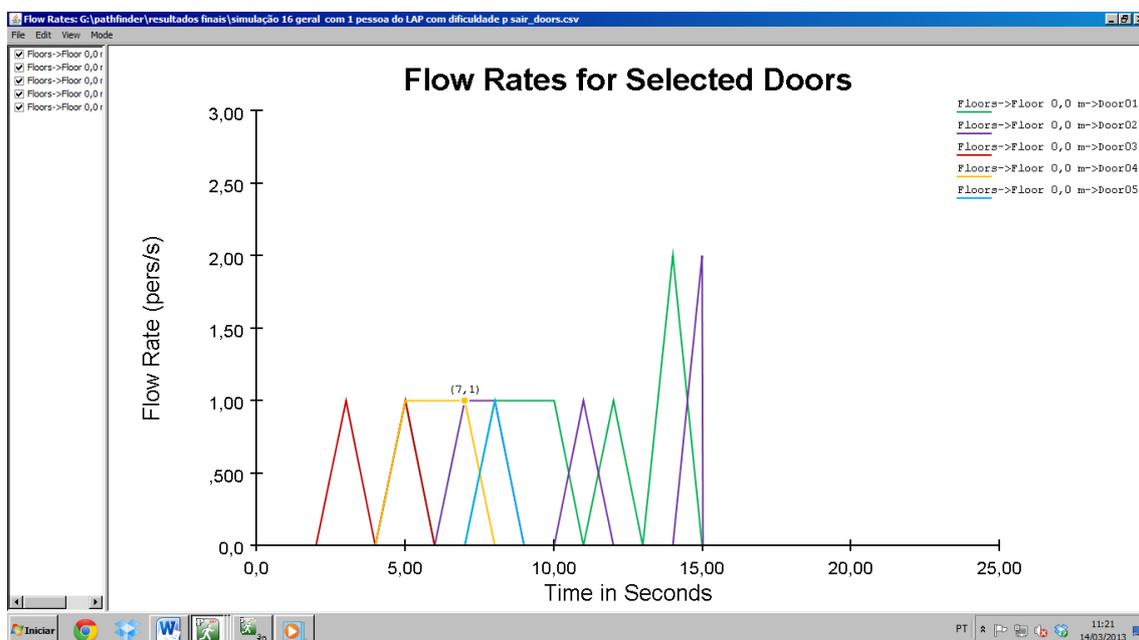


FIGURA 5.61 – Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com um deles saindo mais devagar que os demais. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.17 DÉCIMA SÉTIMA SIMULAÇÃO

Nesta simulação, propôs-se que todos os ocupantes do LAP entrassem em pânico e saíssem correndo a uma velocidade de 5 m/s.

Os demais ocupantes saíram a 1,19 m/s e todas as portas se encontravam abertas, (Figuras 5.62 e 5.63).

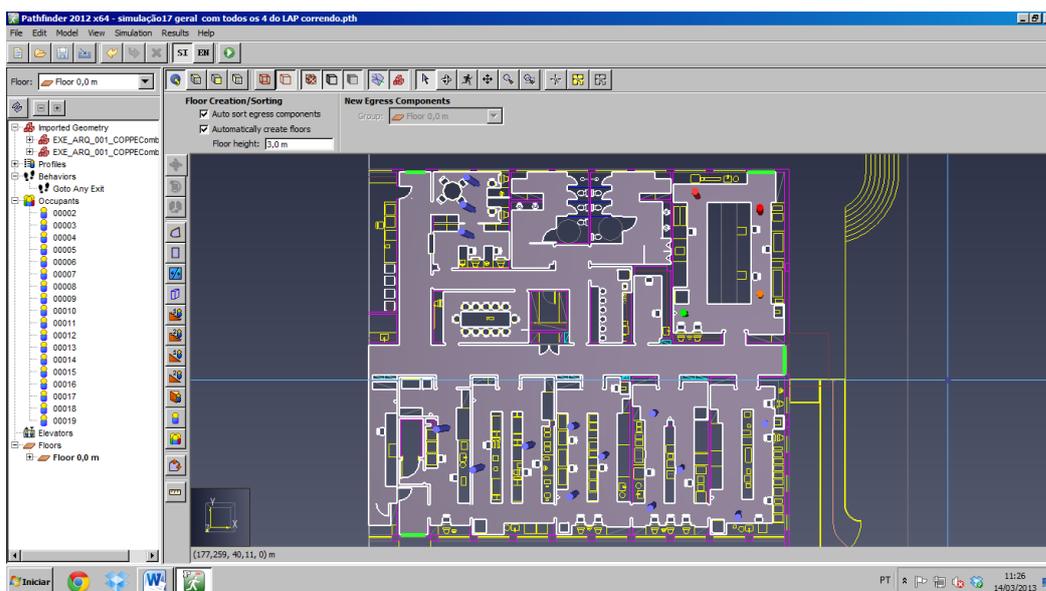


FIGURA 5.62 – Centro de Pesquisas com os 4 ocupantes do LAP saindo correndo a uma velocidade de 5 m/s. (Fonte: Autor, 2013).

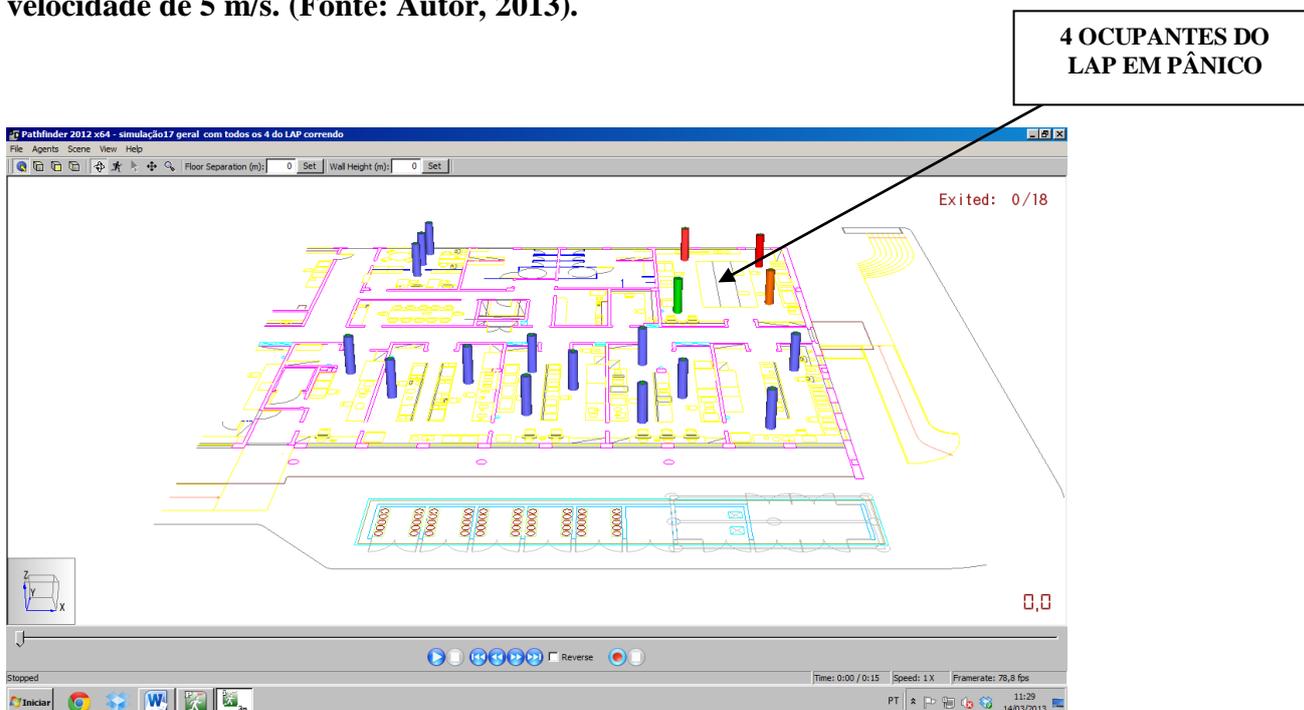


FIGURA 5.63 – Os 4 ocupantes do LAP saindo a uma velocidade maior (5 m/s). (Fonte: Autor, 2013).

5.2.17.1 Resultados obtidos na décima sétima simulação

O tempo total de retirada foi de 14,85 segundos, o que significa que o pânico dos ocupantes do LAP não prejudicou a saída dos outros ocupantes, embora possa ser visto na simulação que os ocupantes do LAP se esbarram. (Tabela 5.16).

TABELA 5.17 – Resumo da Simulação 17 (Fonte: Autor, 2013)

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 17 com todos do LAP correndo				
Mode: Steering				
[Components] All: 6				
[Components] Doors: 4				
Triangles:	4295			
Occupants:	18			
Startup Time:	0,1s			
CPU Time:	1,5s			
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	14,85	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,78	7	0,78
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	7,15	7,15	1	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	14,85	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.64 a seguir:

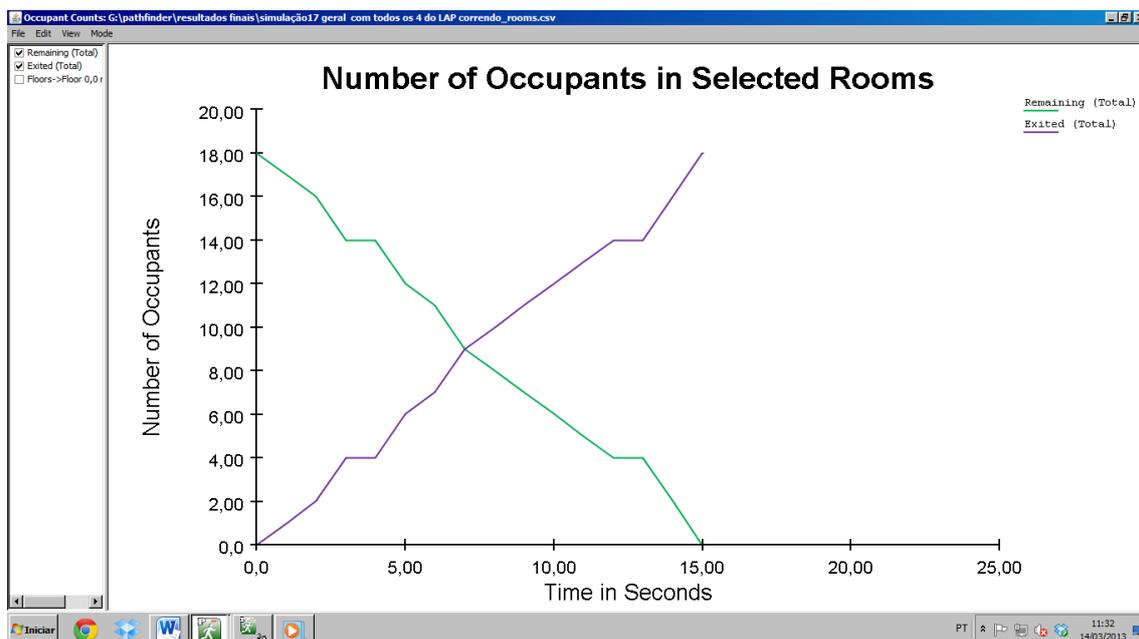


FIGURA 5.64 – Tempo total de retirada dos ocupantes do Centro de pesquisas com 4 ocupantes do LAP saindo a uma velocidade maior (5 m/s). (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5. 65.

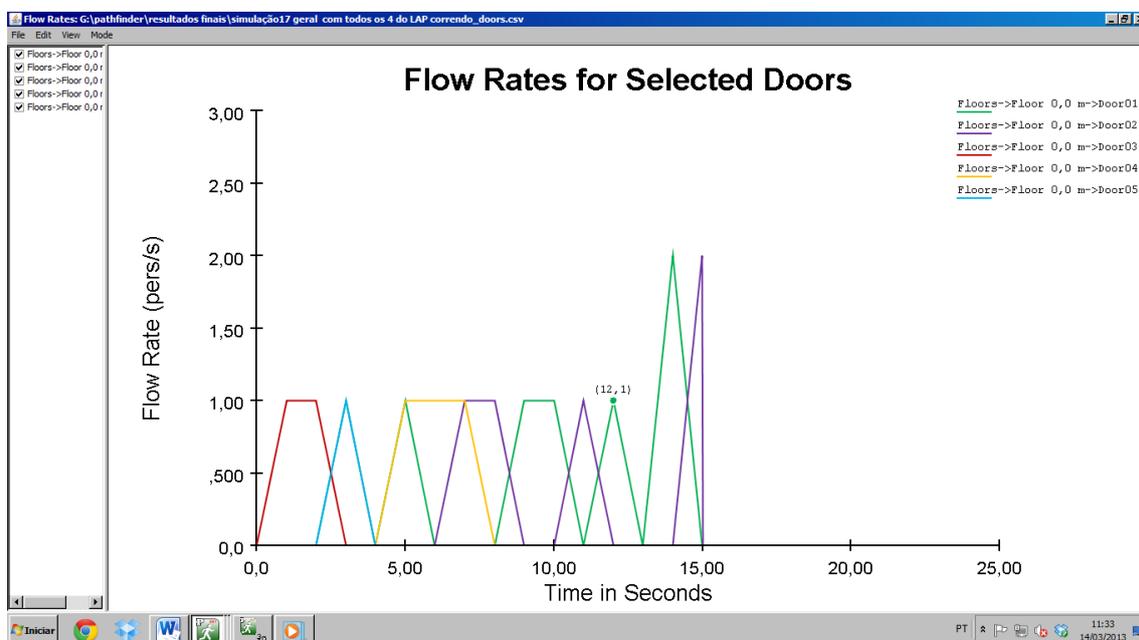


FIGURA 5.65 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com 4 integrantes do LAP saindo mais rápido que os demais. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.18 DÉCIMA OITAVA SIMULAÇÃO

Nesta simulação propôs-se bloquear as 2 portas de saída mais próximas do LAP com todos os seus 4 ocupantes entrando em pânico, isto é, correndo a uma velocidade de 5 m/s. Esta proposta se deu pela observação da simulação anterior onde os ocupantes do LAP se esbarram ao saírem correndo. (Figuras 5.66 e 5.67).

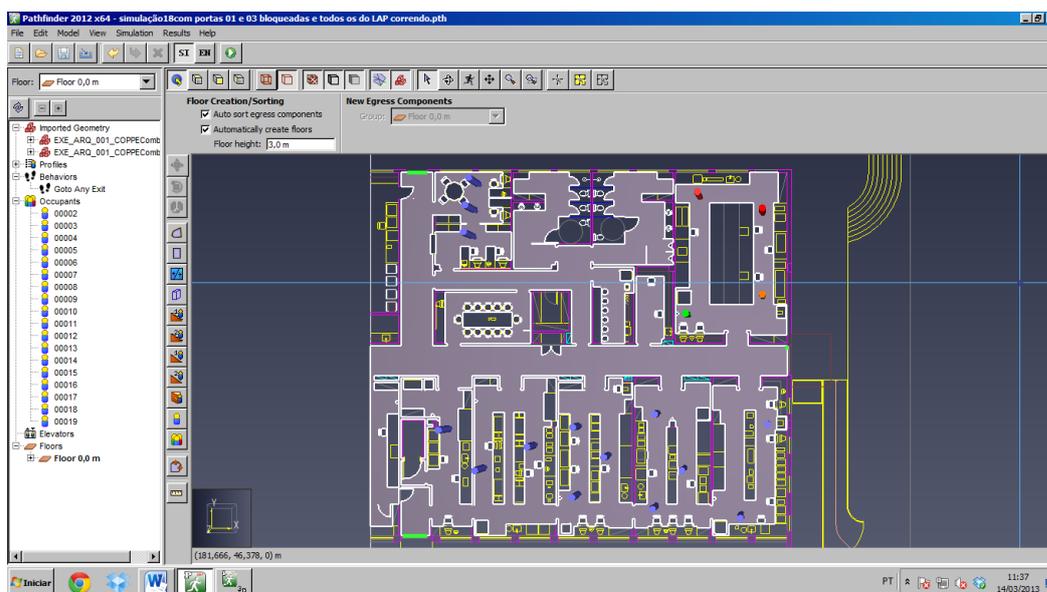


FIGURA 5.66 – Centro de Pesquisas com os 4 ocupantes do LAP saindo mais rápido e portas 01 e 03 bloqueadas. (Fonte: Autor, 2013).

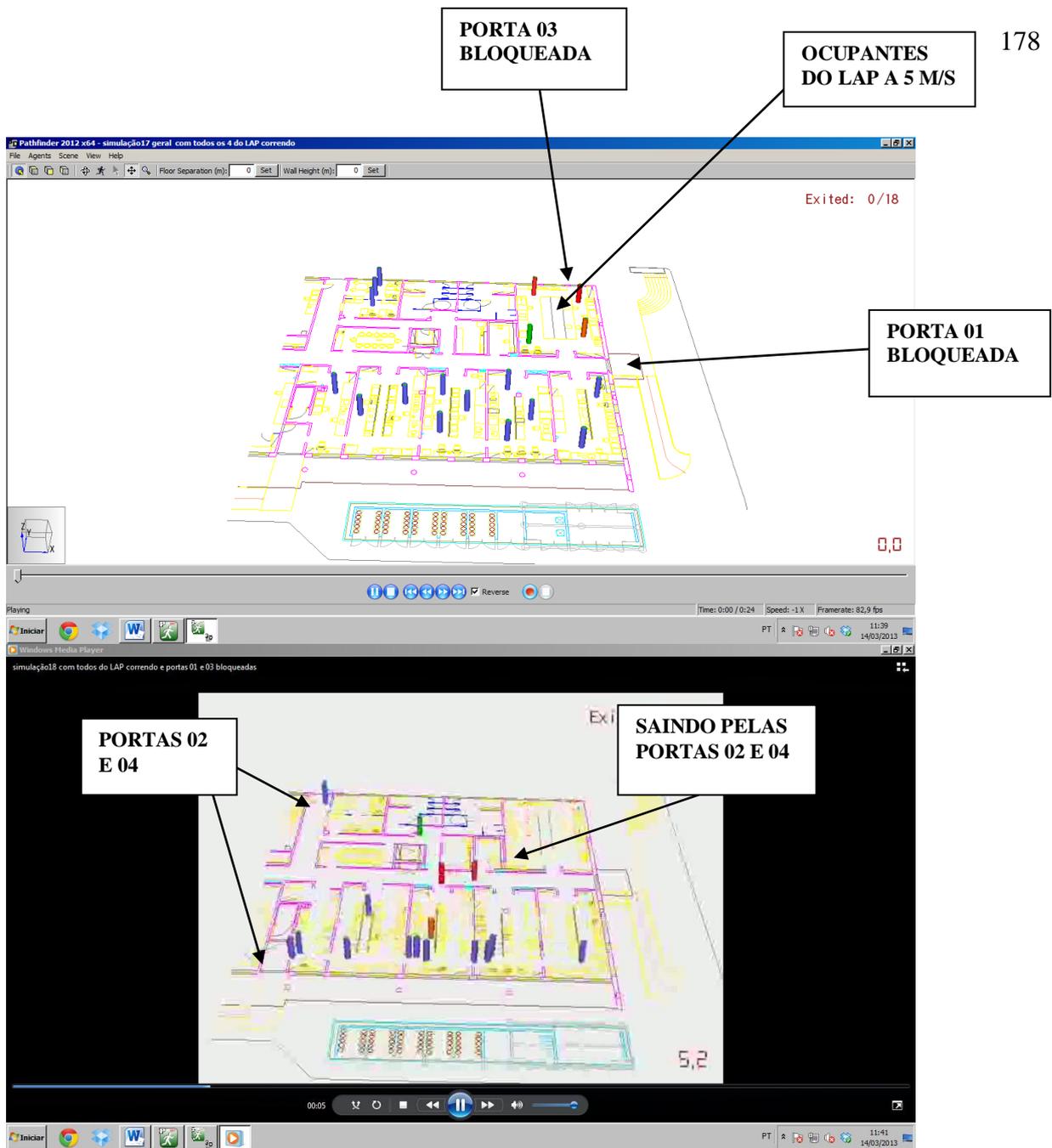


FIGURA 5.67 – Incêndio no LAP, portas 01 e 03 bloqueadas pelo fogo e os 4 ocupantes saem correndo. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.18.1 Resultados obtidos na décima oitava simulação

O tempo total de retirada foi de 24,05 segundos, o que significa que o pânico dos ocupantes do LAP com as 2 portas mais próximas fechadas, prejudicou a saída dos outros ocupantes. (Tabela 5.17).

TABELA 5.18 – Resumo da Simulação 18 (Fonte: Autor, 2013)

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação18 com portas 01 e 03 bloqueadas e todos os do LAP correndo				
Mode: Steering				
[Components] All: 4				
[Components] Doors: 2				
Triangles:	4294			
Occupants:	18			
Startup Time:	0,1s			
CPU Time:	1,4s			
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	24,05	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	12,93	6	0,72
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	24,05	12	0,70
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	24,05	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.68 a seguir:

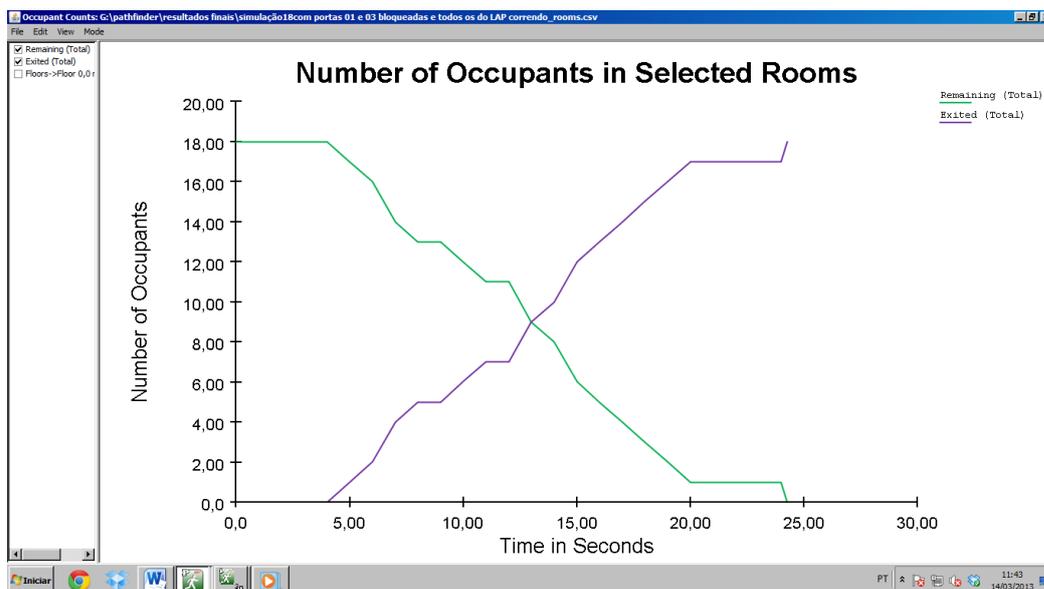


FIGURA 5.68 - Tempo total de retirada dos ocupantes do Centro de pesquisas com 4 ocupantes do LAP saindo a uma velocidade maior (5 m/s) e portas 01 e 03 bloqueadas pelo fogo. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5. 69.

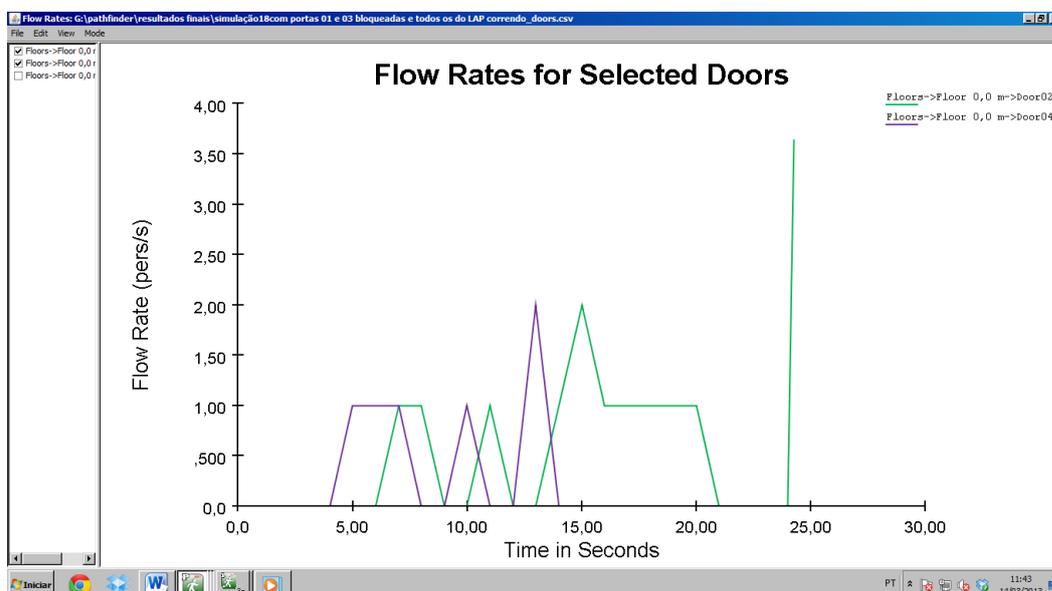


FIGURA 5.69 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com 4 integrantes do LAP saindo mais rápido que os demais e portas 01 e 03 bloqueadas. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.19 DÉCIMA NONA SIMULAÇÃO

Nesse caso, além da porta 01 estar bloqueada devido ao início de incêndio no LAP, a porta de entrada deste laboratório, também ficou bloqueada pelo fogo, conforme Figuras 5.70 e 5.71.

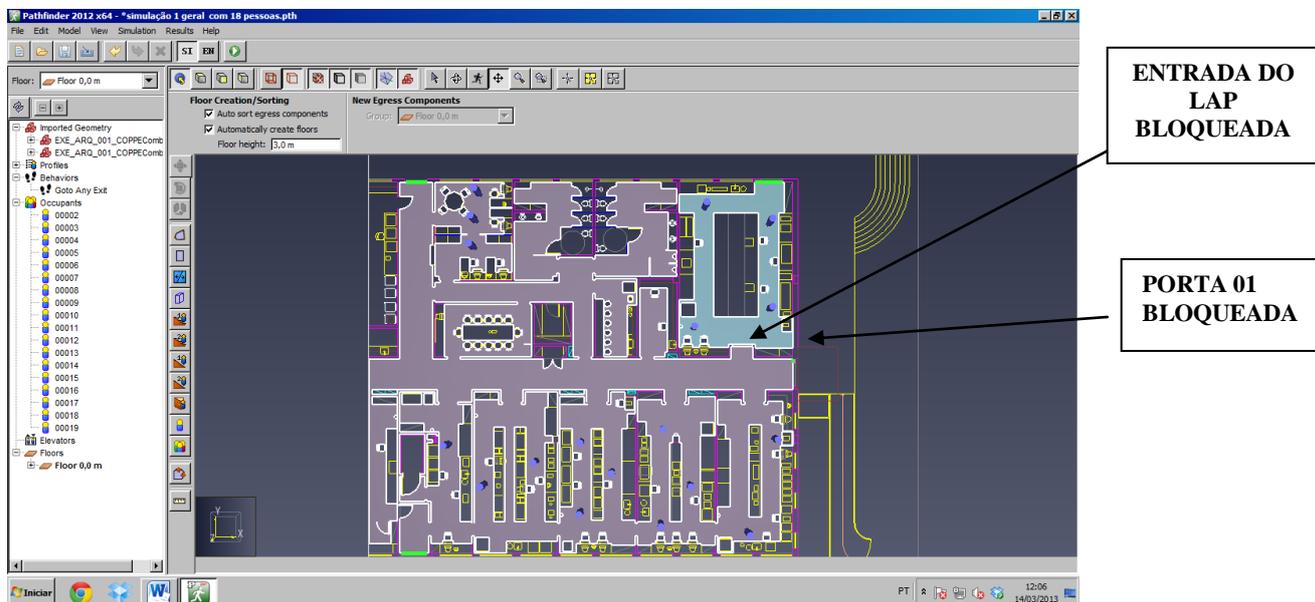


FIGURA 5.70 – Centro de Pesquisas com porta de entrada do LAP e porta 01 bloqueadas pelo fogo. (Fonte: Autor, 2013).

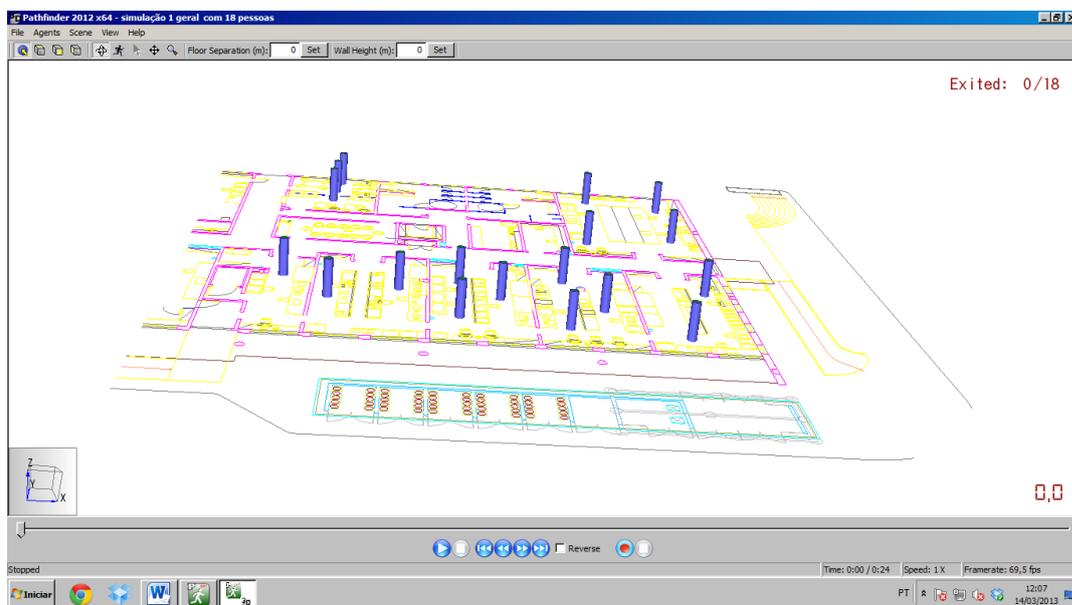


FIGURA 5.71 – Incêndio no LAP com porta de entrada deste laboratório e porta de emergência 01 bloqueada pelo fogo. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.19.1 – Resultados obtidos na décima nona simulação

O tempo total de retirada neste caso foi de 24,30 segundos, o que significa que o pânico dos ocupantes do LAP com as 2 portas mais próximas fechadas, prejudicou a saída dos outros ocupantes. (Tabela 5.18).

TABELA 5.19 – Resumo da Simulação 19 (Fonte: Autor, 2013)

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação19 com portas 01 e entrada do LAP bloqueadas				
Mode: Steering				
[Components] All: 4				
[Components] Doors: 3				
Triangles:	4294			
Occupants:	18			
Startup Time:	0,1s			
CPU Time:	1,4s			
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	24,30	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	12,93	3	0,72
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	24,30	11	0,70
Floors->Floor 0,0 m->Door03	6,80	24,30	4	0,70
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	24,30	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.72 a seguir:

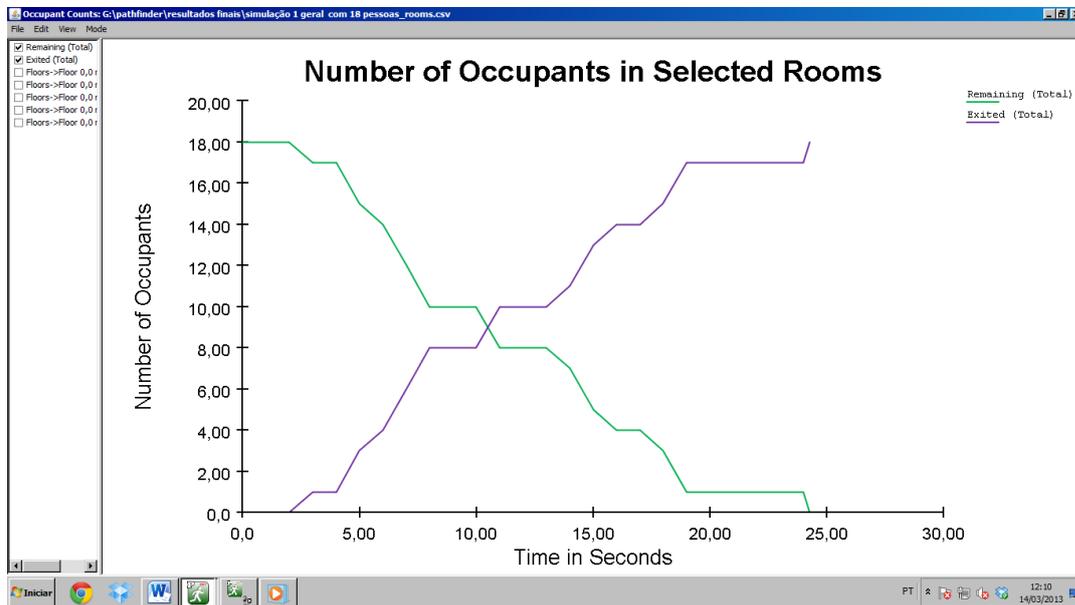


FIGURA 5.72 – Tempo total de retirada do Centro de Pesquisas com entrada do LAP e porta 01 bloqueadas. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.73.

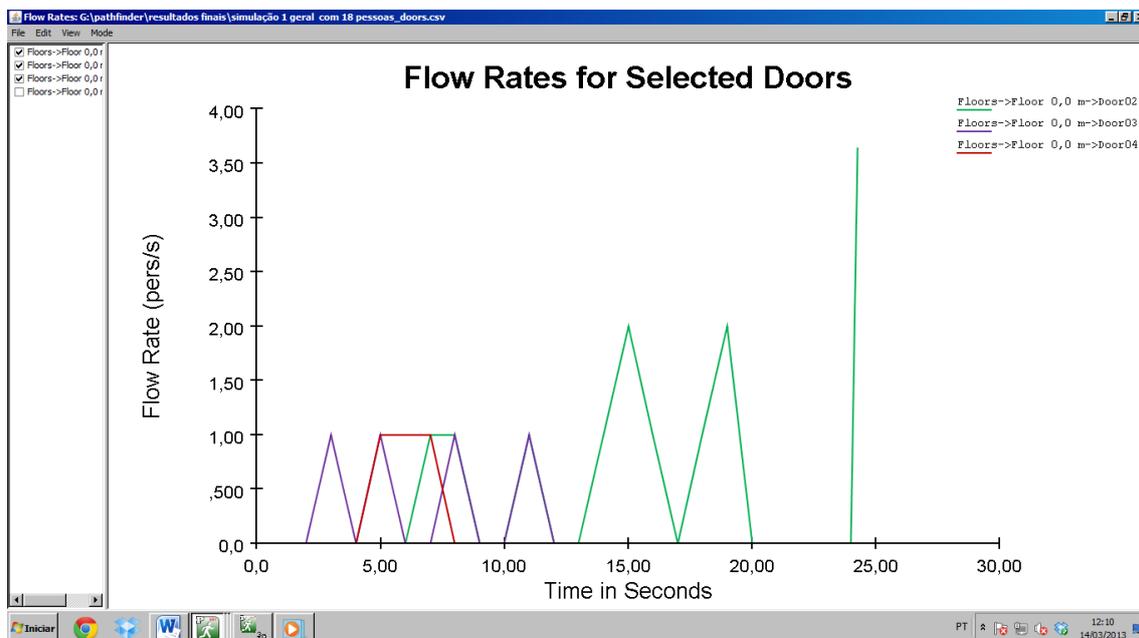


FIGURA 5.73 - Fluxo de saída dos ocupantes do Centro de Pesquisas com porta de entrada do LAP e porta de emergência 01 bloqueadas. (Fonte: Autor, 2013).

Nas simulações 20, 21, 22, 23 e 24 seguir, tem como foco o Laboratório de Físico-Química (LFQ) onde também, de acordo análise de risco do Capítulo 4 do presente trabalho, apresenta alto risco de incêndio.

5.2.20 VIGÉSIMA SIMULAÇÃO

Assim como no LAP, supôs-se a possibilidade de incêndio próximo à entrada deste laboratório (LFQ). Neste caso, os ocupantes não saíram pela porta deste laboratório e sim pela passagem que existe no fundo do LFQ para o laboratório ao lado, que é o laboratório de Biocombustíveis, (Figuras 5.74 e 5.75).

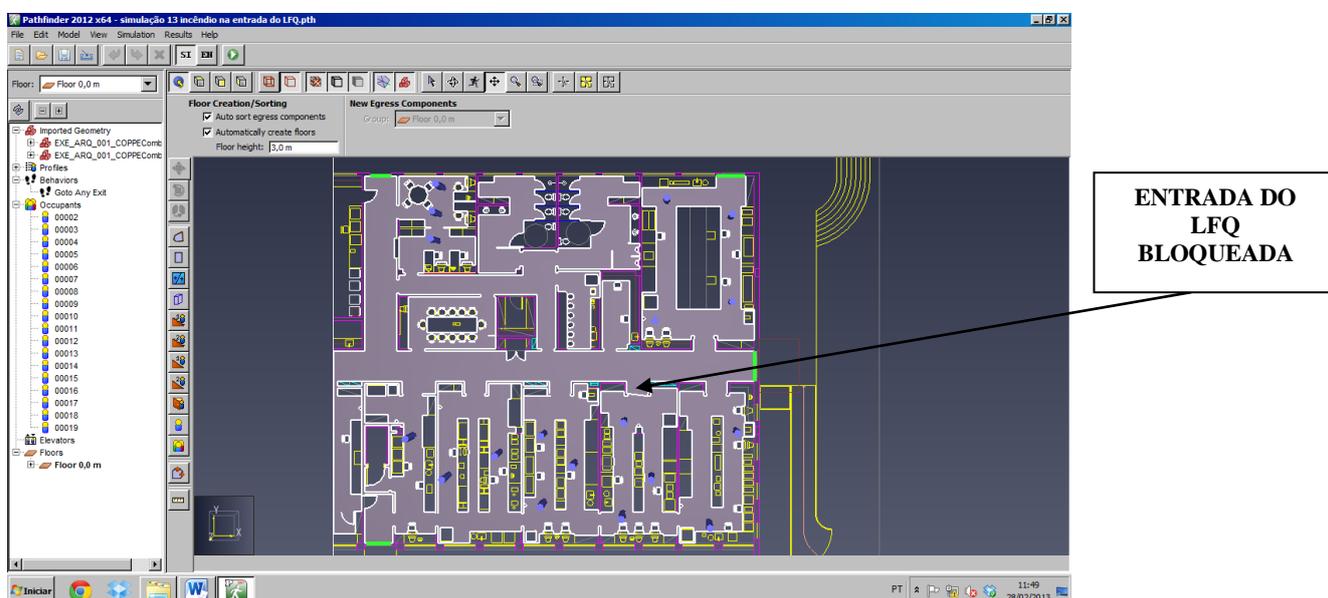


FIGURA 5.74 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, entrada deste laboratório bloqueada. (Fonte: Autor, 2013).

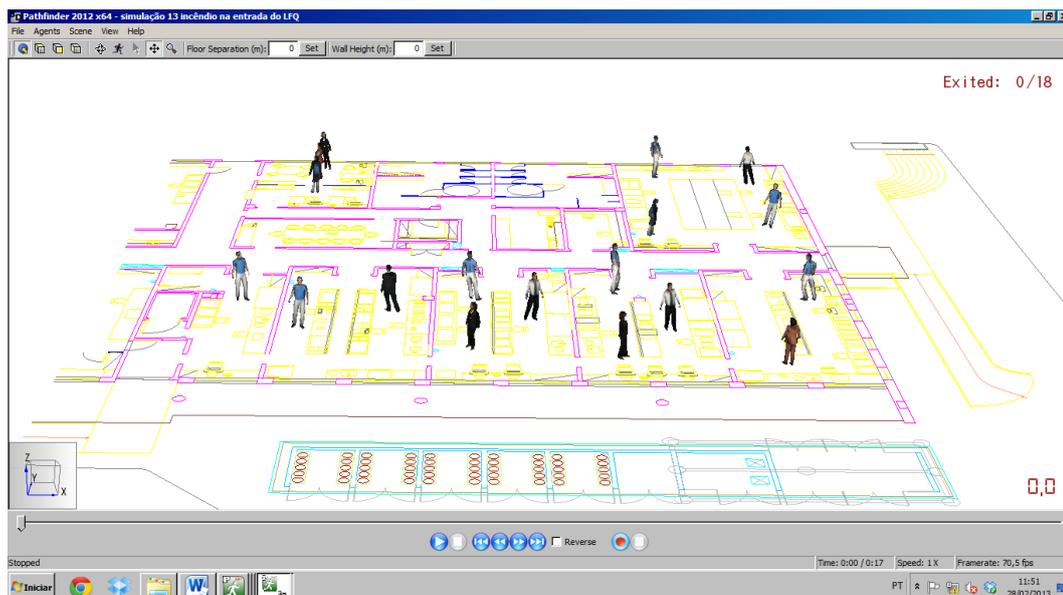


FIGURA 5.75 – Simulação 20 com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, entrada deste laboratório bloqueada. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.20.1 Resultados obtidos na vigésima simulação

O tempo total de retirada com a entrada do laboratório bloqueada, e passagem dos ocupantes deste laboratório para o laboratório ao lado foi de 17,48 segundos (Tabela 5.19). O que significa um atraso utilizando esta rota de fuga.

TABELA 5.20 – Resumo da simulação 20 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 20 incêndio na entrada do LFQ				
Mode: Steering				
[Components] All: 6				
[Components] Doors: 4				
Triangles: 4299				
Occupants: 18				
Startup Time: 0,0s				
CPU Time: 1,0s				
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	17,48	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	17,48	6	0,48
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	17,48	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.76 a seguir:

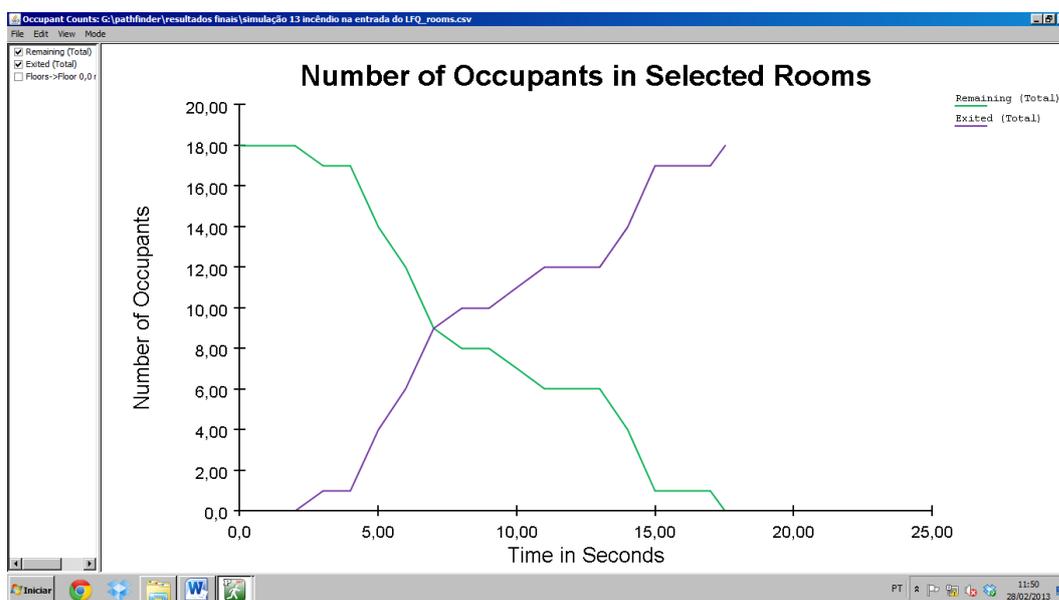


FIGURA 5.76 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, incêndio na entrada do LFQ. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.77.

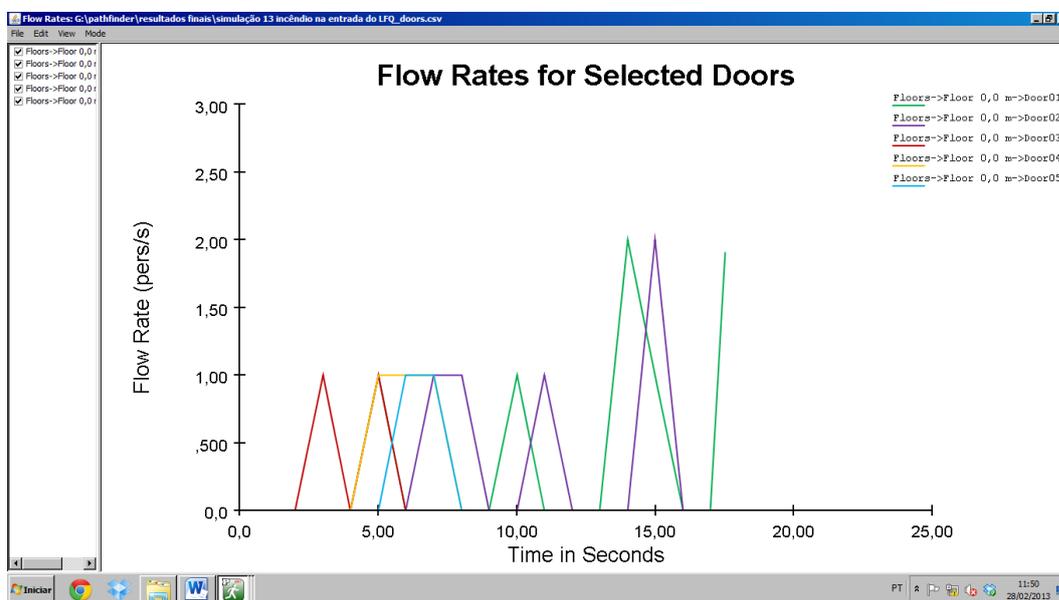


FIGURA 5.77 – Simulação 20 com 18 ocupantes, entrada do LFQ bloqueada. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.21 VIGÉSIMA PRIMEIRA SIMULAÇÃO

Nesta simulação, supôs-se que duas passagens do LFQ estivessem bloqueadas pelo fogo, ou seja, a porta de entrada deste laboratório e uma das passagens pelo fundo do laboratório, conforme Figuras 5.78 e 5.79 a seguir.

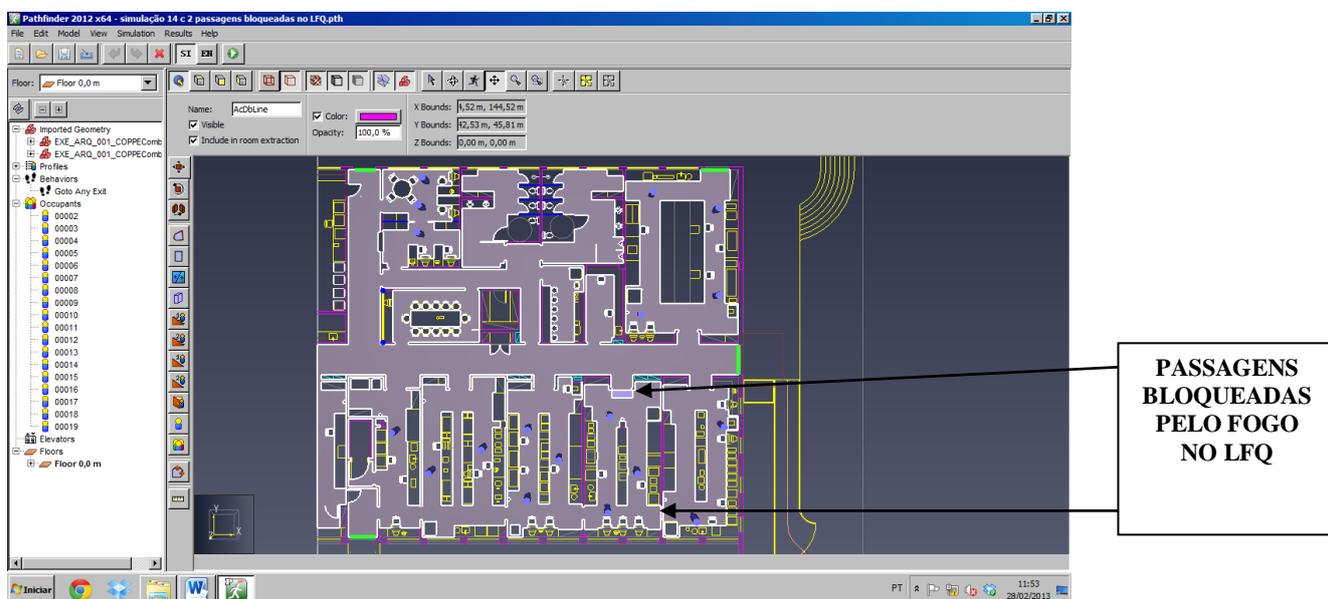


FIGURA 5.78 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, porta de entrada deste laboratório e uma passagem dos fundos bloqueadas pelo fogo. (Fonte: Autor, 2013).

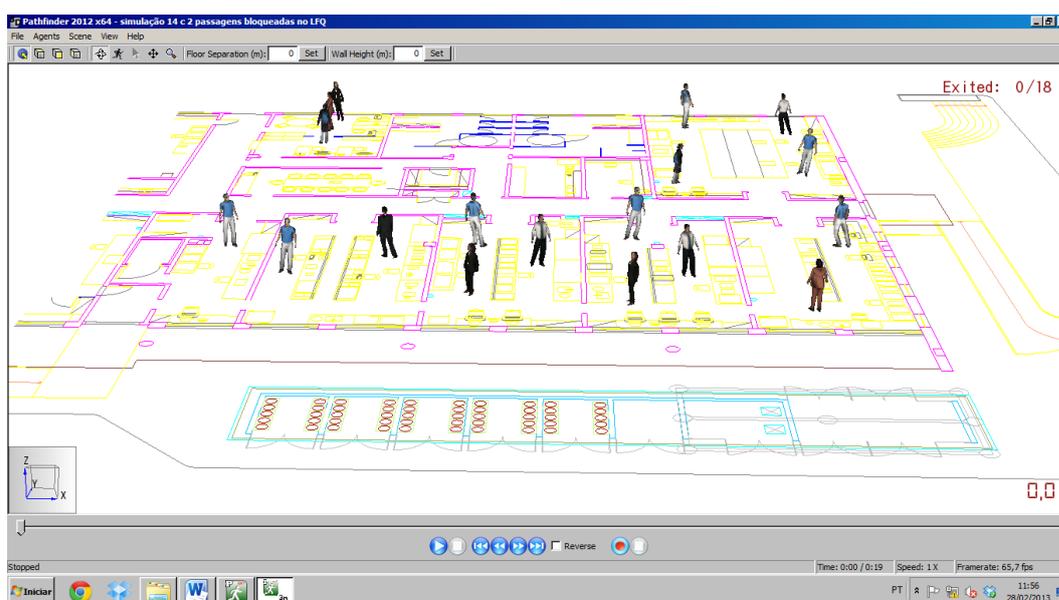


FIGURA 5.79 – Simulação 21 com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, porta de entrada deste laboratório e uma passagem dos fundos bloqueadas pelo fogo. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.21.1 Resultados obtidos na vigésima primeira simulação

O tempo total de retirada com a porta de entrada e uma passagens dos fundos do LFQ bloqueadas pelo fogo foi de 18,95 segundos (Tabela 5.20).

TABELA 5.21 – Resumo da simulação 21 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 21 com entrada do LFQ e uma passagens dos fundos bloqueadas				
Mode: Steering				
[Components] All: 8				
[Components] Doors: 4				
Triangles: 4300				
Occupants: 18				
Startup Time: 0,1s				
CPU Time: 1,2s				
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	18,95	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,23	3	0,36
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	18,95	8	0,66
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	18,95	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.80 a seguir:

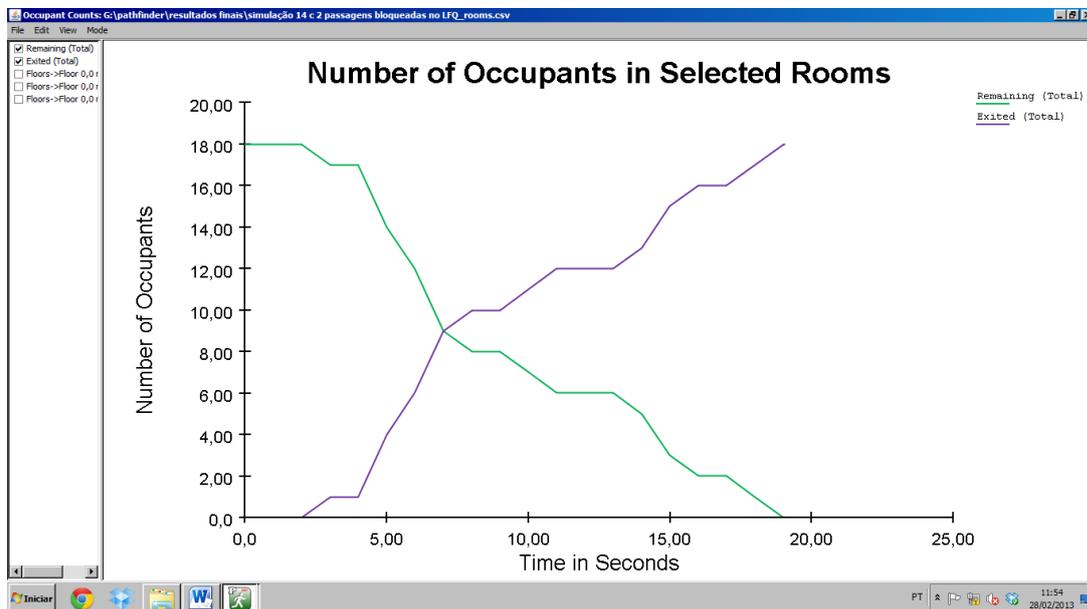


FIGURA 5.80 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, com entrada e uma passagens bloqueadas pelo fogo no LFQ. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.81.

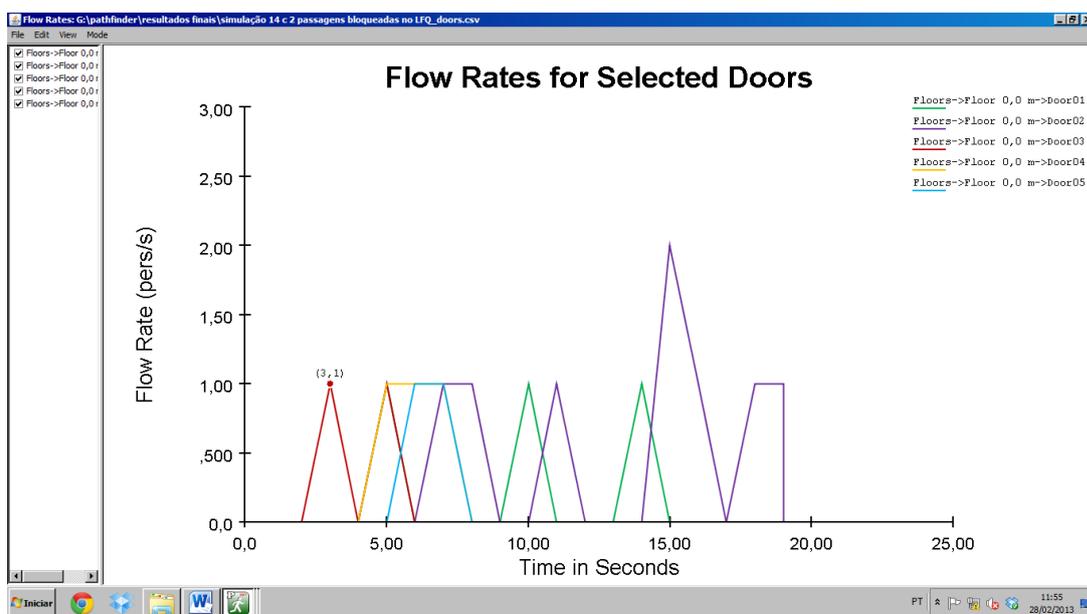


FIGURA 5.81 – Simulação 21 com 18 ocupantes e entrada e uma passagem dos fundos do LFQ bloqueadas pelo fogo. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.22 VIGÉSIMA SEGUNDA SIMULAÇÃO

Nesta simulação propôs-se que as 2 passagens dos fundos do Laboratório Físico-Químico (LFQ) fossem bloqueadas pelo incêndio. Todos saem a uma velocidade de 1,19 m/s e as 4 portas ficam abertas. (Figuras 5.82 e 5.83).

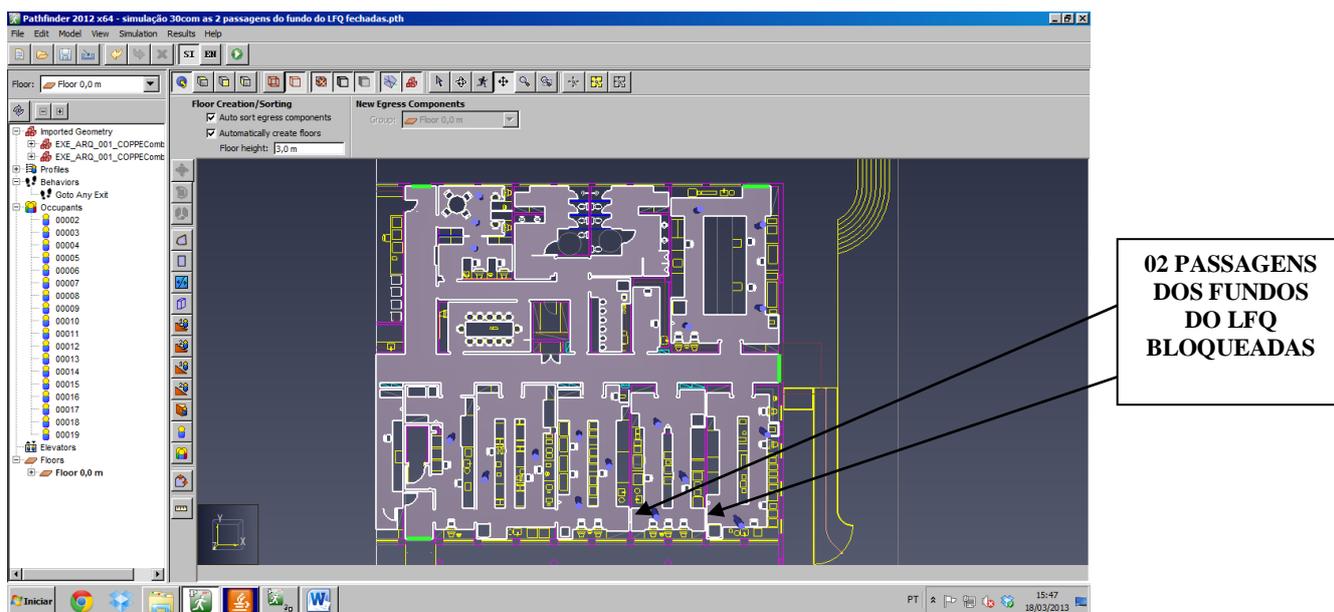


FIGURA 5.82 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, duas passagens deste laboratório bloqueadas pelo fogo. (Fonte: Autor, 2013).

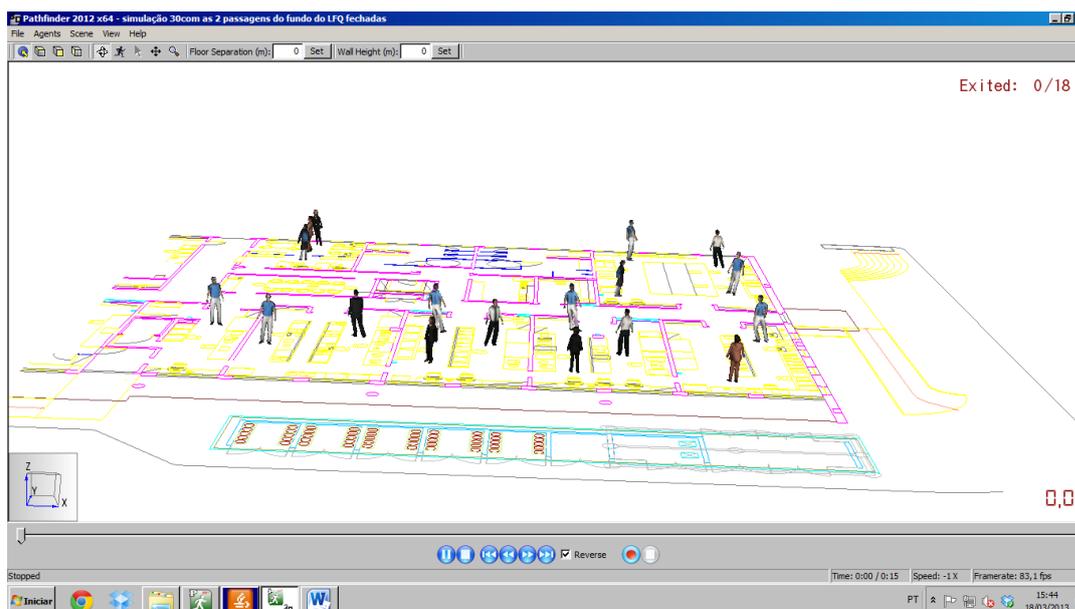


FIGURA 5.83 - Simulação 22 com 18 ocupantes, incêndio no LFQ, duas passagens deste laboratório bloqueadas pelo fogo. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.22.1 Resultados obtidos na vigésima segunda simulação

O tempo total de retirada com 2 passagens dos fundos do LFQ bloqueadas pelo fogo foi de 14,85 segundos (Tabela 5.21).

TABELA 5.22 – Resumo da simulação 22 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY**				
Simulation: simulação 30com as 2 passagens do fundo do LFQ fechadas				
Mode: Steering				
[Components] All: 9				
[Components] Doors: 4				
Triangles: 4295				
Occupants: 18				
Startup Time: 0,2s				
CPU Time: 1,5s				
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	14,85	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	13,78	6	0,67
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	14,85	18	

Comprova-se o tempo total de retirada pelo gráfico da Figura 5.84 a seguir.

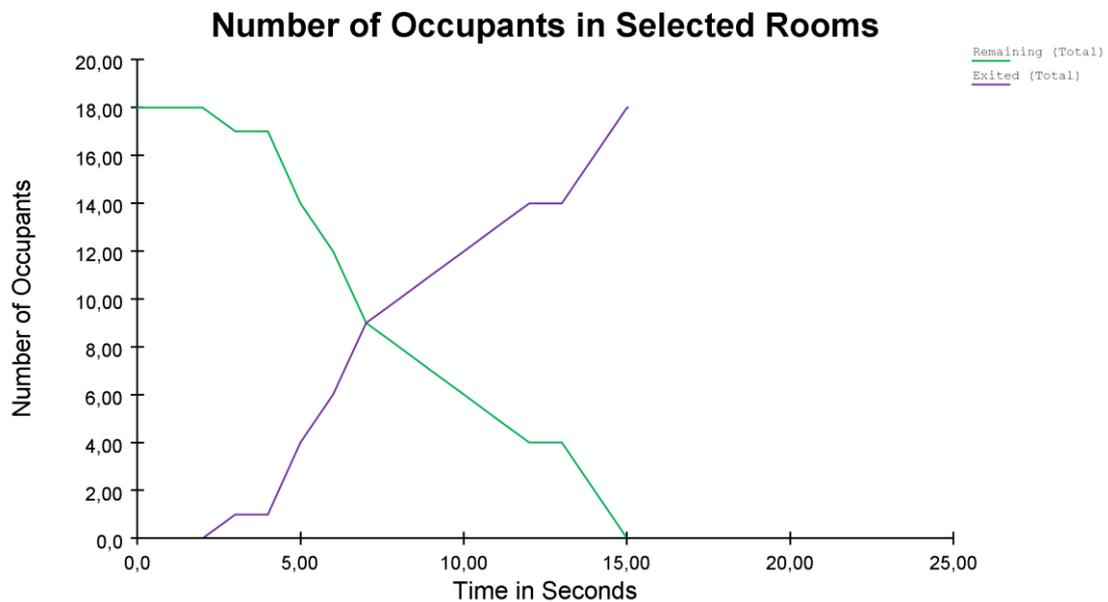


FIGURA 5.84 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, com duas passagens bloqueadas pelo fogo no LFQ. (Fonte: Autor, 2013).

Verifica-se o fluxo de saída dos ocupantes por porta, conforme Figura 5.85.

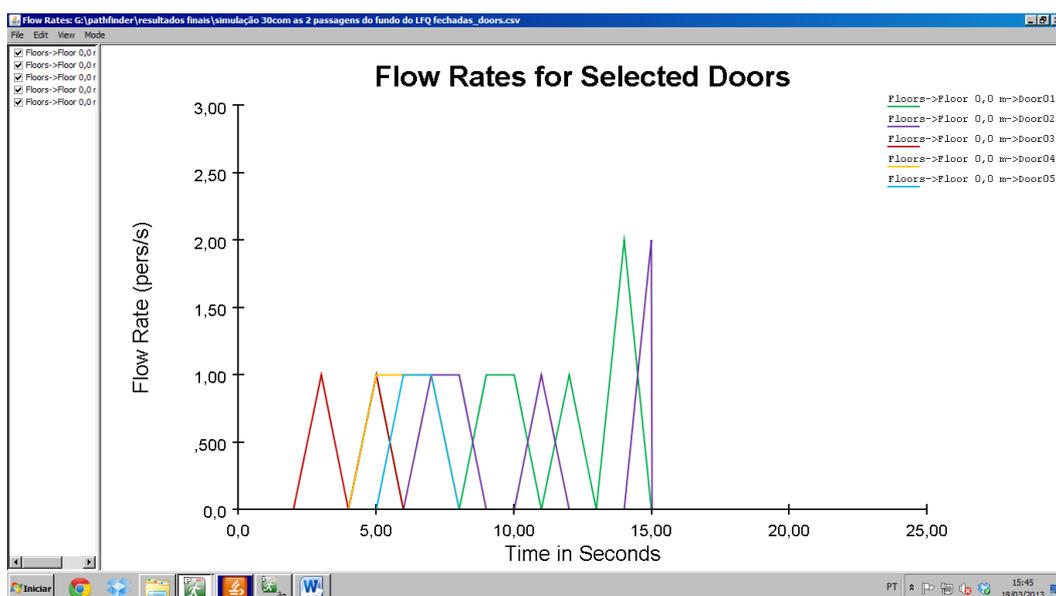


FIGURA 5.85 - Simulação 22 com 18 ocupantes e duas passagens dos fundos do LFQ bloqueadas pelo fogo. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.23 VIGÉSIMA TERCEIRA SIMULAÇÃO

Nesta simulação propôs-se que uma das pessoas do LFQ encontrasse dificuldade para andar e por isso sua saída foi mais lenta, isto é, a uma velocidade de 0,95 m/s, (Figuras 5.86e 5.87).

As 04 saídas se mantiveram abertas.

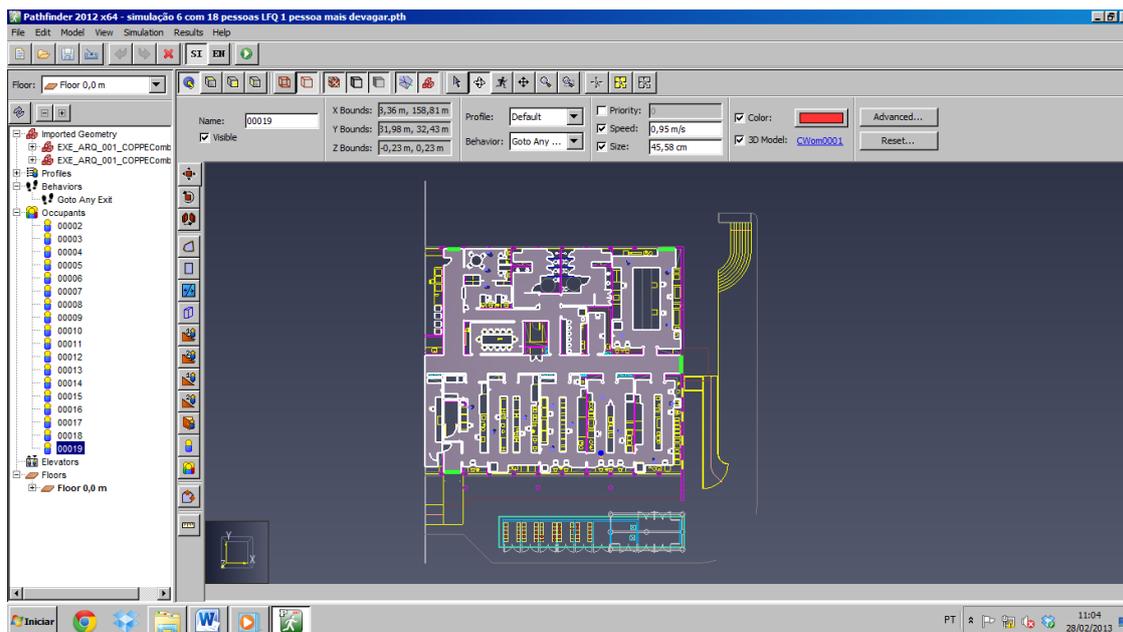


FIGURA 5.86 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, com 01 ocupante do LFQ com dificuldade para sair. (Fonte: Autor, 2013).

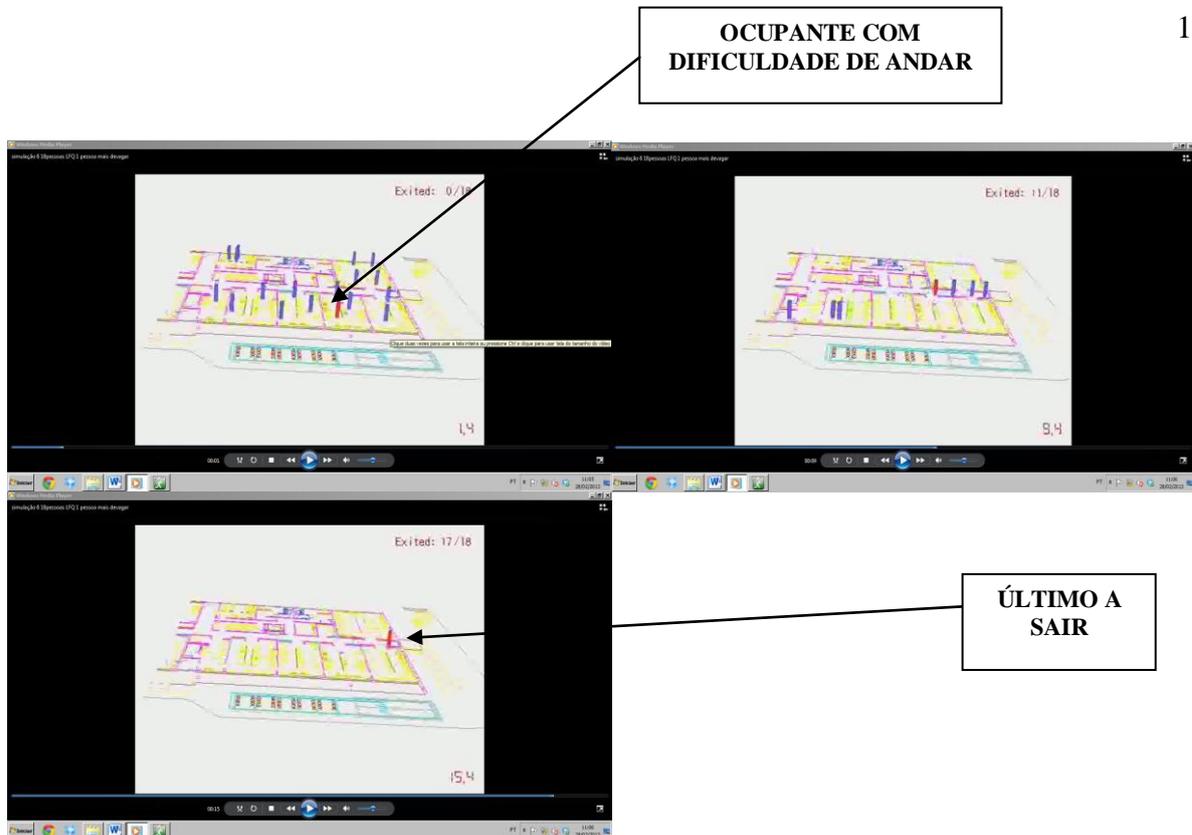


FIGURA 5.87 – Simulação 23 com 18 ocupantes, incêndio com 01 ocupante do LFQ com dificuldade para sair. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.23.1 Resultados obtidos na vigésima terceira simulação

O tempo total de retirada dos 18 ocupantes, sendo que um deles saindo a uma velocidade inferior (0,95 m/s) foi de 16,65 segundos, conforme Tabela 5.22 e Figura 5.88.

TABELA 5.23 – Resumo da simulação 23 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 23 com 18 pessoas LFQ 1 pessoa mais devagar				
Mode: Steering				
[Components] All: 6				
[Components] Doors: 4				
Triangles: 4295				
Occupants: 18				
Startup Time: 0,1s				
CPU Time: 1,6s				
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL	USE FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	16,65	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	4,85	16,65	6	0,51
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,85	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	16,65	18	

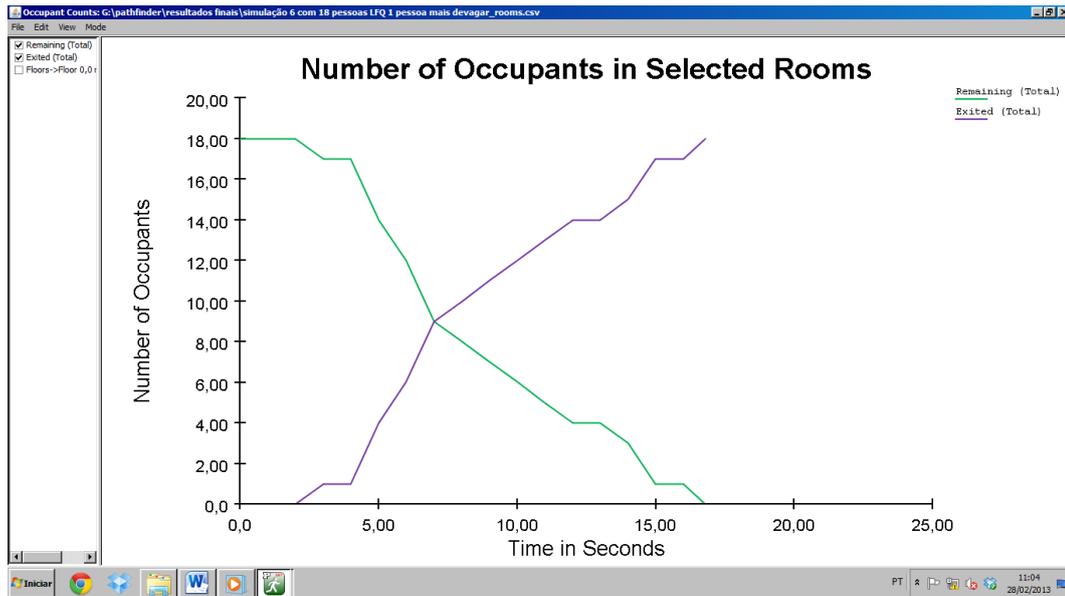


FIGURA 5.88 - Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que um dos ocupantes do LFQ, saiu a uma velocidade inferior aos demais. (Fonte: Autor, 2013).

E o fluxo de saída dos ocupantes por porta é mostrada conforme Figura 5.89.

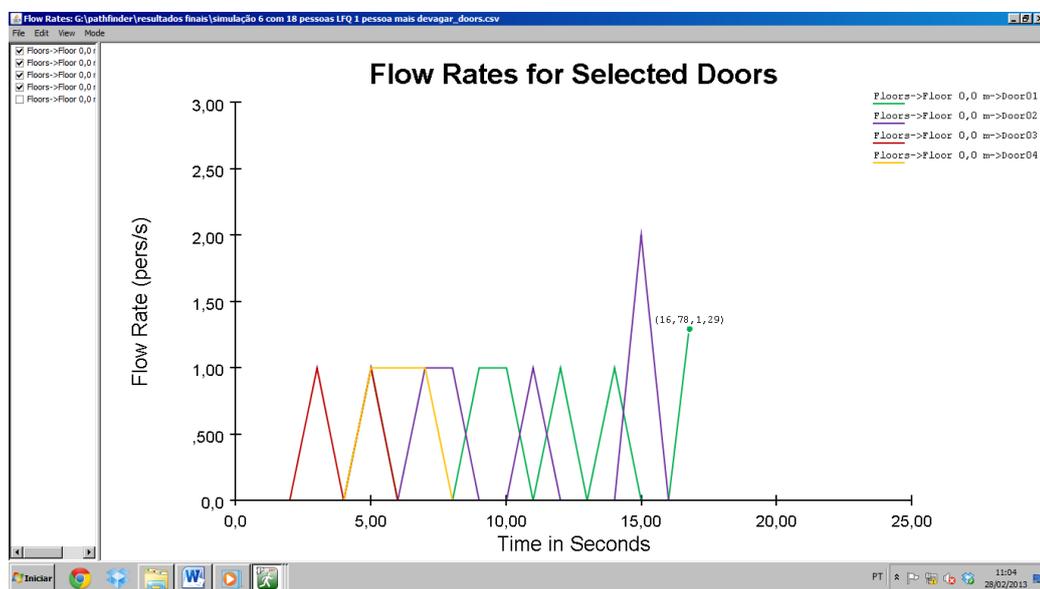


FIGURA 5.89 – Simulação 23 com 18 ocupantes, sendo que um deles saiu a uma velocidade inferior aos demais ocupantes. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.24 VIGÉSIMA QUARTA SIMULAÇÃO

Nesta simulação propôs-se que os 3 ocupantes do LFQ entraram em pânico e saíram a uma velocidade maior, isto é, 5 m/s, que os demais ocupantes do centro de pesquisas, a uma velocidade 1,19 m/s. (Figuras 5.90 e 5.91).

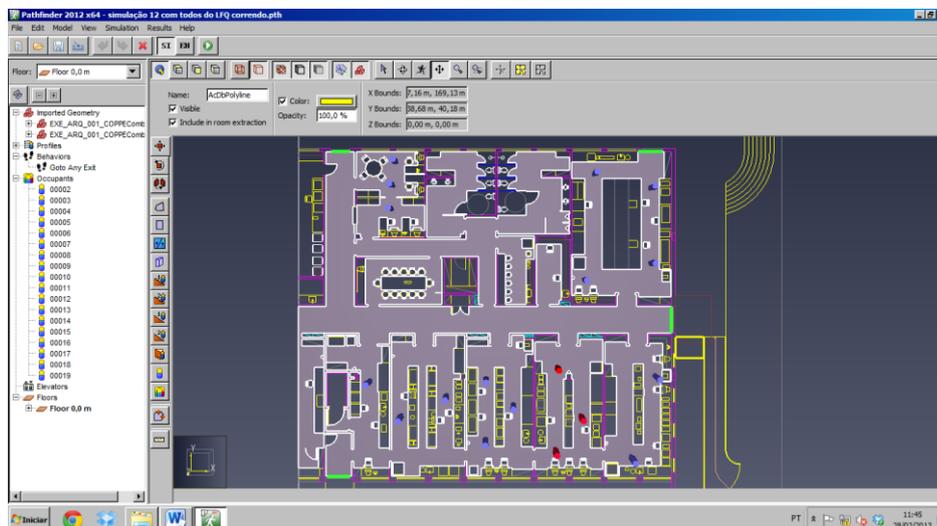


FIGURA 5.90 – Centro de Pesquisas com 18 ocupantes, sendo que os 3 ocupantes do LFQ saem mais rápido que os demais. (Fonte: Autor, 2013).

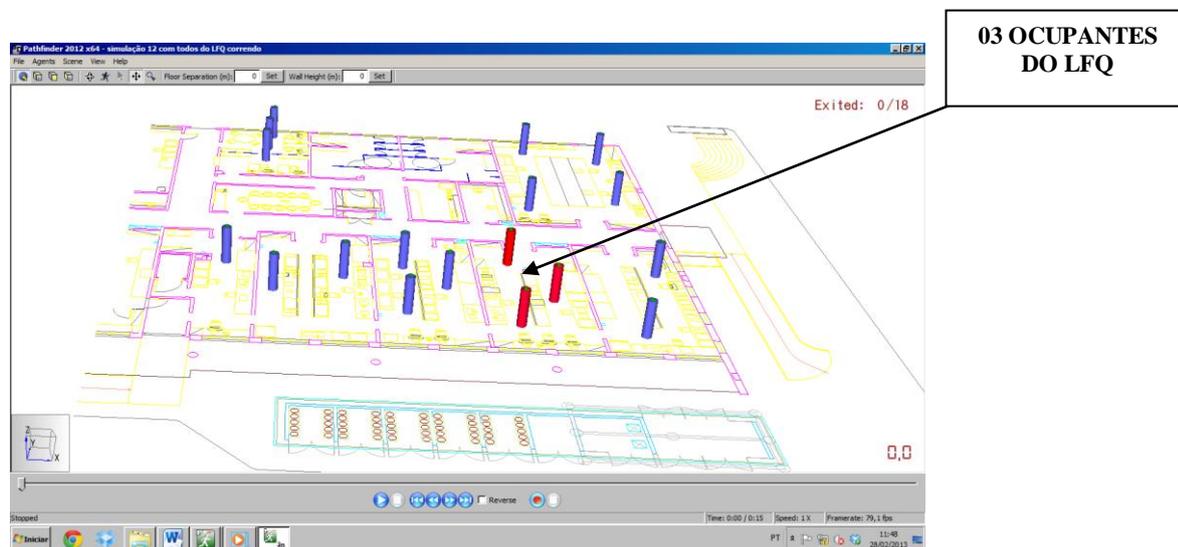


FIGURA 5.91 – Simulação 24 com 18 ocupantes, sendo que os 3 ocupantes do LFQ saem mais rápido que os demais. (Fonte: Autor, 2013).

5.2.241.1 Resultados obtidos na vigésima quarta simulação

O tempo total de retirada dos 18 ocupantes, mesmo com 3 deles saindo mais rápido que os demais, não influenciou no tempo final de retirada, ou seja, 14,85 segundos, conforme Tabela 5.23 e Figura 5.92.

TABELA 5.24 – Resumo da simulação 24 (Fonte: Autor, 2013).

SUMMARYSUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***SUMMARY***				
Simulation: simulação 24 com todos do LFQ correndo				
Mode: Steering				
[Components] All: 6				
[Components] Doors: 4				
Triangles: 4295				
Occupants: 18				
Startup Time: 0,1s				
CPU Time: 0,6s				
ROOM/DOOR	FIRST IN	LAST OUT	TOTAL USE	FLOW AVG.
	(s)	(s)	(pers)	(pers/s)
-----	-----	-----	-----	-----
Floors->Floor 0,0 m->Room00	0,00	14,85	18	
Floors->Floor 0,0 m->Door04	4,63	6,43	3	1,67
Floors->Floor 0,0 m->Door01	2,25	13,23	6	0,55
Floors->Floor 0,0 m->Door02	6,80	14,85	5	0,62
Floors->Floor 0,0 m->Door03	2,45	4,05	2	1,25
Floors->Floor 0,0 m->Door01	5,88	6,43	2	
-----	-----	-----	-----	-----
SUMMARY	0,00	14,85	18	

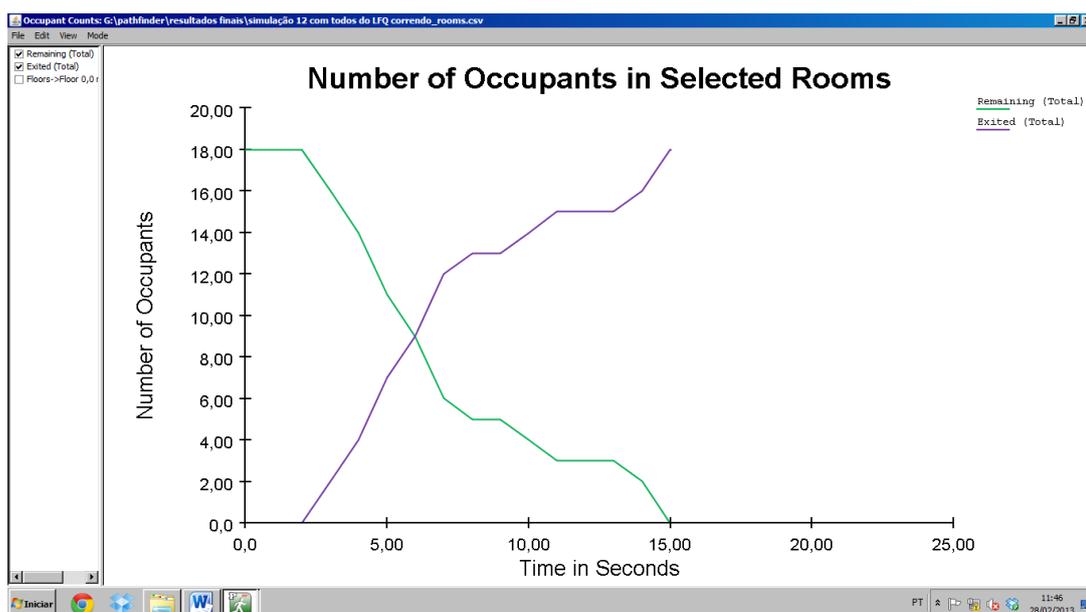


FIGURA 5.92 – Tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas, sendo que os 3 ocupantes do LFQ, saíram a uma velocidade maior que aos demais ocupantes. (Fonte: Autor, 2013).

E o fluxo de saída dos ocupantes por porta é mostrada conforme Figura 5.93.



FIGURA 5.93 – Simulação 24 com 18 ocupantes, sendo que os 3 ocupantes do LFQ, saíram a uma velocidade maior que aos demais ocupantes. (Fonte: Autor, 2013).

5.3 RESULTADO GERAL

As Tabelas 5.24, 5.25 e 5.26 a seguir apresentam os tempos de retirada obtidos, para cada simulação realizada. Na primeira tabela, são apresentados os tempos de retirada correspondentes da primeira a décima segunda simulação. Neste caso, consideramos que o incêndio poderia ter início em qualquer laboratório do centro de pesquisa. Nas outras tabelas estão identificados os laboratórios onde o incêndio poderia ter início.

TABELA 5.25 - Tempo total de retirada por simulação, para incêndio em qualquer laboratório do Centro de Pesquisas, (Fonte: Autor, 2013).

Simulação	Tempo de retirada (Segundos)
Primeira	14,85
Segunda	33,88
Terceira	14,85
Quarta	18,45
Quinta	19,78
Sexta	21,15
Sétima	18,45
Oitava	33,00
Nona	21,70
Décima	14,85
Décima primeira	24,88
Décima segunda	14,85

**TABELA 5.26 - Tempo total de retirada por simulação, para início de incêndio no LAP,
(Fonte: Autor, 2013).**

Simulação	Tempo de retirada (segundos)
Décima Terceira	14,85
Décima Quarta	18,45
Décima Quinta	32,85
Décima Sexta	14,85
Décima Sétima	14,85
Décima Oitava	24,05
Décima Nona	24,30

**TABELA 5.27 - Tempo total de retirada por simulação, para início de incêndio no LFQ,
(Fonte: Autor, 2013).**

Simulação	Tempo de retirada (segundos)
Vigésima	17,48
Vigésima Primeira	18,95
Vigésima Segunda	14,85
Vigésima Terceira	16,65
Vigésima Quarta	14,85

5.3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TEMPOS DE RETIRADA OBTIDOS EM INÍCIO DE INCÊNDIO EM QUALQUER LABORATÓRIO DO CENTRO DE PESQUISAS

a) Simulações 1, 3, 10 e 12

Observando a Tabela 5.24, verificamos que o menor tempo total de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas foram nas simulações 1, 3, 10 e 12, ou seja, 14,85 segundos. Nas simulações 1, 10 e 12, o fator em comum está na existência de quatro saídas, ou seja, a porta 04 denominada de porta de entrada e saída e três portas de emergências (portas 01, 02 e 03). Já na simulação 3, mesmo a porta de emergência 03 mantida fechada, não alterou o tempo final de retirada dos 18 ocupantes.

b) Simulações 4 e 7

Ainda de acordo Tabela 5.24, observou-se que o segundo menor tempo se repetiu nas simulações 4 e 7, ou seja, 18,45 segundos. O fator em comum está na ausência ou não utilização da porta de emergência 01.

c) Simulações 1 e 2

Observa-se que na simulação 1 o tempo de retirada é de 14,85 segundos, ou seja: o menor tempo obtido. Este resultado mostra a necessidade das três portas de emergência. A simulação 2 corrobora a afirmação anterior, pois a não existência das 3 portas de emergência, sendo a porta de entrada e saída o único caminho de fuga, fez com que o tempo de retirada mais que dobrasse de valor, de 14,85 segundos para 33,88 segundos.

d) Simulações 7 e 8

Nas simulações 7 e 8 propôs-se que um dos ocupantes ou por pânico ou por falta de treinamento usasse portas de saída mais distantes no caso, porta 02 e porta 04, respectivamente. Observou-se que nos dois casos, o tempo total final de retirada aumentou bastante, isto é, de 18,45 segundos para 33,00 segundos, o que enfatiza a necessidade de treinamentos periódicos dos ocupantes do Centro de Pesquisas.

e) Simulações 3, 4, 5 e 6

Na terceira, quarta, quinta e sexta simulação propôs-se bloquear uma das quatro portas existentes no Centro de Pesquisas, para verificar o tempo total de retirada dos ocupantes, caso não existisse uma das portas. Verificou-se que, somente se não existisse a porta 03, o tempo total de retirada não se alteraria em relação a simulação 1 onde todas as portas estão

desbloqueadas. Porém, o caso mais crítico é a sexta simulação onde o tempo total final de saída foi maior, caso não existisse a porta 04. Este resultado corrobora a necessidade da porta 04, sendo que o trajeto que leva a esta porta, pode ser indicado como uma das possíveis rotas de fuga.

f) Simulação 9

Como foi evidenciado no Capítulo 3 deste trabalho, os sanitários existentes no Centro de Pesquisas são usados por outras pessoas de fora do mesmo, assim sendo propôs-se uma simulação com visitantes nos banheiros. Obviamente o tempo total de retirada aumentou pelo maior número de ocupantes no Centro de Pesquisas. Portanto, em futuras expansões deve-se considerar a modificação do leiaute do centro de pesquisas e a realização de novos estudos para alocação dos novos funcionários nos respectivos locais de trabalho.

g) Simulações 10 e 12

Na décima simulação propôs-se que um dos ocupantes tivesse dificuldade em sair e por isso sua velocidade de locomoção fosse mais lenta que os demais. Neste caso, o tempo total final não sofreu alteração em relação à simulação 1 que é a situação de menor tempo final de retirada. Já na décima segunda simulação, observou-se que, mesmo alguns ocupantes entrando em pânico, e saindo correndo a uma velocidade maior que os demais, não houve também, alteração no tempo final de retirada de 14,85 segundos. Entretanto, novos estudos devem ser realizados com um universo maior de pessoas, com modificações no leiaute dos laboratórios, inclusão de obstáculos, de modo a validar os resultados obtidos anteriormente.

h) Simulação 11

No caso da décima primeira simulação, observa-se que a não percepção imediata do início de incêndio aumenta o tempo de saída (24,88 segundos), o que indica a importância da existência de um sistema de alarme.

5.3.2 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TEMPOS DE RETIRADA OBTIDOS EM INÍCIO DE INCÊNDIO NO LAP

No caso do Laboratório de Avaliação de Petróleo (LAP), pelo risco apresentado no Capítulo 4 do presente trabalho, as simulações foram feitas para as situações onde poderia haver início de incêndio.

a) Simulações 13, 16 e 17

Observando-se a Tabela 5.25, verificou-se o menor tempo total de retirada para as simulações 13, 16 e 17. A situação 13 é idêntica a situação 3, ou seja, a porta de emergência 03 estando bloqueada não interfere no menor tempo total final de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas. Porém se compararmos as situações 16 e 17, onde um ocupante sai devagar e todos saem correndo respectivamente, também não há diferença de tempo em relação a simulação 1 que é a melhor situação, (todas as quatro portas abertas), ou seja, observa-se que não houve alteração no tempo total final (14,85 segundos). Inicialmente, podemos afirmar que considerando a população do laboratório, 18 pessoas, o aumento das velocidades de 4 ocupantes, não altera o tempo de retirada. A mesma afirmação se aplica quando um ocupante tem dificuldade de locomoção. Concluímos que, a existência das portas de emergências é essencial para o sucesso do processo de retirada de emergência.

b) Simulações 14, 15, 18 e 19

Nestas quatro simulações, o tempo total final de retirada aumentou (18,45 segundos, 32,85 segundos, 24,05 segundos e 24,30 segundos, respectivamente) em relação ao menor tempo obtido na melhor situação que é quando todas as portas estão abertas. O fator em comum é o bloqueio da porta de emergência 01, demonstrando a importância da existência desta porta no fluxo de saída dos ocupantes e conseqüentemente no tempo total final de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas.

5.3.3 CONSIDERAÇÕES SOBRE OS TEMPOS DE RETIRADA OBTIDOS EM INÍCIO DE INCÊNDIO NO LFQ

No Laboratório Físico-Químico (LFQ), todas as possíveis situações de incêndio também foram simuladas (Tabela 5.26).

a) Simulações 22 e 24

Nas duas simulações (22 e 24), o tempo total de retirada foi o menor tempo encontrado quando todas as quatro portas do Centro de Pesquisas estão abertas, ou seja, porta de entrada e saída (porta 04) e portas de emergência 01, 02 e 03. Conclui-se que, estando as duas passagens do fundo do LFQ bloqueadas ou três ocupantes entrarem em pânico e saírem a uma velocidade maior que os demais, não interferem no menor tempo final de retirada dos 18 ocupantes do centro de Pesquisas.

b) Simulações 20 e 21

Observou-se o aumento do tempo total final nas simulações 20 e 21 (17,48 segundos e 18,95 segundos, respectivamente), foram ambas em função do bloqueio da porta de entrada do laboratório (LFQ). Comparando os tempos obtidos na simulação 22 (14,85 segundos) e simulação 21 (18,95), percebemos que o bloqueio da passagem do laboratório teve influencia no aumento do tempo de retirada de emergência.

c) Simulação 23

O aumento de tempo (16,65 segundos) se explica somente pela dificuldade de saída de um dos ocupantes do laboratório (LFQ). Comparando os tempos obtidos na simulação 23 (16,65 segundos) e simulação 24 (14,85), percebemos que o aumento da velocidade de três pessoas contribuiu para a diminuição do tempo de retirada de emergência.

6 ELABORAÇÃO DO PLANO DE RETIRADA DO CENTRO DE PESQUISAS

6.1 ASPECTOS GERAIS

De acordo com os resultados apresentados no capítulo anterior, evidencia-se a necessidade de elaborar uma estratégia para atuação nos casos de emergência por incêndio para redução de severidade dos danos. Embora o Centro de Pesquisas seja dotado de alguns equipamentos preventivos de combate a incêndio, sinalização de emergência, portas de emergência, dentre outros, conforme descritos no Capítulo 3, a tarefa de se elaborar um plano de retirada é complexa em função das limitações já identificadas tais como falta de treinamento de pessoal, ausência de alarme de incêndio, falta de alguns sistemas preventivos e principalmente pelas características das atividades desenvolvidas no Centro de Pesquisas (análise e manuseio de produtos tóxicos e inflamáveis).

De acordo com OSHAS 3088 (2001), no plano de retirada deve se considerar:

- a) A identificação de saídas, ou seja, devem ser sinalizadas as saídas normais e as saídas de emergência que conduzem ao exterior dos edifícios. Saídas normais são aquelas que são utilizadas em período de funcionamento do estabelecimento e saídas de emergência aquelas que são utilizadas cumulativamente com as saídas normais, no caso de ocorrência de sinistro.
- b) A definição das rotas de fuga, ou seja, com o objetivo de encaminhar, de maneira rápida e segura os ocupantes para o exterior ou para uma zona isenta de perigo. Por isso, deve ser definido um itinerário normal (percurso a se utilizar prioritariamente) e um itinerário alternativo (quando o itinerário normal se encontrar impraticável).
- c) No planejamento da retirada deve ser definida a ordem de saída, de acordo com o local de ocorrência do sinistro e a proximidade das saídas. Convém que se denomine para cada grupo de retirada um “chefe de fila”, escolhido entre os ocupantes, que será encarregado de abrir a porta da sala ao soar o alarme e seguir em frente e ainda o “cerra fila”, outro ocupante que será escolhido para fechar a porta, depois de se certificar da saída de todos os ocupantes. Na eventualidade de existirem ocupantes deficientes, devem ser previamente designadas pessoas para orientarem a sua retirada.
- d) A identificação dos pontos críticos, ou seja, locais de cruzamento de vias, escadas e saídas para a rua. Nestes pontos, devem situar-se os “sinaleiros” que orientam as

pessoas nos percursos e saídas, como forma de evitar grandes concentrações, habitualmente geradoras de pânico.

- e) A seleção dos locais de concentração, que são os pontos de reunião designados. São espaços amplos e seguros, situados no exterior dos edifícios, se houver (por exemplo, campos de futebol), ou nas proximidades, para onde devem convergir e permanecer todas as pessoas.

Sabe-se que a elaboração de um plano de emergência deve incluir os aspectos de natureza preventiva que, em conjunto com a organização interna e as instruções de segurança, constituem etapas sistematizadas e sequencialmente elaboradas, indispensáveis à sua operacionalidade, em qualquer situação de emergência. Assim sendo, o plano de emergência deve conter: características do espaço, identificação dos riscos, levantamento dos meios e recursos, regras de comportamento, programa de conservação e manutenção, caderno de registro de segurança, estrutura interna de segurança, plano de retirada, plano de atuação e instruções e treinamentos de segurança.

Na seção seguinte da pesquisa será apresentada a formatação de um Plano de Retirada para o Centro de Pesquisas em questão, apontando sempre que possível, as necessidades para as adequações de infraestrutura e layout, com foco na retirada de área a partir dos tempos obtidos nas simulações usando o software Pathfinder.

6.2 PLANO DE RETIRADA DO CENTRO DE PESQUISAS

A retirada do Centro de Pesquisas só deverá ser decidida caso, após avaliação da situação, se verifique a existência de riscos reais para a saúde e integridade dos ocupantes do laboratório.

O objetivo do plano é salvar vidas e bens, estabelecendo funções e atribuições para um bom desempenho, em caso de necessidade premente de proceder a uma total ou parcial retirada da edificação.

6.2.1 IDENTIFICAÇÃO DAS SAÍDAS

A indicação das saídas normais e de emergência, que conduzem ao exterior do Centro de Pesquisas encontram-se devidamente sinalizadas em todos os seus laboratórios e salas conforme descritos no capítulo 3, embora as saídas de emergência não estejam pintadas de vermelho de acordo NR-26.

De acordo figura 6.1, as saídas existentes são:

- **Centro de Pesquisas** - Possui uma entrada e saída principal (**porta 04**) e quatro saídas de emergência (**portas 01,02 e 03**).
- **Laboratório de Avaliação de Petróleo (LAP)** – Possui uma entrada e saída (**porta LAP**) e uma porta de emergência (**porta 03**).
- **Laboratório Químico (LQ)** - Possui uma entrada e saída (**porta LQ**) e uma **passagem 01** no fundo do laboratório para o laboratório ao lado (Laboratório Físico-Químico).
- **Laboratório Físico-Químico (LFQ)** – Possui uma entrada e saída (**porta LFQ**) e duas passagens no fundo do laboratório (**passagens 01 e 02**) para os laboratórios vizinhos, ou seja, laboratórios Químico e de Biocombustíveis.
- **Laboratório de Biocombustíveis (LB)** – Possui uma entrada e saída (**porta LB**) e duas passagens no fundo do laboratório (**passagens 02 e 03**) para os laboratórios de Físico-Química e de Cromatografia.
- **Laboratório de Cromatografia e Potenciometria (LCP)** – Possui uma entrada e saída (**porta LCP**) e duas passagens no fundo do laboratório (**passagens 03 e 04**) para os laboratórios de Biocombustíveis e de Trâmite de Amostras.
- **Laboratório de Trâmite de Amostras (LTA)** – Possui uma entrada e saída (**porta LTA**) e duas passagens no fundo do laboratório (**passagens 04 e 05**) para os laboratórios de Cromatografia e para o Hall que dá acesso a **porta de emergência 02**.
- **Gerência e Secretaria** – Possui a **passagem (06)** que dá acesso à porta de entrada e saída principal (**porta 04**)

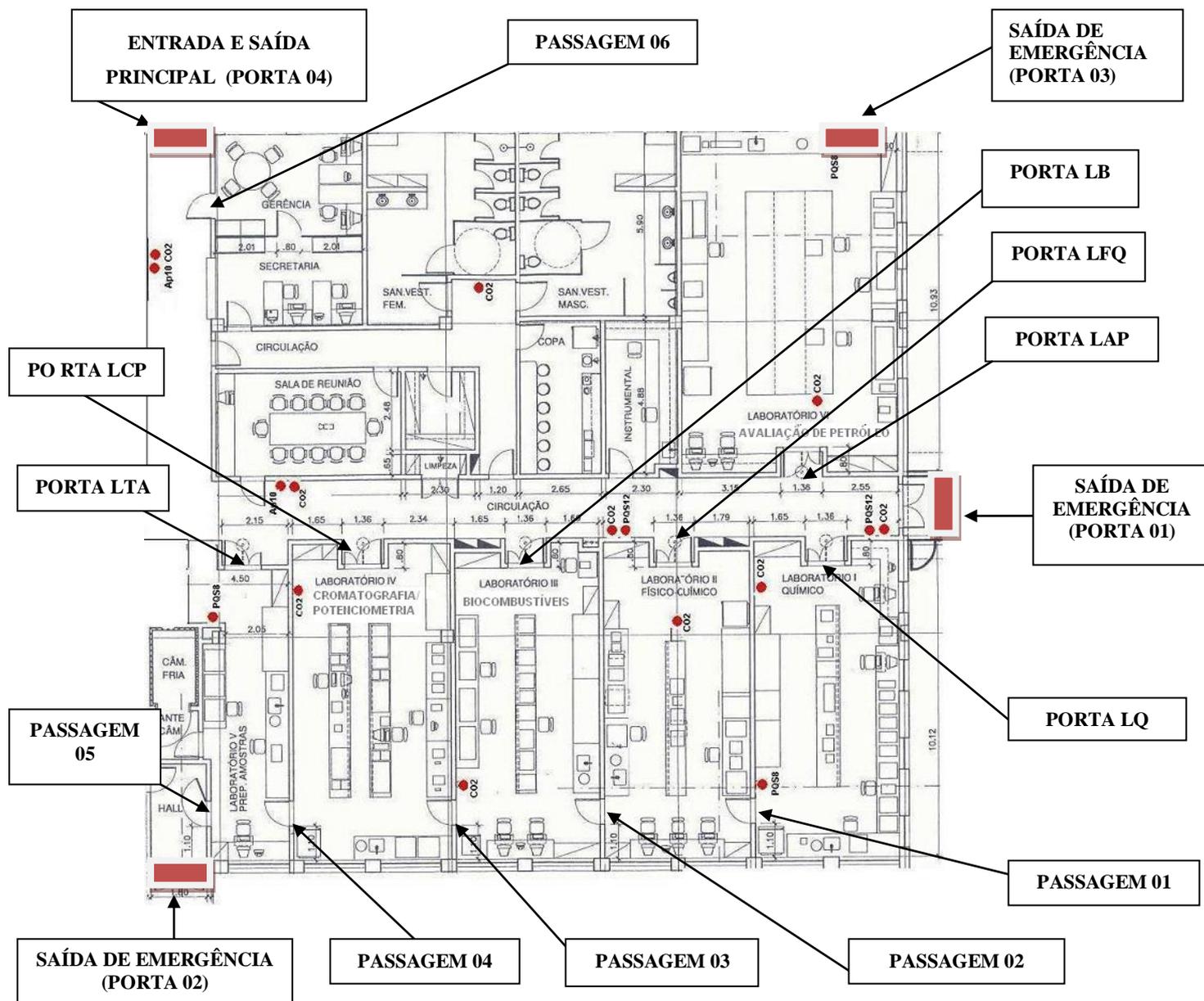


FIGURA 6.1 – Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando as saídas. (Fonte: autor, 2013).

Observa-se a importância do software Pathfinder para a identificação das saídas, uma vez que as simulações demonstraram que o menor tempo total de retirada para todo o Centro de Pesquisas foi quando foram utilizadas a porta principal de entrada e saída do Centro de Pesquisas (porta 04) e as três portas de emergência (portas 01, 02 e 03), tais como nas simulações (1, 10 e 12). O mesmo aconteceu para as simulações nos laboratórios de maior risco, LAP e LFQ, onde o menor tempo de retirada obtido foi quando as portas 01, 02, 03 e 04 estavam abertas, podendo ser confirmado pelas simulações 16 e 17, no caso do Laboratório de

Avaliação de Petróleo (LAP) e nas simulações 22 e 24, no caso do Laboratório Físico-Químico (LFQ).

6.2.2 ROTAS DE FUGA

6.2.2.1 Rotas de fuga para o caso de incêndio em qualquer parte do Centro de Pesquisas

De acordo com a IT N^o 20 (2011), as rotas de fuga visam indicar o trajeto completo até uma saída de emergência. Assim, considerando sobre os tempos de retirada obtidos em início de incêndio em qualquer laboratório do Centro de Pesquisas, a melhor rota de fuga é aquela em que o ocupante percorrerá o menor e/ou melhor caminho, aliado ao menor tempo.

Nas simulações 1, 10 e 12, onde o menor tempo de retirada foi obtido (14,85 segundos), todas as portas estão desbloqueadas e todos os ocupantes a uma mesma velocidade, se dirigem a saída mais próxima. Neste caso, conclui-se que a melhor rota de fuga ou rota principal de fuga do Centro de Pesquisas far-se-á conforme Figura 6.2.

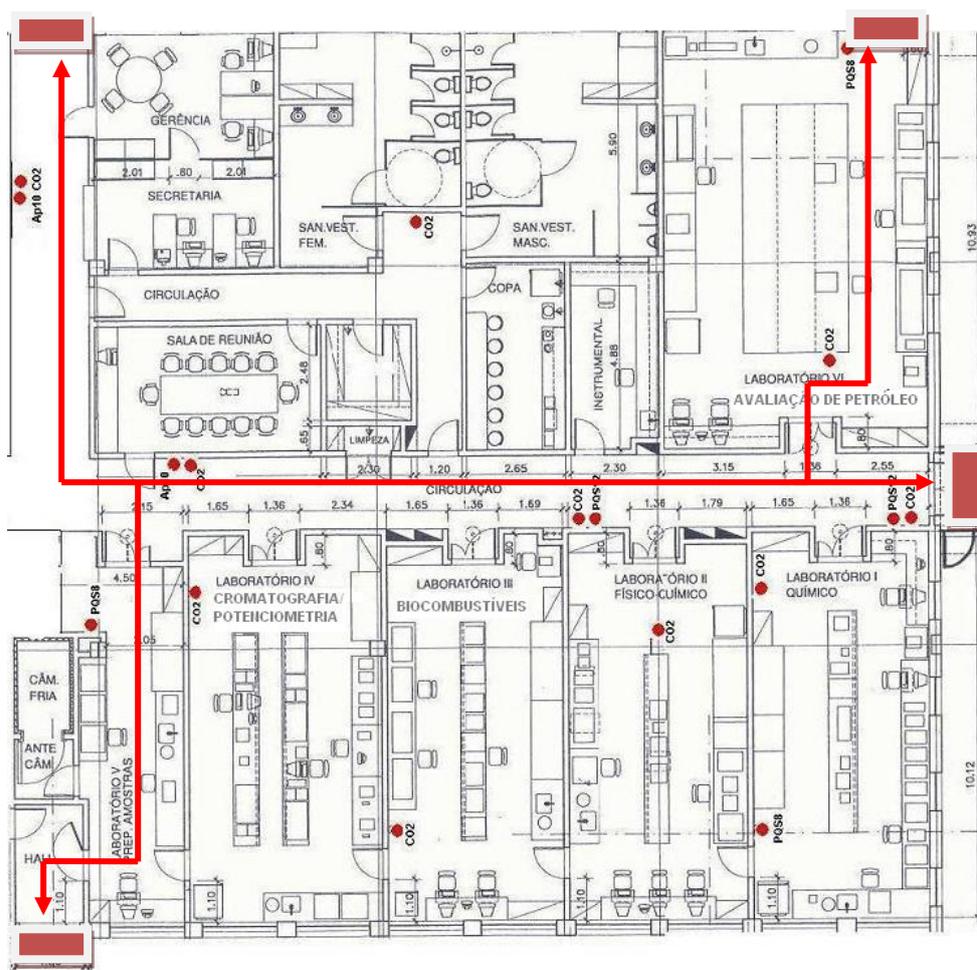


FIGURA 6.2 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a principal rota de fuga para o caso de incêndio em qualquer laboratório. (Fonte: autor, 2013).

Ainda no caso geral, onde o incêndio pode acontecer em qualquer parte do centro de Pesquisas, observou-se que, na simulação 3, a porta de emergência 03 permaneceu fechada, e o tempo total de retirada permaneceu o menor tempo obtido (14,85 segundos) . Uma rota de fuga alternativa é apresentada na Figura 6.3.

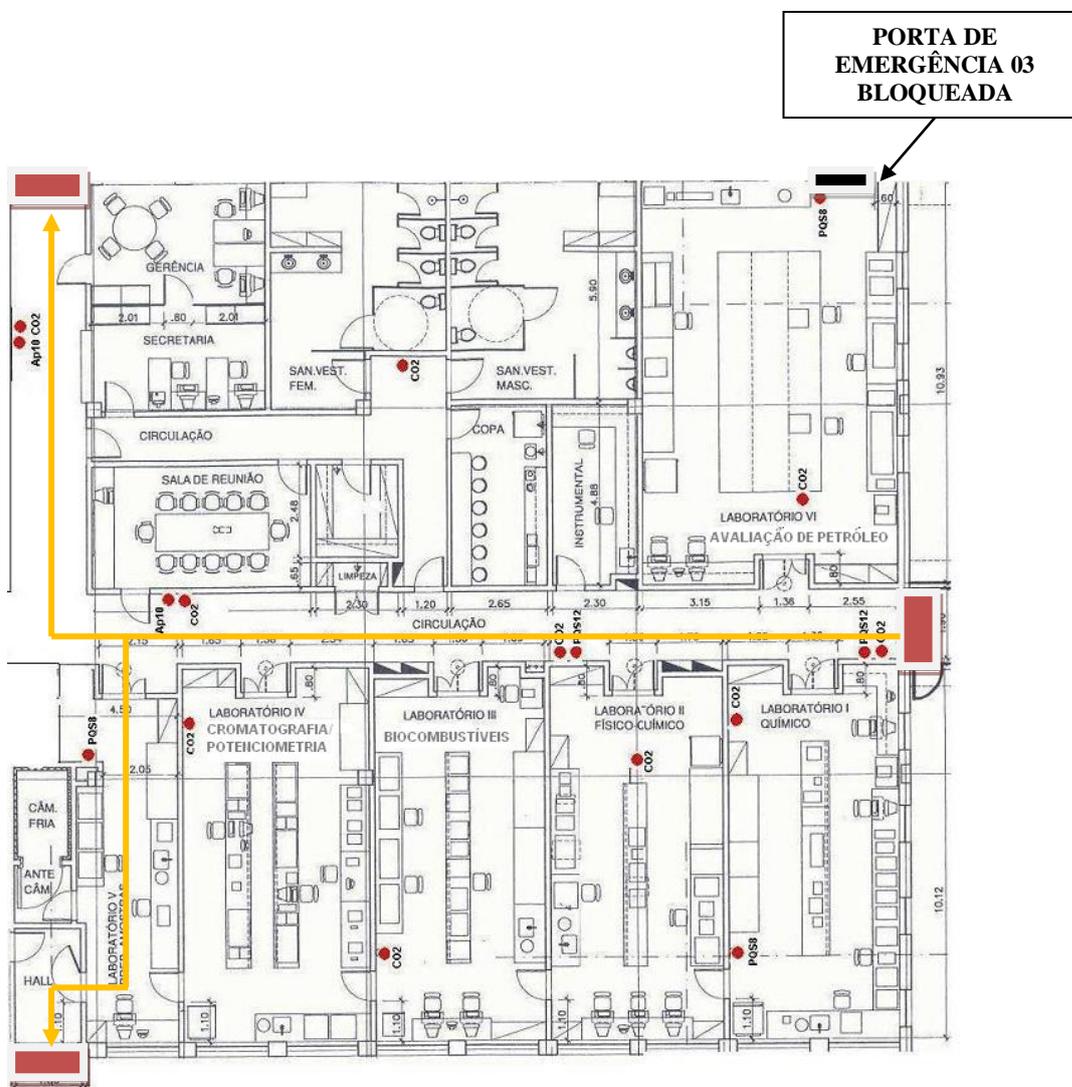


FIGURA 6.3 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a rota de fuga alternativa para o caso de incêndio em qualquer laboratório. (Fonte: autor, 2013).

Lembrando que, o maior fluxo de saída de ocupantes é sempre pela porta de emergência 01, ou seja, esta porta é de vital importância para o Centro de Pesquisas.

6.2.2.2 Rotas de fuga para o caso de incêndio no Laboratório de Avaliação de Petróleo (LAP)

Por ser o LAP, um dos laboratórios de maior risco, é necessário, a sinalização de uma rota de fuga para o caso de incêndio em seu interior, assim pelas simulações 16 e 17, onde um ocupante sai devagar e todos saem correndo respectivamente, também não há alteração no menor tempo obtido para retirada (14,85) do Centro de Pesquisas pois em ambas as simulações as quatro saídas estão desbloqueadas (porta principal de entrada e saída 04 e as portas de emergência 01, 02 e 03), o que confirma a mesma rota de fuga para o caso geral (figura 6.4).

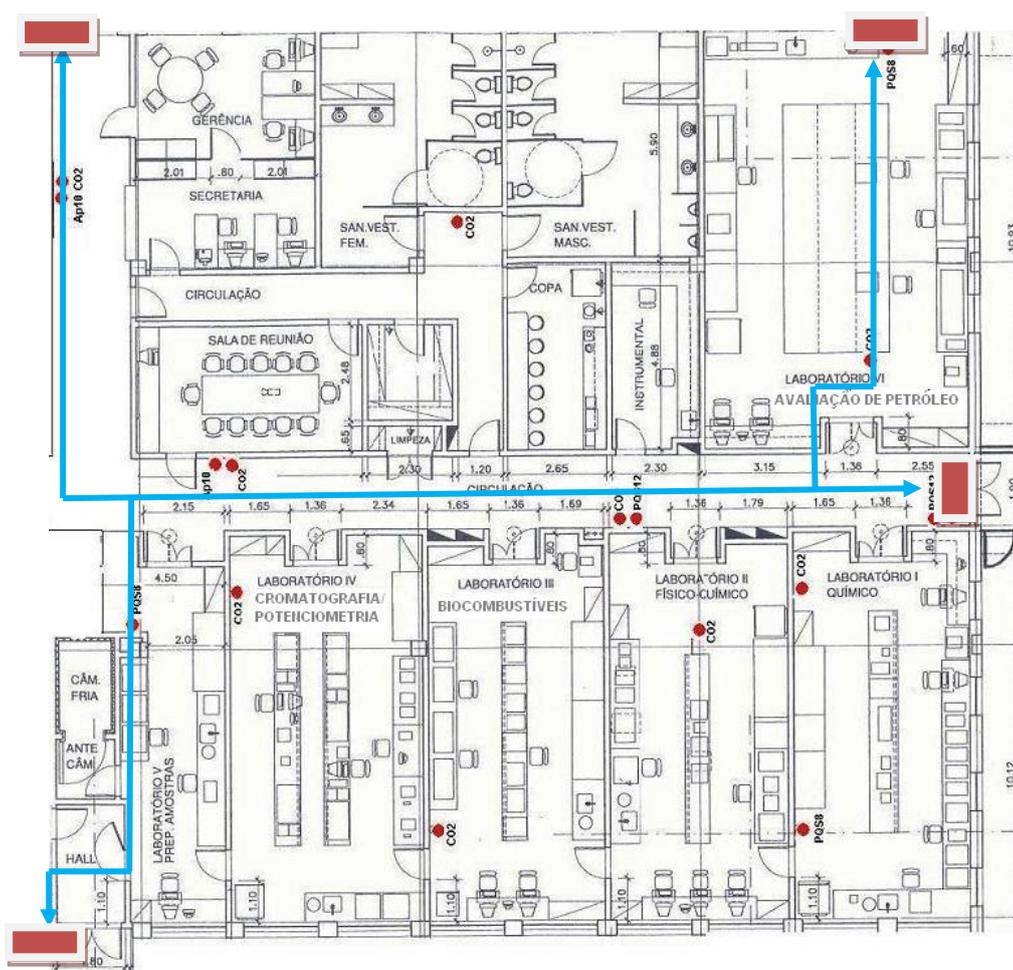


FIGURA 6.4 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a principal rota de fuga para o caso de incêndio no LAP. (Fonte: autor, 2013).

A situação 13 é idêntica a situação 3, ou seja, a porta de emergência 03 estando bloqueada não interfere no menor tempo total final de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas. Assim, a rota de fuga alternativa é vista na Figura 6.5.

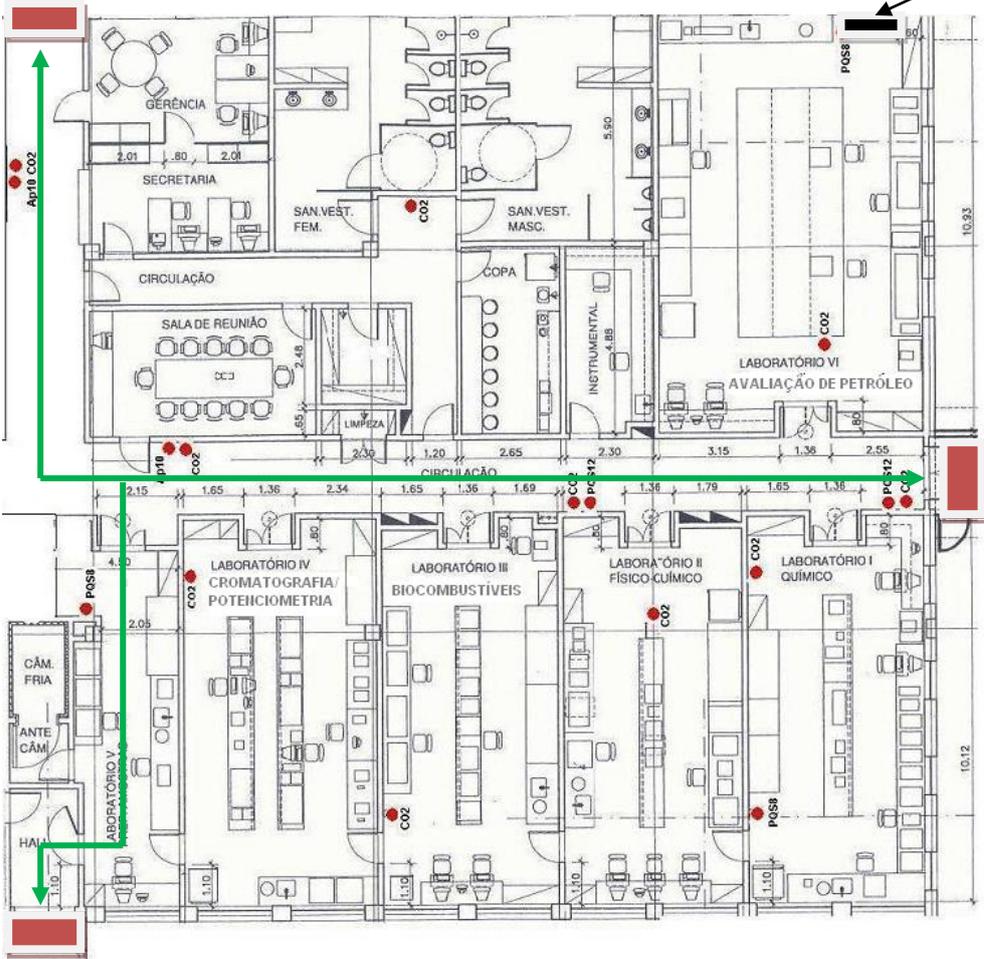


FIGURA 6.5 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a rota de fuga alternativa para o caso de incêndio no LAP. (Fonte: autor, 2013).

É importante ressaltar que nas simulações 14, 15, 18 e 19, o tempo total final de retirada aumentou (18,45 segundos, 32,85 segundos, 24,05 segundos e 24,30 segundos, respectivamente) em relação ao menor tempo obtido na melhor situação que é quando todas as portas estão abertas. O fator em comum é o bloqueio da porta de emergência 01, corroborando a importância da existência desta porta no fluxo de saída dos ocupantes e consequentemente no tempo total final de retirada dos 18 ocupantes do Centro de Pesquisas.

6.2.2.3 Rotas de fuga para o caso de incêndio no Laboratório Físico-Químico (LFQ)

O laboratório Físico-Químico (LFQ), tal qual o LAP apresenta grande risco a um princípio de incêndio. Se verificarmos as simulações 22 e 24, o tempo total de retirada foi o menor tempo encontrado quando todas as quatro portas do Centro de Pesquisas estão abertas, ou seja, porta de entrada e saída (porta 04) e portas de emergência 01, 02 e 03. Conclui-se que, estando as duas passagens do fundo do LFQ bloqueadas (simulação 22) ou os três ocupantes entrarem em pânico e saírem a uma velocidade maior que os demais (simulação 24), não interferem no menor tempo final de retirada dos 18 ocupantes do centro de Pesquisas. A rota de fuga principal permanece idêntica às rotas de fuga principais mencionadas para o caso geral e o caso do LAP, (Figura 6.6).

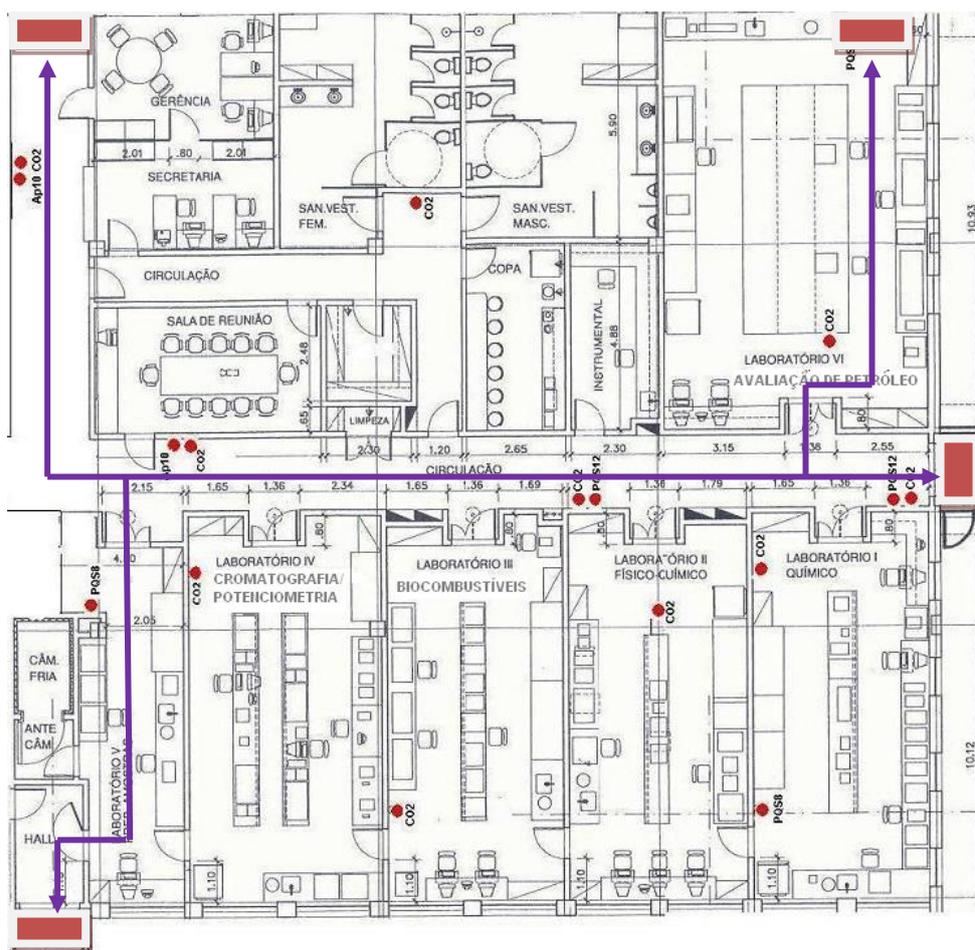


FIGURA 6.6 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a principal rota de fuga para o caso de incêndio no LFQ. (Fonte: autor, 2013).

Observou-se que o aumento do tempo total final nas simulações 20 e 21 (17,48 segundos e 18,95 segundos, respectivamente), foi em função do bloqueio da porta de entrada do laboratório LFQ. Neste caso, a rota alternativa, será aquela que apresentar o menor tempo, no caso, o da simulação 20 (17,48 segundos) e o caminho mais curto conforme Figura 6.7.

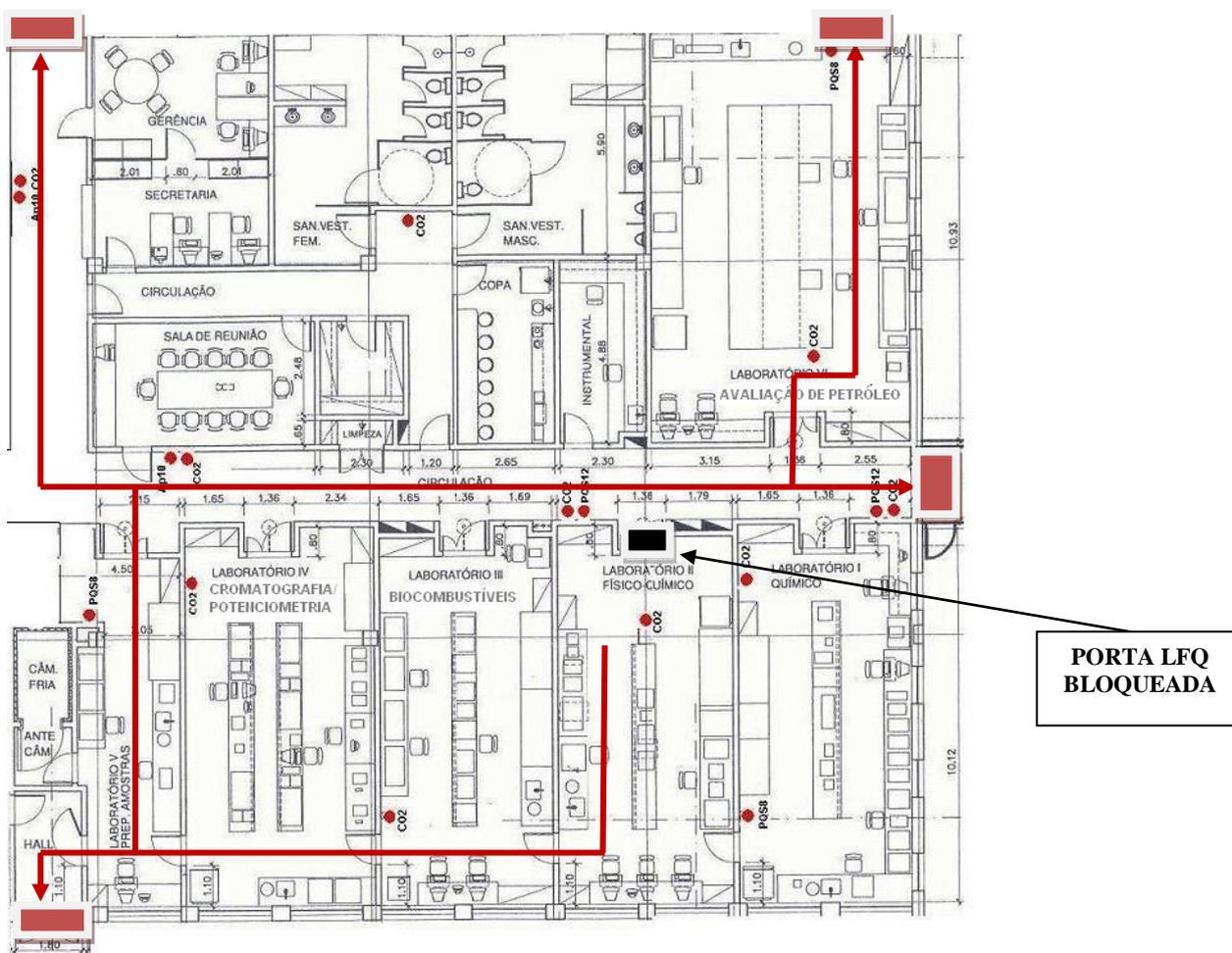


FIGURA 6.7 - Planta baixa do Centro de Pesquisas evidenciando a rota de fuga alternativa para o caso de incêndio no LFQ e porta LFQ bloqueada. (Fonte: autor, 2013).

6.2.3 PLANEJAMENTO DA RETIRADA

6.2.3.1 Características gerais

O planejamento da retirada destina-se a orientar o usuário da edificação a, disciplinadamente, poder abandonar o seu local de trabalho, em ordem, com segurança, procurando evitar e controlar possíveis ações que venham a provocar pânico (NERILSON, 2006).

Neste programa, o ideal é que a coordenação do Centro de Pesquisas tenha a competência de avaliar a gravidade de qualquer situação de emergência e decidir da retirada e aplicação do plano de atuação definido (equipa de intervenção e meios a utilizar).

A retirada deve ser programada, de acordo com, as saídas ou local de ocorrência do sinistro. Deve-se também, no âmbito organizacional, definir normas / regras e a ordem de saída, ou seja, quem sai em 1º ou 2º lugar.

Algumas regras e normas devem ser do conhecimento dos ocupantes do Centro de Pesquisas e devem ser afixadas e/ou guardadas em locais visíveis e de fácil acesso, tais como:

- Ao sinal de alarme seguir as instruções do coordenador do Centro de Pesquisas;
- Não se preocupar com pertences pessoais como bolsas e mochilas;
- Seguir as setas de saída em silêncio e sair ordeiramente;
- Não voltar atrás por nenhum motivo;
- Não obstruir a saída;
- Dirigir-se ao local indicado pelo Coordenador.
- Junto da porta principal e em pontos estratégicos (em cada laboratório, por exemplo) devem estar afixadas as plantas de emergência, nas quais devem constar: Meios de alarme e alerta; locais de risco; percursos de retirada; saídas; locais de corte de energia elétrica e gás; extintores e outros equipamentos; reconhecimento, combate e alarme interno.

Depois de dada a ordem de retirada, esta deve ser orientada pelos “Chefe de Fila”, “Cerra Fila” e “Sinaleiros”.

O “chefe de fila” é o primeiro componente da Brigada de Retirada¹ de cada pavimento e é aquele que: ao ouvir o alarme de retirada, deve assumir o local pré-determinado e iniciará a saída ou descida organizada; determinará a velocidade da saída; deverá possuir identificação no uniforme com especificação do setor em que é responsável; deverá ajudar a manter a calma e ordem do seu grupo e deverá formar uma fila indiana intercalando homem, idoso, mulher.

O “cerra-fila” é o último componente da Brigada, responsável por ajudar na conferência do pessoal da fila, auxilia o coordenador do setor e também: auxilia na organização para evitar flutuação da fila; é responsável pelo fechamento das portas que ficarem para trás; não deverá permitir espaçamento, algazarra, conversas em demasia ou retardar a saída e auxiliará as pessoas em caso de acidentes ou mal súbito.

Os sinaleiros são aqueles que ficarão em pontos críticos como, saídas para o exterior, escadas e rampas, não permitindo a entrada de qualquer pessoa e/ou evitando aglomerações, ou ainda, indicando o percurso a seguir, evitando desvios à rota de retirada definida.

O Centro de Pesquisas não possui portadoras de necessidades especiais, porém como seus sanitários são utilizados por alunos e funcionários dos laboratórios vizinhos, essa hipótese, não deve ser descartada de seu plano de retirada. Neste caso, um ocupante do Centro de Pesquisas será designado previamente para o apoio.

¹Brigada de Retirada é a brigada formada pelos ocupantes da edificação que atuarão no plano de retirada.

Imediatamente à ordem de retirada, procede-se à 1ª intervenção com utilização dos meios existentes no combate a incêndios: extintores e mangueiras. Devem ainda por ordem do Coordenador, as pessoas indicadas para o efeito, proceder aos cortes de energia e fecho das válvulas de corte de gás.

É importante ressaltar que o coordenador dos laboratórios do Centro de Pesquisas, seja também o coordenador da Brigada de Retirada, pelo seu conhecimento geral da infraestrutura, ambiente e pessoas do Centro de Pesquisas.

6.2.3.2 Reconhecimento, combate e alarme

Qualquer pessoa que se aperceba de uma ocorrência que ofereça perigo para pessoas e bens deve de imediato avisar ao coordenador do Centro de Pesquisas/ Brigada de Retirada que por sua vez, ligará imediatamente à Central de Emergência/Brigada de Incêndio da Instituição no ramal 7777 (Capítulo3).

O coordenador e o bombeiro civil verificarão se existem pessoas em situação de perigo e utilizarão os meios de extinção disponíveis.

Vale ressaltar que, embora os ocupantes do Centro de Pesquisas recebam treinamento de manuseio de extintores, eles não são brigadistas voluntários de incêndio, pois não tem treinamento de acordo NBR 14276/2006.

O coordenador do Centro de Pesquisas/Brigada de Retirada e um dos brigadistas voluntários do Centro de Pesquisas, que serão treinados de acordo com a NBR 14276/2006, deverão certificar-se sobre a localização exata da ocorrência, a extensão da mesma e se existem vítimas que necessitem de socorro. De acordo com a dimensão e as características da situação deverão dar a ordem de retirada , ou seja, avisarão aos laboratórios e salas, acionarão o alarme interno (que ainda não existe, no caso do Centro de Pesquisas) e avisarão os meios de socorro externo.

6.2.3.3 Alarme e alerta

A instalação do alarme é imprescindível no caso do Centro de Pesquisas e, por ordem do coordenador, o alarme deverá ser acionado pelo brigadista designado para tal. Caso haja falha ou corte obrigatório de energia o alarme poderá ser dado por megafone. Depois de acionar o

alarme, o brigadista dá o alerta de imediato e caso necessário, ao Corpo de Bombeiros ou Defesa Civil, conforme a gravidade da situação.

6.2.3.4 Coordenador, chefe de fila, cerra fila, sinaleiro e brigadistas

Como já foi mencionado no capítulo 3 desta pesquisa, o Centro de Tecnologia da Instituição, onde se encontra o centro de pesquisas estudado, possui Brigada de Incêndio composto por Bombeiros Civis em regime de plantão de 24 horas e atualmente não possui Brigadistas Voluntários.

De acordo a NBR 14.276/06, o montante de brigadistas é insuficiente para todo o Centro de Tecnologia da Instituição. Sabe-se também que, no Centro de Pesquisas não há, no momento, algum funcionário treinado regularmente como Brigadista Voluntário, embora todos recebam treinamento de manuseio de extintores por ocasião de recarga e reteste de seus equipamentos. Assim sendo, o Centro de Pesquisas deve treinar pelo menos 2 de seus funcionários como membros da Brigada Voluntária conforme dimensionado e citado na equação 2 do capítulo 3.

O coordenador dos laboratórios do Centro de Pesquisas que também deverá ser o coordenador da Brigada de Retirada, junto dos sinaleiros e brigadistas designados, e o bombeiro civil da Instituição, deverão coordenar e orientar a retirada dos laboratórios e salas até o ponto de concentração.

No caso, o coordenador que coordenará a retirada, será o último a sair para verificar que ninguém ficou para trás.

Um dos sinaleiros deverá ficar junto à porta principal de entrada e saída do Centro de Pesquisas, não permitindo a saída/entrada de qualquer utente. Um segundo sinaleiro deverá ficar situado no exterior da porta de emergência 03, indicando o percurso a seguir em direção ao ponto de encontro A e o terceiro sinaleiro deverá ficar situado no exterior entre as portas de emergências 01 e 02, indicando o percurso a seguir em direção ao ponto de encontro B.

O ideal é que o cada laboratório, independente do risco, tenha seu chefe de fila e cerra fila, mas que pelo menos os 2 brigadistas voluntários treinados pela NBR 14.276/06 do Centro de Pesquisas sejam do LAP e do LFQ respectivamente.

As atribuições específicas dos membros da Brigada de Retirada são:

a) Coordenador Geral da Brigada de Retirada (funcionário)

- Responsabilizar-se por toda a retirada;
- Elaborar o plano de Prevenção e Combate a Incêndio;
- Acompanhar o treinamento;
- Participar da seleção dos colaboradores que irão compor a Brigada Voluntária de Incêndio;
- Determinar o início da retirada;
- Avaliar e controlar permanentemente as condições de segurança da empresa;
- Controlar a saída de todos os setores;
- Após análise da situação, acionar os sistemas externos de apoio: O Corpo de Bombeiros, Polícia Militar, etc.;

b) Bombeiro Civil Plantonista da Brigada de Incêndio da Instituição

- Fiscalizar a manutenção dos equipamentos de Prevenção e Combate;
- Controlar a duração das operações;
- Atuar em sinistro, coordenando e comandando todos os brigadistas do setor, no combate ao fogo;
- Liberar ou não o retorno das pessoas à edificação após ter sido debelado o sinistro;

c) Líder da Brigada de Retirada/ Brigadista voluntário do Centro de Pesquisas (funcionário)

- Atuar em sinistro, no combate ao fogo;
- Receber e cumprir as orientações do Bombeiro Civil e transmiti-las aos seus liderados;
- Inspeccionar os equipamentos de combate a incêndio do seu setor;
- Fornecer dados para confecção de relatórios;

- Reunir os componentes da Brigada de Retirada para as instruções e avaliar as condições dos equipamentos de incêndio;
- Substitui o coordenador geral, na sua ausência e será o responsável por solicitar o desligamento da energia geral de todo setor e acionar o alarme de incêndio.

d) Puxa-Fila (funcionário)

- É o primeiro componente da brigada de Retirada de cada laboratório e sala;
- Ao ouvir o alarme de retirada, deve assumir o local pré-determinado e iniciará a saída organizada;
- Determinará a velocidade da saída;
- Deve possuir identificação no uniforme com especificação do laboratório ou sala em que é responsável.
- Deve ajudar a manter a calma e ordem do seu grupo;
- Deve formar uma fila indiana intercalando homem, idoso, mulher.

e) Cerra-Fila (funcionário)

- É o responsável pelo controle de retirada em seu setor;
- É o último componente da Brigada de Retirada, responsável por ajudar na conferência do pessoal da fila;
- Confere os componentes de seu setor e verifica se todos estão na fila;
- Auxilia na organização para evitar flutuação da fila;
- Responsável pelo fechamento das portas que ficarem para trás;
- Ao chegar ao ponto de encontro ou concentração pré-determinado confere novamente todo o pessoal, através de uma listagem previamente elaborada;
- Criar e manter lista atualizada com nomes de todos os colaboradores que trabalham no setor;
- Não deve permitir espaçamento, algazarra, conversas em demasia ou retardar a saída;
- Auxiliar as pessoas em caso de acidentes ou mal súbito.

f) Auxiliar (funcionário ou estagiário)

- É o componente da Brigada sem função específica;
- É o componente que substituirá tanto o Puxa Fila ou Cerra Fila em caso de falta;
- Auxilia os demais componentes na vistoria das dependências do prédio.

g) Brigadistas voluntários do LAP e LFQ (funcionários)

- Serão os responsáveis por iniciar o combate ao princípio de incêndio, utilizando os extintores;
- Serão os responsáveis por combater o incêndio até a chegada dos bombeiros.

h) Sinaleiros (funcionários)

- Ao ouvir o alarme de retirada, deve assumir o local pré-determinado e iniciará a saída ou descida organizada;
- Inspecciona todo o setor, inclusive salas de reunião e sanitários;
- Dar atenção especial para remoção de pessoas idosas e portadores de necessidades especiais.

Foram identificados pelas simulações utilizando o Pathfinder, quais são os primeiros ocupantes (chefes de fila) e os últimos (cerra fila) a saírem, baseado no percurso mais curto e menor tempo. Assim, as figuras 6.8, 6.9 e 6.10 apontam o chefe de fila e cerra fila para o caso geral, isto é, incêndio em qualquer parte do Centro de Pesquisas, para o LAP e para o LFQ, respectivamente.

Observa-se também pelas figuras a seguir que tanto o chefe de fila, como o cerra fila, sejam os funcionários mais experientes de cada laboratório e que os mesmos não deverão ser os brigadistas voluntários treinados pois estes são importantes para o primeiro combate ao princípio de incêndio.

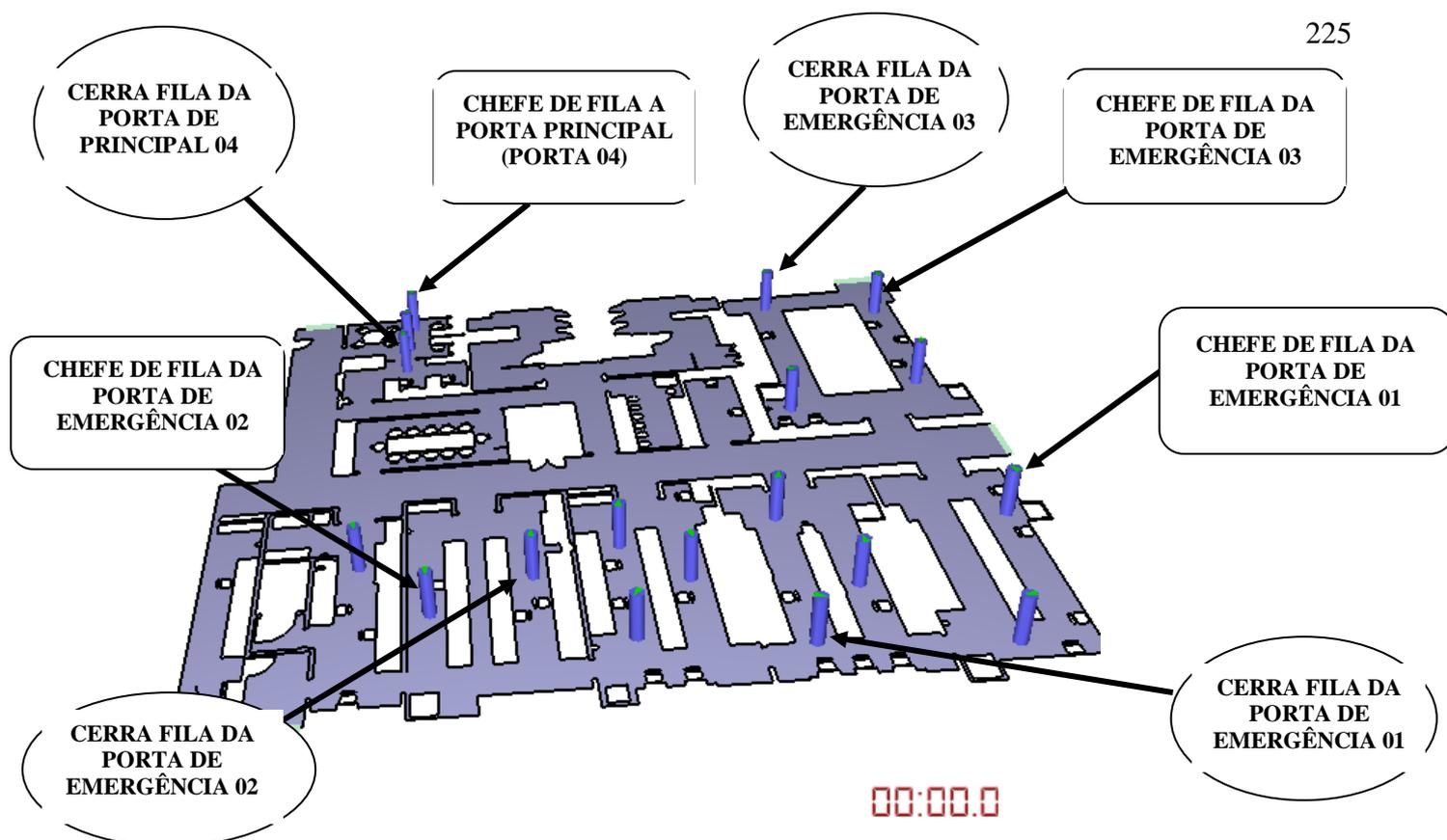


FIGURA 6.8 – Chefes de fila e cerras fila para o caso de incêndio em qualquer parte do Centro de Pesquisas. (Fonte: Autor, 2013).

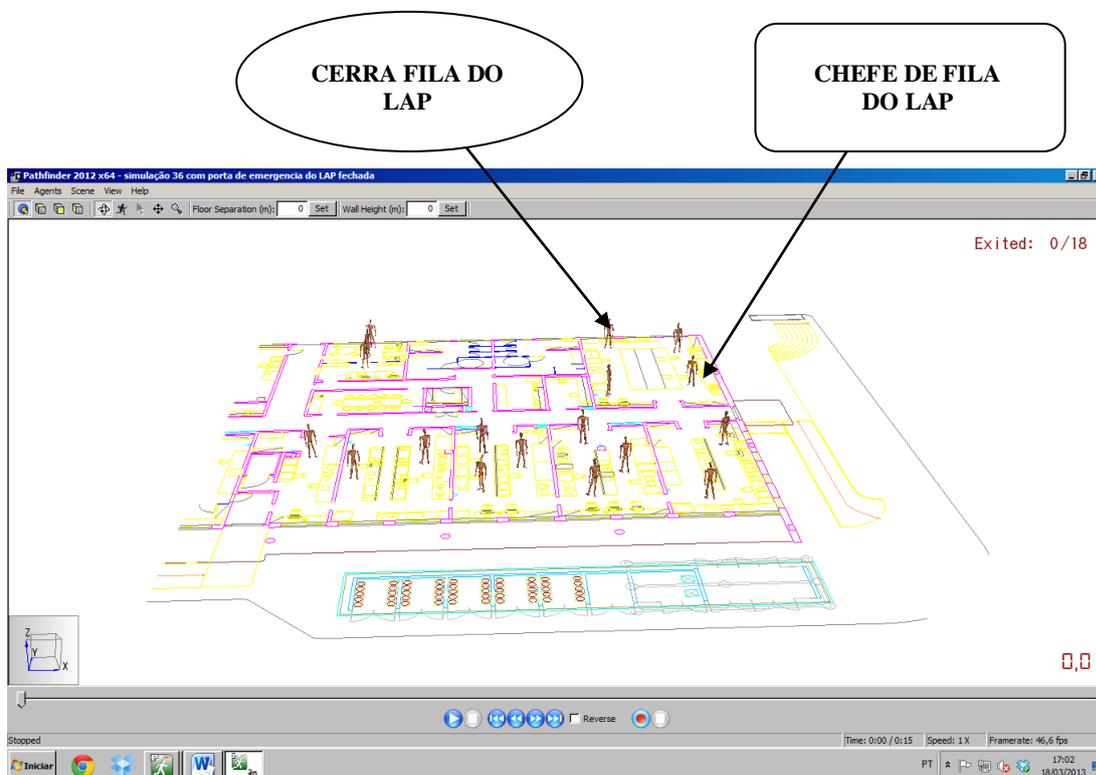


FIGURA 6.9 - Chefe de fila e cerra fila para o caso de incêndio no LAP.

(Fonte: Autor, 2013).

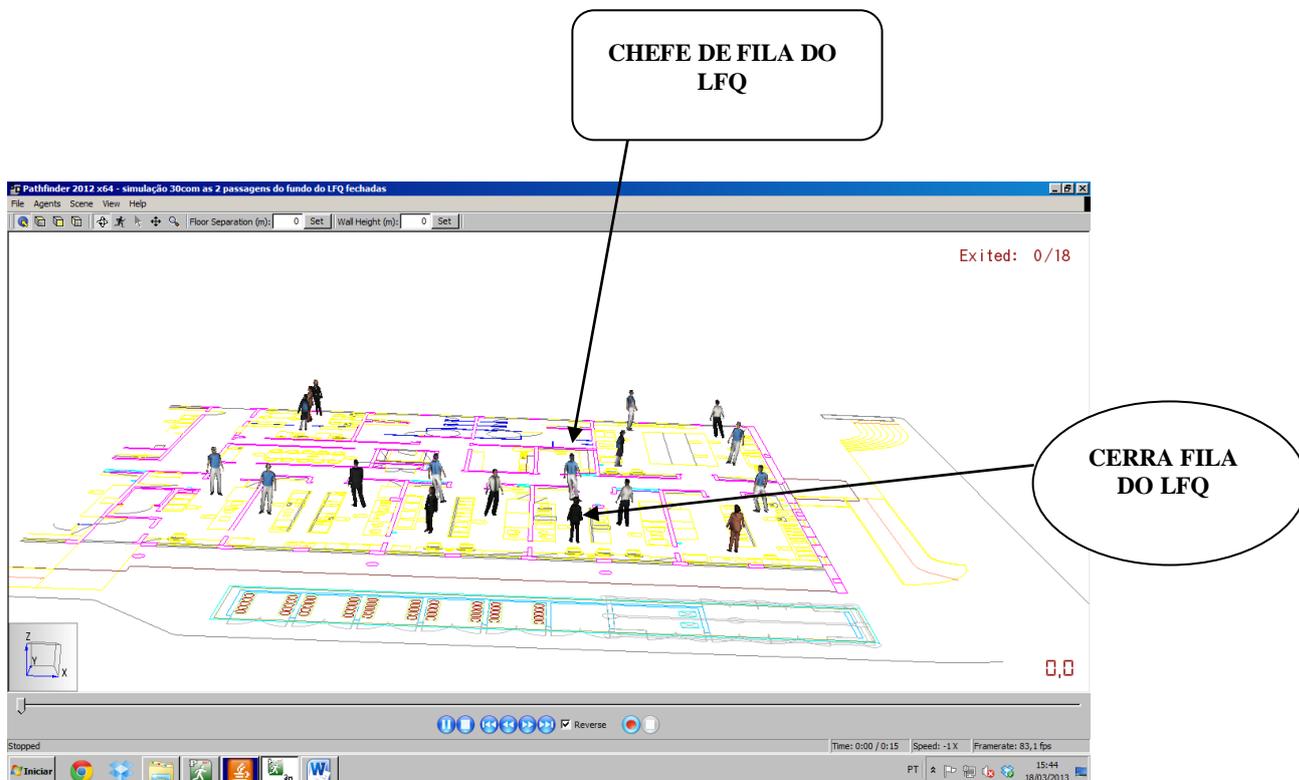


FIGURA 6.10 - Chefe de fila e cerra fila para o caso de incêndio no LFQ.

(Fonte: Autor, 2013).

6.2.3.5 Primeira intervenção

Face aos recursos existentes, a primeira intervenção deverá ser constituída pelos dois brigadistas voluntários do Centro de Pesquisas, previamente treinados, conforme ABNT NBR 14276: 2006, e principalmente pelo bombeiro civil da Instituição.

A Equipe de 1ª Intervenção deve utilizar de imediato os meios extintores mais próximos do local do sinistro. Se não for possível controlar a situação deverá avisar / informar o coordenador do centro e abandonar rapidamente o local do sinistro.

6.2.3.6 Corte geral e parcial de energia

A responsabilidade do fecho das válvulas de gás e corte geral da eletricidade fica a cargo de um dos técnicos do Centro de Pesquisas previamente designado para tal.

O corte de energia poderá ser parcial ou total, conforme o local do sinistro. No caso do Centro de Pesquisas, tais quadros se encontram no corredor principal, conforme Figura 6.11.



FIGURA 6.11 - Quadros de Distribuição de Luz e Força próximo à entrada dos laboratórios do Centro de Pesquisas (Fonte: autor, 2010).

6.2.3.7 Retirada/Abandono

O controle geral da retirada ficará na responsabilidade do bombeiro civil da Instituição e do coordenador do Centro de Pesquisas.

6.2.3.8 Informação e vigilância

Ao ser acionado o sinal de alarme interno, de acordo com as instruções do plano de retirada do Centro de Pesquisas, a responsabilidade de informar os socorros externos sobre a localização exata do sinistro e das pessoas em perigo será de um dos brigadistas do Centro de Pesquisas. Caber-lhe-á ainda, a tarefa de controlar e orientar a movimentação de pessoas e veículos.

A regulação de pessoas no interior do estabelecimento competirá ao coordenador e os sinaleiros designados.

Para além dos procedimentos acima referidos, competirá à Direção da Instituição determinar, após indicação dos engenheiros de segurança e/ou técnico de segurança e bombeiro civil da Instituição, o regresso às instalações.

6.2.4 IDENTIFICAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS

Nestes pontos, devem situar-se os “sinaleiros” que orientam as pessoas nos percursos e saídas, como forma de evitar grandes concentrações, habitualmente geradoras de pânico.

No caso do Centro de Pesquisas, os sinaleiros devem se posicionar nas 4 saídas, pois, a entrada e saída principal é também entrada e saída de outros laboratórios da Instituição e na saída de emergência 01, existe uma passagem para veículos de entrega de materiais e equipamentos de laboratório diversos, portanto, local requer boa sinalização.

6.2.5 SELEÇÃO DOS LOCAIS DE CONCENTRAÇÃO

No exterior do Centro de Pesquisas, o ponto de encontro será conforme as saídas utilizadas, ou seja:

- Para os ocupantes que utilizarem a entrada e saída principal (porta 04) e a porta de emergência 03, o ponto de encontro será no jardim da frente da edificação, conforme foto da Figura 6.12 e na planta (Figura 6.13).
- Para os ocupantes que utilizarem as saídas de emergência 01 e 03, o ponto de encontro será no estacionamento em frente ao complexo onde está inserido o Centro de Pesquisas, conforme Figuras 6.14 e 6.15.

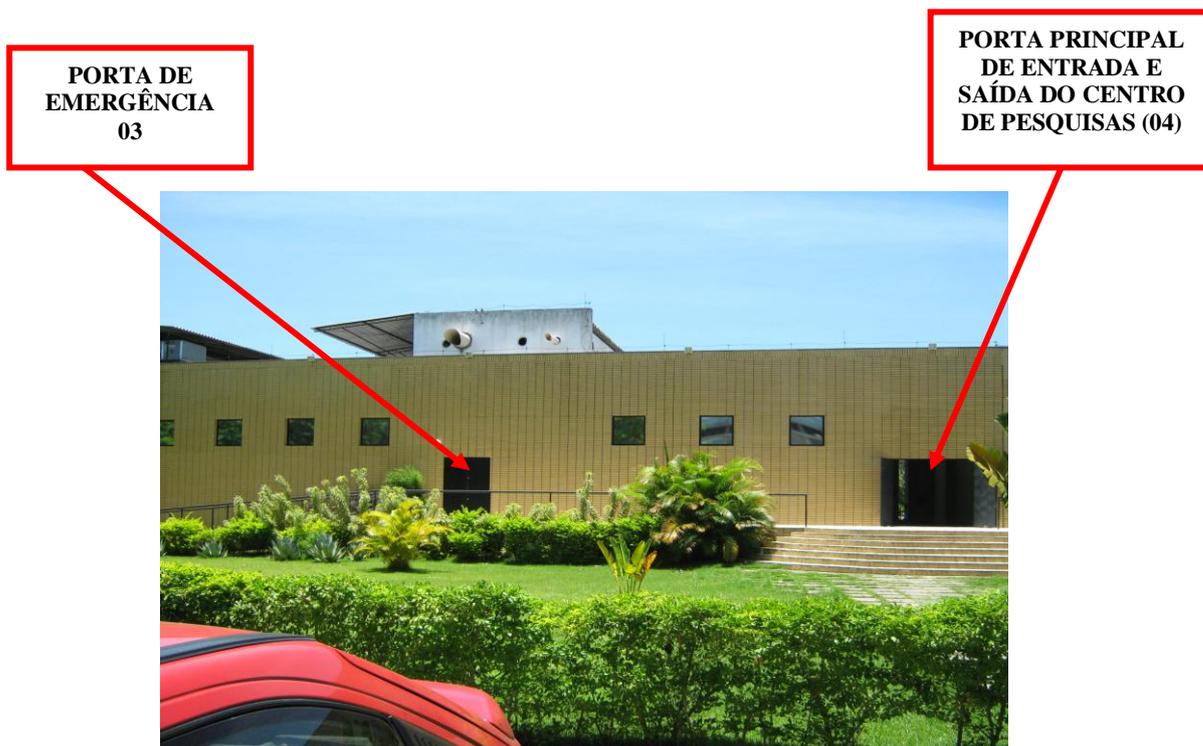


FIGURA 6.12 – Fachada do Centro de Pesquisas e ponto de encontro para os ocupantes que saírem pela porta principal (04) e porta de emergência (03). (Fonte: Autor, 2012).

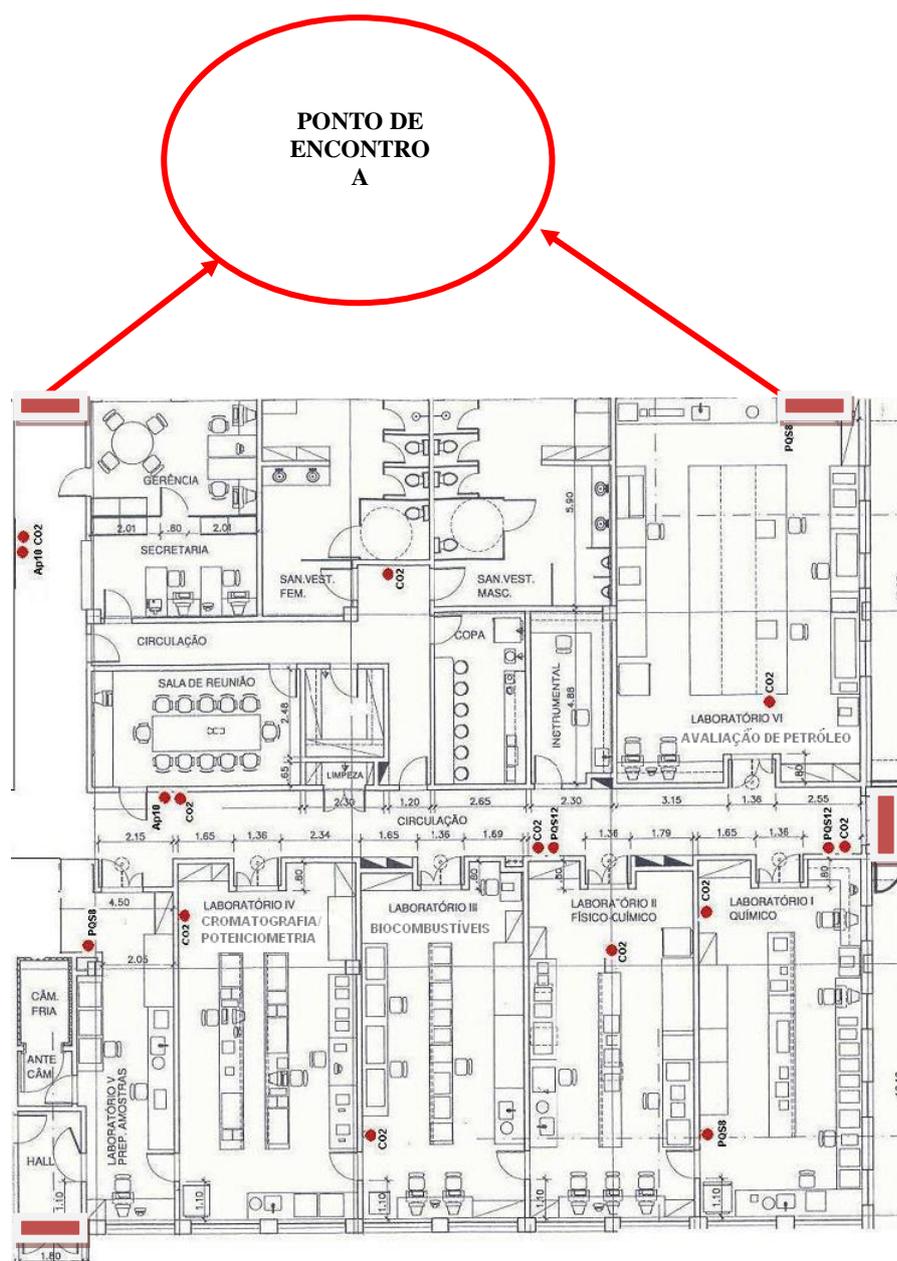


FIGURA 6.13 – Planta baixa do Centro de Pesquisas com ponto de encontro A. (Fonte: autor, 2013).



FIGURA 6.14 – Pátio/estacionamento do complexo onde se encontra o Centro de Pesquisas. (Fonte: Autor, 2013).

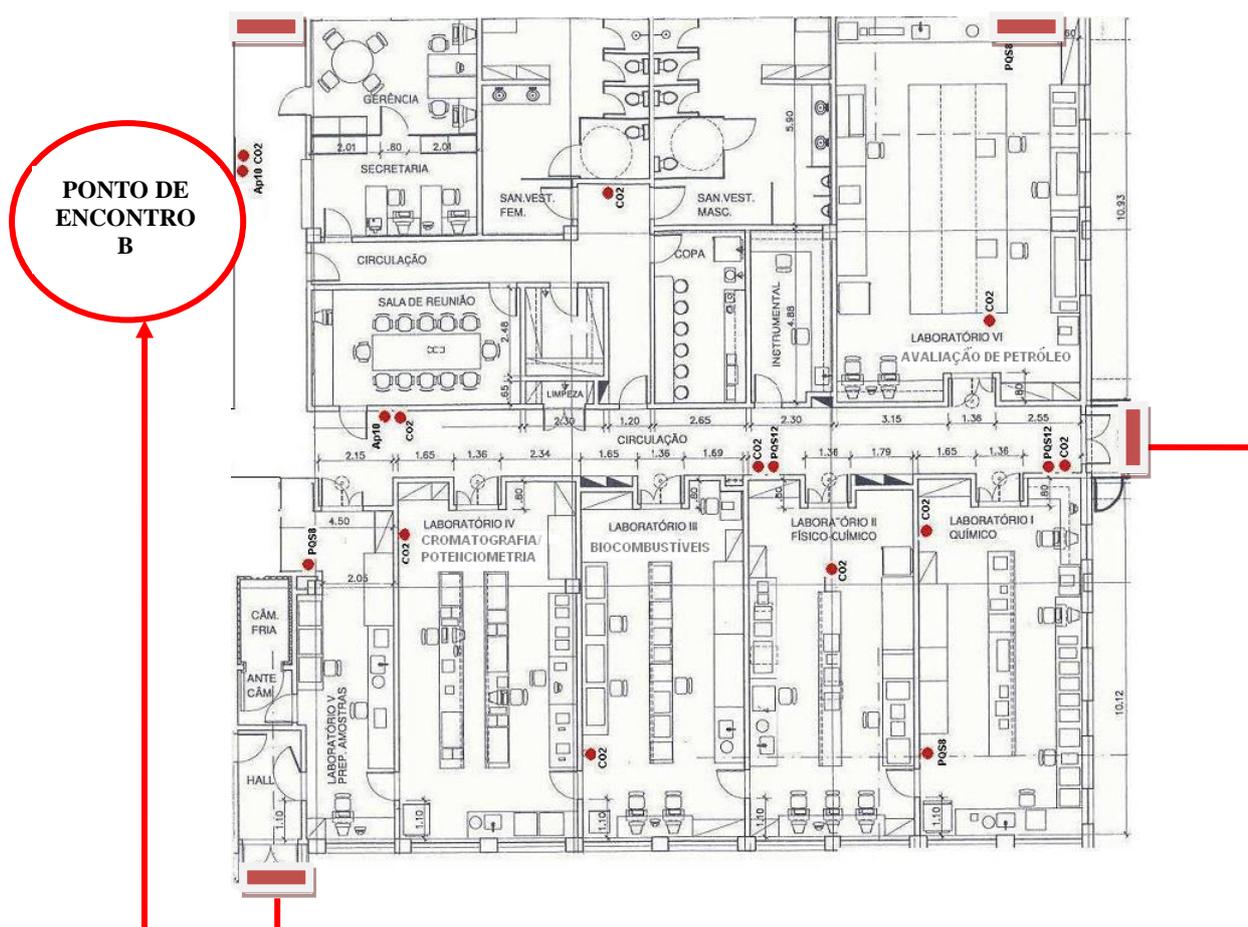


FIGURA 6.15 - Planta baixa do Centro de Pesquisas com ponto de encontro B. (Fonte: autor, 2013).

O local de concentração como mostrado nas Figuras 6.12 e 6.14, deve ser um local amplo e seguro e se encontrar afastado dos laboratórios do Centro de Pesquisas.

O ponto de concentração geral (ponto de reunião / concentração) será sempre o Jardim e o pátio/estacionamento do complexo.

Nestes dois locais deverá ser feita a conferência de toda a população que abandonou o Centro de Pesquisas. Caso, se verificarem desaparecidos, o bombeiro civil da Instituição e o chefe do Corpo de Bombeiros Militares deverão ser avisados.

6.3 EXERCÍCIOS DE RETIRADA

Os exercícios de retirada constituem uma parte essencial do plano de emergência em caso de incêndio, que todos do Centro de Pesquisas devem aplicar. Estes exercícios devem ser regularmente realizados, cada vez em condições diferentes. É através dos exercícios de retirada em caso de incêndio que todos os ocupantes colaboram na aplicação de um plano de emergência adaptado ao seu local de trabalho.

No caso da Brigada voluntária do Centro de Pesquisas, a periodicidade do treinamento deve ser de 12 meses, ou quando houver alteração de 50% dos membros da Brigada. A equipe de Brigada de Emergência deve receber treinamento teórico e prático, com simulações de ataque e combate a emergência com uso de água, extintores, bem como kit's pertinentes. Os treinamentos teóricos devem obedecer ao calendário e, observar a legislação estadual do corpo de bombeiros, quanto da exigência de treinamento específico.

Sempre que houver alterações significativas nos procedimentos de atendimento a emergências, o líder da brigada, coordenador do Centro de Pesquisas ou o Setor de Brigada de Incêndio da Instituição deve identificar as necessidades de treinamento para atendimento às emergências, e prover os treinamentos. Deve-se prever anualmente, um treinamento com simulação de retirada de área local com horário e dia definido pela equipe da brigada de emergência e o Coordenador. Os colaboradores não serão avisados sobre o simulado, com exceção da coordenação da unidade.

Sugere-se que todo o simulado disponha de um ou mais observadores, convidados internos ou externos alocados em pontos estratégicos para auxiliar na análise crítica do atendimento e combate à emergência simulada. Após cada simulado, a equipe de segurança deverá avaliar os procedimentos e práticas adotadas para atendimento a emergência.

Eventuais necessidades de melhoria ou revisão de procedimentos e planos devem ser identificadas e tratadas nas reuniões da Brigada de Retirada do centro de Pesquisas e da Brigada de Incêndio da Instituição.

Ao soar o alarme os ocupantes do Centro de Pesquisas deverão dirigir-se a local previamente determinado, no pátio externo, atendendo orientações da brigada de retirada, e se concentrar nos isolamentos, previamente determinados, aguardando autorização para retorno ao prédio.

7 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Esta dissertação, com base na análise dos dados obtidos nas simulações de incêndio efetuadas, utilizando o software Pathfinder, assim como, na revisão bibliográfica apresentada, permitiu formular algumas conclusões.

Quando se fala de retirada de um edifício numa situação de emergência e concretamente no caso de incêndio, pretende-se traduzir o êxito ou o insucesso dessa operação, estando em causa, fundamentalmente, o confronto entre o tempo disponível para evacuar o edifício sem que os ocupantes sofram as consequências desse incêndio e o tempo necessário de retirada do edifício.

Quando se fala em tempo mínimo e máximo de retirada, vários fatores estão envolvidos tais como: área do edifício, densidade de pessoas, risco inerente as atividade realizadas no local entre outros. Alguns modelos matemáticos são propostos, porém, a utilização de softwares, tal qual o Pathfinder, nos permitem, por exemplo, obter dados quantitativos (maior e menor tempo para um determinada retirada) e qualitativos (melhor rota de fuga, pontos de concentração e responsáveis pelo início do processo de retirada).

Pela análise dos resultados das simulações pôde-se concluir que o menor tempo de retirada de todo o Centro de Pesquisas estudado tem influência no uso de todas as saídas de emergência existentes, pois, se forem usadas as 3 saídas de emergência do Centro de Pesquisas, mais a porta principal de entrada e saída, o tempo obtido de retirada é o menor possível (14,85 segundos). Enquanto que, se não existissem as 3 saídas de emergência, o tempo total de retirada seria de 33, 88 segundos. O menor tempo de 14,85 segundos também é obtido usando as 3 saídas de emergência mais a porta principal, para as simulações feitas para o LAP e LFQ.

Embora dito anteriormente que as 3 portas de emergência são importantes no tempo final de retirada, observou-se que, caso não existisse a porta de emergência 03, o tempo final não se alteraria (14,85 segundos), o que levaria a pensar que somente as portas de emergência 01 e 02 e porta principal fossem necessárias no projeto do Centro de Pesquisas. Porém, lembrando que a porta de emergência 03 está localizada justamente em um dos laboratórios de maior risco, o Laboratório de Avaliação de Petróleo (LAP), corroborando dessa maneira a importância das 4 portas no processo de retirada.

Observou-se também pelas simulações que, a porta de emergência 01 é a porta de maior fluxo de saída de ocupantes do Centro de Pesquisas, portanto, o software permitiu mostrar que a

existência desta porta é fundamental no projeto de arquitetura do local e no processo de retirada para redução do tempo final de retirada.

A necessidade de treinamentos periódicos dos ocupantes do Centro de Pesquisas foi enfatizada pelas simulações 7 e 8 uma vez que se um dos ocupantes ou por pânico ou por falta de treinamento usasse portas de saída mais distantes no caso, porta 02 e porta 04, respectivamente, o tempo total final de retirada aumentou bastante, isto é, de 18,45 segundos para 33,00 segundos.

Pode se afirmar também, através da simulação 6 que a porta principal de entrada e saída (porta 4), caso não existisse conforme leiaute, o tempo total final de saída de todos os ocupantes do Centro de Pesquisas, aumenta. Este resultado corrobora a necessidade da porta 04, sendo que o trajeto que leva a esta porta, pode ser indicado como uma das possíveis rotas de fuga.

Nas simulações para o caso geral do Centro de Pesquisas, bem como para o LAP, verificou-se que tanto ocupantes saindo devagar, como saindo mais rápido ou correndo, não altera o menor tempo total final de retirada. Já no LFQ, um dos ocupantes saindo devagar aumenta o tempo de retirada. Entretanto, novos estudos devem ser realizados com um universo maior de pessoas, com modificações no leiaute dos laboratórios, inclusão de obstáculos, de modo a validar os resultados obtidos anteriormente.

A não percepção imediata do início de incêndio (simulação 11), aumenta o tempo de saída (24,88 segundos), o que indica a importância da existência de um sistema de alarme no Centro de Pesquisas.

No LFQ, tanto o bloqueio de sua porta de entrada (porta LFQ), quanto o bloqueio de uma das passagens (passagem 01), influencia no aumento do tempo de retirada de emergência. O que indica a importância de treinamento para este laboratório.

Os sanitários existentes no Centro de Pesquisas são usados por outras pessoas de fora do mesmo, assim sendo na simulação com visitantes nos banheiros o tempo total de retirada aumentou pelo maior número de ocupantes no Centro de Pesquisas, portanto, em futuras expansões deve-se considerar a modificação do leiaute do Centro de Pesquisas e a realização de novos estudos para alocação dos novos funcionários nos respectivos locais de trabalho.

Este trabalho, com o apoio de uma ferramenta computacional de simulação do processo de retirada de emergência obteve dados para alimentação no plano de retirada de emergência, tais como: identificação das saídas de emergência, definição das rotas de fugas, planejamento

da retirada, identificação dos pontos críticos das rotas de fugas, seleção do local de concentração e a estimativa do tempo necessário para a retirada de emergência.

Pode se afirmar, que o objetivo inicialmente proposto, ou seja, a estruturação de um plano de retirada de emergência, com o suporte de uma ferramenta computacional na simulação do processo de retirada de emergência (Pathfinder) foi alcançado.

Não se esgota o assunto nesse trabalho, pois para trabalhos futuros, recomenda-se utilizar o software Pathfinder associado com outros softwares para que diversos tipos de eventos sejam possíveis, tais como, simulação de incêndio com fumaça, gases tóxicos, sinais de alarme, influencia dos materiais utilizados no projeto, influencia da existência de equipamentos de combate à incêndio, etc.. Além disso, ampliar o uso do software para todo o complexo onde está inserido o Centro de Pesquisas, uma vez que também são laboratórios químicos com potencial de riscos.

REFERÊNCIAS

ALVES, Alessandra B.C.G.; CAMPOS, André T; BRAGA, George B.. **Simulação computacional de incêndio aplicada ao projeto de arquitetura**. Fau Universidade de Brasília, artigo publicado no NUTAU, 2008.

ALVES, Kátia Maria, Andreza PROCORO, and Dayse DUARTE. "**AVALIAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE SEGURANÇA CONTRA INCÊNDIO EM INSTITUIÇÕES DE ENSINO SUPERIOR DA CIDADE DO RECIFE-PE.**", 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR – 14276 – Programa de Brigada de Incêndio**. Rio de Janeiro, 2006.

_____. **NBR – 5628 – Componentes construtivos estruturais – Determinação da resistência ao fogo – Método de ensaio**. Rio de Janeiro, 2001.

_____. **NBR – 14880 - Saídas de Emergência em edifícios – Escadas de segurança – Controle de fumaça por pressurização**, 2002.

_____. **NBR – 13860 - Termos técnicos relacionados à incêndio**, 1997.

_____. **NBR – 12693 - Sistema de proteção por extintores**, 2010.

_____. **NBR – 13434 - Símbolos de sinalização de segurança contra incêndio e pânico**, 2004.

_____. **NBR – 11742 - Porta corta-fogo para saída de emergência – especificação**, 2003.

_____. **NBR – 14432 - Exigências de resistência ao fogo de elementos construtivos de edificações – Procedimentos**, 2001.

_____. **NBR – 9077 - Saídas de emergência em edifícios**. Rio de Janeiro, 2001.

BERTO, Antonio Fernando. "**Medidas de proteção contra incêndio: aspectos fundamentais a serem considerados no projeto arquitetônico dos edifícios.**" *São Paulo* (1991).

_____. **Gestão da Segurança contra incêndio em edificações**. Curso Questões atuais da segurança contra incêndio em edificações. IPT, São Paulo, 1998.

CAMARA MUNICIPAL DE SINTRA. **Planos de prevenção e de emergência estabelecimentos escolares**, SINTRA, 2003.

COOPER, L. Y. **A concept for estimating available safe egress time in fire**- Fire Safety Journal, 5, 1983. p. 135-144.

CORPO DE BOMBEIROS DA POLÍCIA MILITAR DE SÃO PAULO. **Regulamentos de Segurança Contra Incêndio e Instruções Técnicas**. Decreto Estadual nº 46.076/2001. São Paulo, 2001.

COSCIP - Código de Segurança Contra Incêndio e Pânico do Estado do Rio de Janeiro, editado pelo Decreto 897 de 21 de setembro de 1976.

DUARTE, Dayse; LEITE, Maria do Socorro; PONTES, Rosemeri. **Gerenciamento dos riscos de incêndios**, artigo do Programa de Pós-Graduação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2006.

FERREIRA, Isabel C. Guimarães. **O plano de emergência: sua importância**. Monografia em Gestão de Empresas, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2007.

FICHER, et al, **Evacuation Behaviour: Why do some evacuate, while others do not? A case of the Ephrata, Pennsylvania (USA) evacuation**. Disaster Prevention and Management Journal, vol.4, No 4 (1995), pp. 30-36.

FITZGERALD, R. **The anatomy of building fire safety**. Center for Fire Safety Studies, Worcester Polytechnic, 2001. Vol. 2 the framework.

GOUVEIA & ETRUSCO, **Tempo de escape em edificações: os desafios do modelamento de incêndio no Brasil**, Rev. Esc. Minas vol.55 No.4, p. 257-261, Ouro Preto , 2002.

HADJISOPHOCLEOUS, G. V.; BENICHOU, N. **Development of performance-based codes, performance criteria and fire safety engineering methods**. *International Journal on Engineering Performance-Based Fire Codes*, 2000, 2.4: 127-142.

HASSANAIN, Mohammad A. **On the Safe Evacuation of Occupants in Multiplex Facilities**. Structural Survey Journal, vol. 26, No 4 (2008), pp. 336-342.

IT -20, Instrução Técnica N° 20, **Sinalização de Emergência**, Corpo de Bombeiros, São Paulo, 2011.

MAIA, Myrian Leal. **Segurança ao fogo em edifícios de universidades: um estudo** Monografia em Gestão de Empresas, Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2007.

MORAES, Poliana Dias. **Projeto de edificações visando à segurança contra incêndio.** Anais do 10º Encontro Brasileiro em Madeiras e estruturas de madeira – EBRAMEM, São Pedro – SP, 2006.

MORGADO, C., **Apostila de Gerenciamento de Riscos**, Gestore, UFRJ, 2010.

MUNIZ, Rosane Mara Detommazo. **Análise das Condições de Segurança e Saúde do Trabalho do Laboratório do Centro de Pesquisas e Caracterização de Petróleo e Combustíveis (Coppecomb) do Programa de Engenharia Química da COPPE/UFRJ.** Monografia do Curso de Pós Graduação em Engenharia de Segurança – Gestore, UFRJ, Rio de Janeiro, 2010.

NELSON, H. E., and MOWRER, F. W. "**Emergency Movement.**" The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering Ed. DiNenno, P., and Walton, D. W. National Fire Protection Association 2002. 3-367 - 3-380.

NERILSON, M. cel, **Manual de Prevenção e Combate à Incêndio e Pânico do Edifício Metropolitan Center**, Rio de Janeiro, 2006.

NFPA 101, **Live Safety Code National Fire Protection Associatin.** Atlanta, 2003.

NR-08 – **Edificações** - Normas Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego, 2008.

NR-23 – **Proteção Contra Incêndio**, Normas Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego, 2008.

NR-24 – **Condições Sanitárias e de Conforto nos Locais de Trabalho** - Normas Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego, 2008.

NR-26 – **Sinalização de Segurança**, Normas Regulamentadora do Ministério do Trabalho e Emprego, 2008.

REGO, A., Flávio. **Implantação de um Plano de Emergência em uma Instituição de Ensino Pública: uma abordagem centrada nos usuários e nos fatores que afetam as ações de abandono.** Dissertação de Mestrado – UFRJ, Rio de Janeiro, 2011.

OMINI, Eliza; ONO, Rosário. **Comparação de Métodos de Dimensionamento de Rotas de Fuga em Edifícios de Grande Altura.** FAU, São Paulo, 2011.

ONO, R. & TOMINA, J. C. **Saídas de emergência.** Revista CIPA. 1996.Vol. 200.

ONO, Rosária. **Segurança contra incêndio em edificações: um sistema de coleta e análise de dados para avaliação de desempenho.** Diss. de doutorado da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 1997.

OSHAS 3088- **Occupational Safety and Health Administration** - Management System Certificate , 2001 (Revised).

PATHFINDER , **Users Guide for**. Thunderhead Engineering, 2012.

PROULX, G. **Occupant behaviour and evacuation** – Proceedings of the Nine International Fire Protection Seminar. Munich, 2001.

REVISTA INCÊNDIO, nº 68, outubro 2010.

REVISTA TECNOMETAL, No 141, 2002

SANTOS & AGUIRRE, **A Critical Review Of Emergency Evacuation Simulation Models**, Disaster Research Center, Preliminary Paper;339, 2004.

SFPE – **Handbook of Fire Protection Engineering**. 2002.

SILVA, José Manuel Peixoto. **Análise de Fatores Condicionantes da Evacuação de Trabalhadores numa Unidade Industrial**. Dissertação de Mestrado – FEUP, Universidade do Porto, 2007.

TAVARES, R. M. & PROCORO, A. **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.

TAVARES, Rodrigo Machado. **An analysis of the fire safety codes in Brazil: Is the performance-based approach the best practice?** OPTSEG – Research department, London, in Fire Safety Journal 44(2009) 749-755.

VALENTIN, Marcos Vargas. **Saídas de emergência em edifícios escolares**. Dissertação de Mestrado – FAUUSP, São Paulo, 2008.