



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



# **REALIDADE VIRTUAL APLICADA À SEGURANÇA OPERACIONAL EM AMBIENTE INDUSTRIAL: REPRESENTAÇÃO, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO**

Aluna:

**CARLOTA JOAQUINA E SILVA**

Orientador:

**Prof. Dr. ANTONIO GILSON BARBOSA DE LIMA**

Campina Grande, Fevereiro de 2023.  
PB – Brasil



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS



TESE DE DOUTORADO

# **REALIDADE VIRTUAL APLICADA À SEGURANÇA OPERACIONAL EM AMBIENTE INDUSTRIAL: REPRESENTAÇÃO, SIMULAÇÃO E OTIMIZAÇÃO**

Aluna: **Carlota Joaquina e Silva**

Orientador: **Prof. Dr. Antonio Gilson Barbosa de Lima**

Curso: **Engenharia de Processos**

Área de Concentração: **Desenvolvimento de Processos**

Tese de doutoramento apresentada ao Programa de Pós-Graduação Engenharia de Processos, como requisito para a obtenção do título de Doutor em Engenharia de Processos.

Campina Grande, Fevereiro de 2023.  
PB – Brasil

S586r Silva, Carlota Joaquina e.  
Realidade virtual aplicada à segurança operacional em ambiente industrial: representação, simulação e otimização / Carlota Joaquina e Silva. – Campina Grande, 2023.  
157 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2023.  
"Orientação: Prof. Dr. Antonio Gilson Barbosa de Lima".  
Referências.

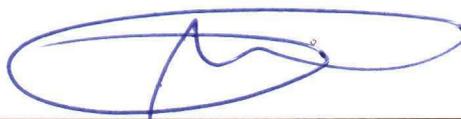
1. Realidade Virtual. 2. Desenvolvimento de Processos. 3. Situações de Emergência. 4. Sinaléticas de Emergência. 5. Influência Social.  
I. Lima, Antonio Gilson Barbosa de. II. Título.

CDU 004.946(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA SEVERINA SUELI DA SILVA OLIVEIRA CRB-15/225

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA TESE DE DOUTORADO DE  
**CARLOTA JOAQUINA E SILVA** APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PROCESSOS DO CENTRO DE  
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA  
GRANDE

Tese de doutorado **aprovada** em 28 de fevereiro de 2023.



---

**Prof. Dr. Antonio Gilson Barbosa de Lima**  
Orientador – UAEM/CCT/UFCG



---

**Prof. Dr. José Vieira da Silva**  
Examinador Externo – UFCG



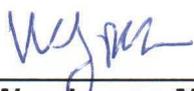
---

**Prof. Dr. Iran Rodrigues de Oliveira**  
Examinador Externo – UFCG



---

**Prof. Dr. Vital Araújo Barbosa de Oliveira**  
Examinador Externo – UEPB



---

**Prof. Dr. Wanderson Magno Paiva Barbosa de Lima**  
Examinador Externo – Alpargatas S.A.

Campina Grande – PB, fevereiro de 2023

## DEDICATÓRIA

Dedico esta tese de doutoramento, primeiramente a Deus por estar sempre comigo em todos os momentos da minha vida, dando-me força e persistência a continuar apesar das diversidades.

E ao meu esposo, Luís Teixeira que incessantemente deu-me suporte pessoal e técnico para o bom andamento e progresso do trabalho.

Ao meu pai biológico Joaquim Neto, que por onde lá esteja me proteje e guia na vida. E ao meu pai de coração Gerson Miranda, que sempre me deu o amor e carinho.

A minha mãe Leonila Rodrigues, irmãos, familiares, e amigos que de muitas formas me incentivaram e ajudaram para que fosse possível a concretização desde trabalho.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Dr. Antônio Gilson Barbosa de Lima, pela orientação e o apoio para realização deste trabalho. E também ao professor Dr. Joaquim Armando Pires Jorge que além disso, disponibilizou os equipamentos e do espaço utilizados para realização dos experimentos.

Ao professor Dr. João Aranda Brandão (ULisboa/FA) pelas contribuições sobre design de comunicação e tipografias ideais para serem aplicadas nos ambientes virtuais prestadas a este trabalho.

Ao Ms. Wanderson Magno Lima pelas orientações técnicas na construção e desenvolvimento do modelo 3D do ambiente virtual do estudo experimental B.

Aos Drs. André Martins, Pedro Júdice e Iran Oliveira pela ajuda com a utilização do software SPSS e na linguagem de programação em R para a plotagem dos dados recolhidos no Experimento A.

Ao meu esposo Dr. Luís Teixeira pelo seu contributo ao trabalho realizado, na realização dos *scripts* aplicados aos ambientes virtuais e no setup dos equipamentos para preparação das recolhas de dados. Além de todo apoio oferecido durante todo o projeto tanto de forma técnica como pessoal.

A Unidade acadêmica de Pós-graduação em Engenharia de Engenharia de Processos/UFCG pelo apoio oferecido pelos docentes e colegas de doutoramento que contribuíram para avanço e melhoramento do projeto.

A Universidade de Lisboa, ao Instituto Superior Técnico e ao Laboratório João Lourenço Fernandes pela disponibilidade da utilização do espaço e equipamento.

Aos órgãos de fomento CAPES e CNPQ, pelos recursos disponibilizados.

A todos que contribuíram de alguma forma para realização deste trabalho.

*Diferenciar simulações tradicionais feitas por computador de simulações envolvendo múltiplos usuários em um ambiente compartilhado.*

*Jaron Lanier, 1980.*

## RESUMO

SILVA, Carlota Joaquina. Realidade virtual aplicada à segurança operacional em ambiente industrial: Representação, simulação e otimização. Campina Grande: Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Universidade Federal de Campina Grande, 2023. Tese (Doutorado).

Por razões éticas e de segurança, estudar o comportamento de pessoas em situações de emergência seria inviável utilizando a mesma metodologia tradicional de estudo de campo. A Realidade Virtual (RV) é uma ferramenta que permite avaliar esse tipo de situações de forma eficiente sem pôr o participante em perigo e coletar dados com maior veracidade, já que o mesmo reage de forma realista. Trabalhos na literatura têm avaliado a adequação desta ferramenta para treinamento de segurança em grandes espaços públicos e a reação das pessoas em relação a situações de emergência para verificar o cumprimento ou não das sinaléticas de segurança. Poucos são os trabalhos existentes que abordam estas questões em instalações industriais e em contexto de situações de emergência com perigo para a vida e integridade física dos trabalhadores. Este trabalho irá explorar a RV como ferramenta que contribuirá substancialmente na análise do comportamento humano em circunstâncias críticas e na obtenção de dados mais realistas no contexto em estudo. O objetivo principal é desenvolver uma metodologia para estudar a eficácia dos sistemas de segurança para evacuação de instalações industriais face à influência social em situações de emergência, utilizando a RV. A metodologia foi desenvolvida sob a forma de estudos dirigidos e de protótipos utilizando a RV, dividida em duas etapas, sendo o Experimento A que avaliou a viabilidade da RV como ferramenta de estudo e averiguar qual a quantidade mínima de agentes virtuais que poderiam influenciar os participantes em situações de emergência. Os resultados do Experimento A indicaram que quanto maior o número de outras pessoas, maior é a influência social na tomada de decisão. Assim, perante os resultados obtidos neste estudo, foi proposta uma nova metodologia, denominada Experimento B que avaliou a influência social em relação ao efeito das multidões em situações de emergência. Em simultâneo, também é proposto como as interfaces de interação com RV que podem melhorar o nível de presença no contexto em estudos com RV.

Palavras-chave: Realidade virtual; Situações de emergência, Sinaléticas de emergência; Influência social.

## ABSTRACT

SILVA, Carlota Joaquina. Virtual Reality Applied to operational safety in an industrial environment: Representation, simulation and optimization. Campina Grande: Post-Graduation in Process Engineering, Federal University of Campina Grande, 2023. Thesis (Doctorate).

For ethical and safety reasons, studying the behaviour of people in emergency situations would be unfeasible using the same traditional field study methodology. Virtual Reality (VR) is a tool that makes it possible to assess these types of situations efficiently without putting the participant in danger and to collect data with greater accuracy, as the participant reacts realistically. Works in the literature have evaluated the adequacy of this tool for safety training in large public spaces and people's reaction in relation to emergency situations to verify compliance or not with safety signs. There are few works that address these issues in industrial installations and in the context of emergency situations with danger to the life and physical integrity of workers. This work will explore VR as a tool that will substantially contribute to the analysis of human behaviour in critical circumstances and to obtain more realistic data in the context under study. The main objective is to develop a methodology to study the effectiveness of safety systems for the evacuation of industrial installations in the face of social influence in emergency situations, using VR. The methodology was developed in the form of directed studies and prototypes using VR, divided into two stages, with Experiment A evaluating the feasibility of VR as a study tool and ascertaining the minimum number of virtual agents that could influence participants in emergency situations. The results of Experiment A indicated that the greater the number of virtual agents, the greater the social influence on the decision-making of the participant. Thus, given the results obtained in this study, a new methodology was proposed, called Experiment B, which evaluated the social influence in relation to the effect of crowds in emergency situations. Simultaneously, it is also proposed how VR interaction interfaces can improve the level of presence in the context in VR studies.

Keyword: Virtual reality; Emergency situations; Warning signs; Social influence.

# SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>Introdução</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	<b>5</b>
<b>Revisão da Literatura</b>	<b>5</b>
2.1 Realidade Virtual	5
2.1.1. Vantagens e desvantagens da Realidade Virtual	8
2.1.2. Aplicações da Realidade Virtual	9
2.1.3. Ambiente Virtual	11
2.2 Contextualização do ambiente virtual	16
2.2.1. Situações de emergência	18
2.3 Segurança Operacional	24
2.3.1. Sinaléticas de emergência	25
2.4 Influência social em evacuações	32
<b>CAPÍTULO III</b>	<b>35</b>
<b>Metodologia</b>	<b>35</b>
3.1 Experimento A: Influência Social (Quantidade vs Velocidade)	36
3.1.1. Equipamentos	38
3.1.2. Design experimental	39
3.1.3. Condições Experimentais	55
3.1.4. Variáveis de análise	57
3.1.5. Amostra	57
3.1.6. Procedimentos experimentais	58
3.1.7. Procedimentos estatísticos	61
3.2 Experimento B: Influência Social das multidões	62
<b>CAPÍTULO IV</b>	<b>64</b>
<b>Resultados e Discussão</b>	<b>64</b>
4.1 Análise do experimento A	64
4.2 Experimento B: Metodologia proposta para análise de multidões	90

4.2.1. Equipamentos	91
4.2.2. Ambiente virtual	94
4.2.3. Condições experimentais	105
4.2.4. Variáveis de análise	106
4.2.5. Amostra	107
4.2.6. Procedimentos experimentais	107
<b>CAPÍTULO V</b>	<b>110</b>
<b>Conclusões e Sugestões para trabalhos futuros</b>	<b>110</b>
5.1 Conclusões	110
5.2 Sugestões para trabalhos futuros	113
<b>Referências Bibliográficas</b>	<b>115</b>
<b>Apêndice</b>	<b>126</b>

## LISTA DE FIGURAS

<i>Figura 1: Triângulo de RV: Imersão, Interação e Imaginação. Fonte: Adaptada de Burdea.</i>	6
<i>Figura 2: a) Totalmente Imersivo; b) Semi Imersivo; c) Não Imersivo. Fonte: Zona Digital/Toms Guide, CAVE &amp; HIVE Spaces e Excel@PolyU.</i>	7
<i>Figura 3: Teoria de Simulação NLN Jeffries. Fonte: The National League for Nursing.</i>	12
<i>Figura 4: Modelo C-HIP. Fonte: Wogalter, Dejoy, Laughery (1999).</i>	26
<i>Figura 5: Sinais estáticos. Fonte: Sinalux.</i>	29
<i>Figura 6: Sinal dinâmico. Fonte: Evaclite.</i>	30
<i>Figura 7: Dimensionamento dos corredores do estudo experimental A.</i>	37
<i>Figura 8:(a) Oculus Rift DK2 e seus utensílios; (b) Controle Sem Fio Xbox; (c) Fones de Ouvido Sony com fio, modelo MDR - ZX310AP. Fonte: High End Hardware, Xbox e Store Sony.</i>	38
<i>Figura 9: Agentes Virtuais criados para estudo experimental A.</i>	40
<i>Figura 10: Vista superior do piso 1 do ambiente virtual do estudo experimental A.</i>	41
<i>Figura 11: Posicionamento do Trigger da Porta da Recepção, local onde inicia-se a simulação do estudo experimental A.</i>	42
<i>Figura 12: As linhas em verde delimitam o trigger responsável por fechar a porta do estudo experimental A.</i>	43
<i>Figura 13: O retângulo da esquerda e o da direita são os triggers que acionam o abrir das portas do corredor do estudo experimental A.</i>	43
<i>Figura 14: Aviso informacional da recepção do ambiente virtual do estudo experimental A.</i>	44
<i>Figura 15: Pictogramas aplicados nas placas de informações direcionais do estudo experimental A. Fonte: Autoria própria.</i>	46
<i>Figura 16: Placas locacionais das salas do Piso 1 e 2 do estudo experimental A. Fonte: Autoria própria.</i>	46
<i>Figura 17: Aplicação das placas locacionais em cima das portas dos quartos. Neste caso, no Piso 1 do estudo experimental A. Fonte: Autoria Própria.</i>	47
<i>Figura 18: Aplicação das placas locacionais em cima das portas dos quartos. Neste caso, no Piso 1 do estudo experimental A.</i>	47
<i>Figura 19: Salas do Piso 1 do experimento A. a) Sala de espera, b) Salão Porto, c) Hall de entrada do restaurante, d) Salão de jogos e e) Hall de entrada do SPA.</i>	48
<i>Figura 20: Sala dos elevadores do experimento A. a) Sala dos elevadores do Piso 1 e b) Sala dos elevadores do Piso 2.</i>	48

<i>Figura 21: Vista superior do piso 2 do Ambiente Virtual do experimento do estudo experimental A.</i>	49
<i>Figura 22: Salas do Piso 2 do Experimento A. a) Sala de leitura, b) Cafeteria, c) Sala de espera, d) Salão Faro, e) Salão Lisboa e f) Salão Évora.</i>	50
<i>Figura 23: Agentes Virtuais a andar no Piso 1 na situação cotidiana do experimento A, a) Vista do participante no início do corredor e b) Vista do participante no meio do corredor.</i>	51
<i>Figura 24: Agentes Virtuais a correr no Piso 2 na situação de emergência do experimento A, a) Vista do participante no início do corredor e b) Vista do participante no meio do corredor.</i>	51
<i>Figura 25: Focos de incêndio do piso 2 na situação de emergência do estudo experimento A.</i>	52
<i>Figura 26: Sala de treino (Restaurante do hotel) do ambiente virtual do estudo do experimento A.</i>	54
<i>Figura 27: Vista de topo do AV do experimento B.</i>	63
<i>Figura 28: Boxplot da Distância percorrida por piso (1 e 2) no experimento A.</i>	75
<i>Figura 29: Distância percorrida por piso no experimento A.</i>	76
<i>Figura 30: Boxplot da Velocidade Média por piso (1 e 2) no experimento A.</i>	76
<i>Figura 31: Velocidade média por corredor e piso no experimento A.</i>	77
<i>Figura 32: Boxplot do Tempo médio de decisão em função do número de agentes virtuais presentes em cada corredor no experimento A.</i>	78
<i>Figura 33: Diagrama que demonstra como a contagem do tempo foi realizada pelo o participante para tomada de decisão no experimento A.</i>	78
<i>Figura 34: Tempo médio de decisão, por corredor e piso no experimento B.</i>	79
<i>Figura 35: Distância percorrida versus corredores no Piso 1.</i>	80
<i>Figura 36: Distância percorrida versus corredores no piso 2.</i>	83
<i>Figura 37: Velocidade média versus corredores no piso 1.</i>	84
<i>Figura 38: Velocidade média versus corredores no piso 2.</i>	86
<i>Figura 39: Boxplot do comparativo dos agentes virtuais a Andar e a Correr em relação à Distância percorrida no Piso 1.</i>	87
<i>Figura 40: Comparação entre andar e correr no quesito de distância versus corredores (1 a 22) no piso 1.</i>	87
<i>Figura 41: Boxplot do comparativo dos agentes virtuais a Andar e a Correr em relação à Distância percorrida no Piso 2.</i>	88
<i>Figura 42: Comparativo entre andar e correr no quesito de distância versus corredores (23 a 44) no piso 2</i>	89
<i>Figura 43: Tempo versus corredores (andar e correr - piso 1 e 2).</i>	89
<i>Figura 44: Tempo médio de decisão em função do número de agentes virtuais presentes em cada corredor no experimento A.</i>	90

<i>Figura 45: VAQSO VR, a) local destinado para pôr essência do cheiro, b) cápsula de cheiro fechado e c) local onde são colocadas as cápsulas. Fonte: Manual Vaqso VR.</i>	91
<i>Figura 46: Disposição dos cheiros no Vaqso VR: a) cheiro do fogo, b) Dispersador de cheiros e c) cheiro ambiente.</i>	92
<i>Figura 47: Dispositivos para simulação experimento B, a) Oculus Rift e VaqsoVR, b) Aquecedor electronia JNSB-120y4 1200W e c) KAT VR Walk Mini. Fonte: Oculus Rift/Vaqso VR, Radio Popular e KATVR.</i>	92
<i>Figura 48: Layout dos equipamentos do Experimento B</i>	93
<i>Figura 49: Agentes virtuais do estudo experimental B.</i>	94
<i>Figura 50: Rotas de evacuação do ExperimentoB; a) Grupo A com rota segura e b) Grupo B com rota oposta ao caminho seguro e com maior número de agentes virtuais.</i>	95
<i>Figura 51: Área em azul é caminho por onde os agentes autônomos podem se movimentar, a) Zona do piso 1 e b) Zona do piso 2.</i>	96
<i>Figura 52: Posto de trabalho do participante, local onde está o trigger que faz iniciar a situação de emergência no experimento B.</i>	97
<i>Figura 53: Situação de emergência no experimento B.</i>	97
<i>Figura 54: Agentes virtuais evacuando o ambiente virtual do experimento B.</i>	98
<i>Figura 55: Vista de topo com a movimentação dos agentes virtuais, e os triggers do fogo e fumaça ativos no experimento B.</i>	98
<i>Figura 56: Sirene, local onde é emitido o alarme sonoro de emergência no experimento B.</i>	99
<i>Figura 57: Faíscas e luzes a piscar na situação de emergência no experimento B.</i>	100
<i>Figura 58: Sequência para animações dos sinais de emergência do Experimento B. Fonte:Evaclite.</i>	100
<i>Figura 59: Sinal de emergência indicando o caminho correto de evacuação no experimento B.</i>	101
<i>Figura 60: Sinal de emergência indicando o caminho que não se deve seguir durante a evacuação no experimento B.</i>	101
<i>Figura 61: Planta de emergência do experimento B.</i>	101
<i>Figura 62: Telefone para emergências da zona 1 do experimento B.</i>	102
<i>Figura 63: Sinaléticas e equipamentos de emergência, a) mangueira e extintor de emergência, b) botão para acionar sirene e placa de proibição de fumo.</i>	102
<i>Figura 64: Fim do experimento B, saída correta no ponto de encontro.</i>	102
<i>Figura 65: Ambiente de treino do Experimento B: a) Vista do partipante onde se inicia a simulação, c) obstáculos e escada de acesso, c) caminho com subidas e descidas, d) local onde termina.</i>	105

## LISTA DE TABELAS

<i>Tabela 1: Descrição locais do Piso1 no experimento A.</i>	55
<i>Tabela 2: Descrição locais do Piso2 no experimento A.</i>	56
<i>Tabela 3: Resultados obtidos da aplicação das ANOVAs de sentido único, por corredor, às respostas do questionário referente ao experimento A.</i>	67
<i>Tabela 4: Número de ocorrências de diferenças significativas e quantidade do sentido dessa significância do experimento A.</i>	69
<i>Tabela 5: Número de ocorrências de diferenças significativas e quantidade de corredores onde os agentes virtuais estavam a correr ou a andar no experimento A.</i>	72
<i>Tabela 6: Número de ocorrências de diferenças significativas e quantidade de corredores com determinado número de agentes virtuais no experimento A.</i>	73
<i>Tabela 7: Dados da distância (m) com relação aos corredores no Piso 1, onde agente virtual "1" andar e "2" correr.</i>	79
<i>Tabela 8: Dados de distância (m) com relação aos corredores no piso 2, onde agente virtual "1" andar e "2" correr.</i>	81
<i>Tabela 9: Dados de velocidade média (m/s) com relação aos corredores no Piso1, onde Agente virtual "1" andar e "2" correr.</i>	83
<i>Tabela 10: Dados de Velocidade média (m/s) com relação aos corredores no Piso 2.</i>	85
<i>Tabela 11: Comparação andar e correr no Piso 1.</i>	86
<i>Tabela 12: Comparação andar e correr no Piso 2.</i>	88

# NOMENCLATURA

## **Abreviações**

AIXR: *Academy of International Extended Reality*;

API: Application Programming Interface;

AV: Ambiente Virtual;

CAVE: Cave Automatic Virtual Environment;

EEG: Electroencephalography;

RA: Realidade Aumentada;

RV: Realidade Virtual;

FDS: Fire Dynamics Simulator;

FPS: Frames per seconds;

HMD: Head-Mounted Displays;

WalCT: Walking Corsi Test.

# **CAPÍTULO I**

## **Introdução**

A análise comportamental de indivíduos em situações de emergência torna-se pouco factível utilizando as metodologias tradicionais de estudo de campo, devido aos elevados custos para execução e as dificuldades associadas em replicar as mesmas condições experimentais. Além de que, ao mesmo tempo ao considerar os fatores humanos não seria ético e nem seguro pôr os participantes em perigo para a realização dos experimentos.

É difícil verificar a eficácia ou fracasso de sistemas de segurança para evacuação de instalações industriais e postos de trabalho sem colocar em risco a segurança das pessoas que as frequentam. Os simulacros de incêndio ou emergência neste sentido são úteis, porém de alcance limitado, pois não permitem simular reações e comportamentos das pessoas em ambientes perigosos.

Estes pontos tornam menos realista a simulação desse tipo de contexto de estudo, e compromete a coleta de dados para que sejam condizentes ao comportamento humano previsto em situação de emergência, principalmente para a avaliação da eficácia ou o fracasso de sistemas de segurança para evacuação de instalações in-

dustriais, porque é de extrema importância garantir a segurança das pessoas que o frequentam. No entanto, a Realidade Virtual (RV) é uma ferramenta que pode ser usada para simulação e avaliação de evacuações de segurança em ambientes fechados (Ren et al., 2006).

A RV permite criar Ambientes Virtuais (AVs) tridimensionais em que um utilizador pode navegar e interagir. No caso da navegação implica na capacidade de se deslocar e explorar os recursos de um ambiente em 3D, como por exemplo, o andar em um determinado local. Para a interação inclui a capacidade de selecionar e manipular objetos. Outro fator importante dentro da RV é a forma "clássica" de geração de gráficos em tempo real, ter uma visualização estereoscópica, usada para produzir a ilusão de 3D e um sistema de rastreamento para adquirir movimentos de cabeça, mão e em alguns casos do corpo completo.

Sendo assim, a RV tem como uma das suas finalidades simular a realidade, sendo os aspectos visuais os mais explorados. No entanto, a realidade não se limita ao que podemos ver, mas também envolvem os outros sentidos do corpo humano. Desta forma, o desenvolvimento de sistemas imersivos<sup>1</sup> (Tang, 2012) com RV requer o envolvimento de diferentes tipos de equipamento para abordar cada um dos sentidos humanos, tais como: HMDs, CAVEs, monitores (visão), sistema de som com colunas de som ou headphones (audição) ou luvas hápticas, sistema ultrasound e táteis (tato). Embora os sentidos olfato e paladar desempenhem papéis importantes em nossa vida diária, são os sentidos menos explorados em RV devido à complexidade da tecnologia requerida (Gutiérrez et al., 2008), onde ainda existem poucos equipamentos.

Trabalhos na literatura têm avaliado a adequação de ambientes virtuais<sup>2</sup> (Sherman & Craig, 2003) para treinamento de segurança em grandes espaços públicos (Mantovani et al., 2001) e a reação das pessoas em relação a situações de emergência para verificar o cumprimento ou não das sinaléticas<sup>3</sup> (Chris Calori, 2015) de segurança. Em ambos os casos se verificou o não cumprimento das normas de se-

---

<sup>1</sup> Sistema imersivo – Tecnologia que possibilita a criação de ambientes virtuais que estimulem os sentidos humanos, de modo que a interação entre o usuário e esse ambiente se aproximem das expectativas decorrentes no mundo real.

<sup>2</sup> Ambiente virtual – Oferece a oportunidade de interação humana-computacional por meios gráficos, sonoros e outros sistemas de *hardware* e *software* que proporcionam ações virtuais semelhantes ao mundo real.

<sup>3</sup> Sinalética – Corresponde ao conjunto de sinais/símbolos para comunicar uma mensagem para auxiliar o receptor na tomada de decisões com base nas informações fornecidas.

gurança, seja pela falta de atenção ou por não aparentar um perigo iminente de forma convincente. Poucos são os trabalhos existentes que abordam as sinaléticas de emergência e as questões que envolvem a influência social dentro do contexto (instalações industriais) em estudo.

Este trabalho irá explorar a RV como ferramenta que contribuirá substancialmente na análise comportamental e na obtenção de dados mais realistas sobre a problemática em circunstâncias críticas.

Diante do exposto, a motivação principal deste trabalho foi desenvolver uma metodologia para avaliar a eficácia dos sistemas de segurança operacional, e assim, identificar falhas no sistema de segurança atual (Normas de segurança vigentes – ISO, NBR), avaliando a eficácia da sinalética e dos layouts industriais para evacuação em situações de incêndio, e propor recomendações projetuais a fim de garantir uma maior segurança no contexto em estudo.

O objetivo geral é desenvolver uma metodologia para estudar a eficácia dos sistemas de segurança para evacuação em ambientes industriais face à influência social em situações de emergência, utilizando a RV.

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- Desenvolver uma metodologia em RV para avaliar a viabilidade da ferramenta como instrumento de análise comportamental.
- Avaliar a consonância comportamental dos sinais de emergência em relação à influência social durante situações de incêndio.
- Averiguar a quantidade mínima de agentes virtuais consoante a velocidade de deslocamento (andar ou correr) e ao número (1 a 5) para que haja influência social para a tomada de decisão.
- Propor uma nova metodologia para prever as ações comportamentais de multidões durante evacuações em situações críticas de incêndio em ambiente industrial.
- Avaliar a consonância comportamental dos sinais de emergência mediante a interferência da influência social em relação ao efeito das multidões em situações de emergência.
- Averiguar como as interfaces de interação podem melhorar o nível de presença no contexto em estudo.

A organização do trabalho está dividida em seis capítulos distintos, onde o capítulo atual introduz de maneira sucinta a problemática desta pesquisa, expondo os objetivos e as principais hipóteses do estudo. O capítulo 2 contém a revisão da literatura acerca da questão de investigação e uma perspectiva panorâmica sobre os trabalhos que têm sido desenvolvidos utilizando a RV dentro do contexto em estudo, segurança operacional e influência social em evacuações. No capítulo 3, será apresentada a metodologia e os métodos utilizados para alcançar os objetivos do trabalho. No capítulo 4, os resultados e discussões sobre dois experimentos. No capítulo 5, apresenta-se as conclusões da pesquisa, as suas limitações assim como direções para trabalhos futuros. E por fim, as referências do trabalho desenvolvido.

## **CAPÍTULO II**

### **Revisão da Literatura**

#### **2.1 Realidade Virtual**

A Realidade Virtual permite criar no usuário a ilusão de estar em um ambiente que pode ser percebido como um ambiente credível com interatividade suficiente para executar tarefas específicas de forma eficiente e confortável (Gutiérrez et al., 2008).

Neste sentido, o desenvolvimento de novas tecnologias nas áreas da computação, visualização e modelagem permitem que a Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção utilizem novas técnicas que mesclam situações da vida real com informações visuais geradas pelo computador para combinar espaços reais e virtuais. Sendo assim, a origem da RV está intrinsecamente ligada à indústria e a esse desenvolvimento tecnológico que está em constante mudança e aprimoramento (Aliyu et al., 2009).

Primeiros sistemas de RV criados foi na década de 1960 por Sutherland, que forneceu a oportunidade de interagir e familiarizar-nos com conceitos não realizáveis

no mundo físico, a partir de um monitor conectado a um computador para um mundo digital (Sutherland, 1965).

Segundo Gonzalez-Franco & Lanier (2017), experiências realizadas com o modelo neurocientífico explica os mecanismos perceptivos e cognitivos subjacentes que permitem ilusões em RV. Indicam que estas ilusões ocorrem quando os dispositivos de mídia estimulam o processamento neural multissensorial de baixo para cima, autoconsciência sensoriomotora e as previsões de manipulações cognitivas, permitem que elas se reconciliem de tal maneira que as imperfeições semânticas sejam excepcionais. O modelo sugere como os aspectos manipulativos da ilusão da RV podem ser seletivamente enfraquecidas, e ajuda na identificação de estratégias para redução das soluções que não funcionam.

Vale ressaltar, que a interação com ambiente virtual seja plena e os participantes possam se sentir “dentro” do sistema criado em RV, a literatura existente defende que uma experiência com RV só será válida quando existirem estímulos relacionando à interação, imaginação e imersão, conforme representa a Figura 1 que retrata as características inerentes a qualquer sistema de RV (Burdea and Coiffet, 2003).



Figura 1: Triângulo de RV: Imersão, Interação e Imagem.  
Fonte: Adaptada de Burdea.

No caso da imersão como mencionada anteriormente, o sistema relaciona a configuração física da interface do usuário com a aplicação da RV. Esses sistemas podem ser classificados em três categorias conforme o nível de engajamento de quem o utiliza e os equipamentos associados, tais como: totalmente imersivos (aqueles que usam o HMD), semi-imersivos (grandes telas de projeção) ou não imersivos (apenas visualização), conforme ilustra na Figura 2. O nível de imersão depende do quanto os usuários conseguem se abstrair do mundo real e conseguem experienciar (ver, ouvir, tocar) apenas o mundo virtual durante a simulação. Quanto menos eles tiverem interferência ou estiverem mais habituados com o equipamento melhor será

a sua imersão no mundo virtual, conseqüentemente mais realista e natural será experiência de utilização.

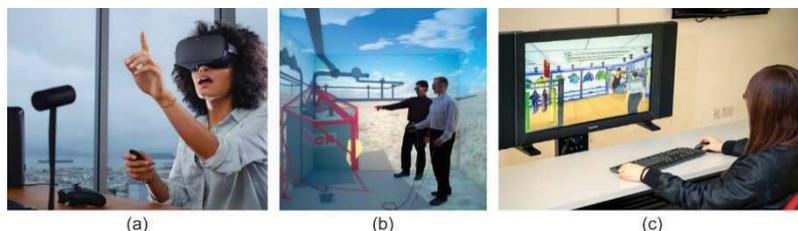


Figura 2: a) Totalmente Imersivo; b) Semi Imersivo; c) Não Imersivo. Fonte: Zona Digital/Toms Guide, CAVE & HIVE Spaces e Excel@PolyU.

A imaginação por sua vez fornece o contexto e embasamento necessário para tornar o ambiente virtual credível ao usuário, contribuindo como fonte que alimenta todo o processo de RV, pois é por meio dela que o utilizador pode imergir para dentro do mundo virtual criado.

E por fim, a interação são os meios pelos quais o usuário pode controlar e movimentar-se dentro do ambiente virtual. Quanto mais eficiente é o nível de interação do usuário, de modo que não perceba as interferências do mundo real, e possa manipular o mundo virtual o mais próximo de como o faria habitualmente, melhor será o seu nível de imersão dentro do ambiente virtual.

A representação virtual de pessoas em interações com o ambiente virtual pode ser categorizada como avatares ou agentes virtuais, estes termos se distinguem pelo elemento de controle, onde os avatares (utilizador/participante) são controlados dentro do ambiente virtual pelo homem, enquanto os agentes virtuais são controlados por algoritmos computacionais pré definidos. De modo que, a interação com um avatar é caracterizada pela comunicação mediada pelo computador, enquanto a interação com um agente virtual se qualifica como interação humano-computador (Fox et al., 2015).

O ambiente virtual (AV) é percebido como algo plausível, onde ações, com movimento e percepção podem ser corretamente direcionados para a complexidade do ambiente e ter a vantagem potencial de integrar todas as informações sensoriais. Os níveis de conformidade são alcançados com as tecnologias multissensoriais e pode representar uma ferramenta eficiente para os diversos setores e áreas de estudo, tais como: Indústria e manutenção industrial, serviços públicos, varejo, gestão empresarial, aprendizagem e formação, medicina, dentre outros.

Em sistemas de RV a relação recíproca entre estes três fatores determinam êxito ou fracasso no seu desenvolvimento, e interfere noutro aspeto importante da RV, que é a presença. Sendo esta uma componente subjetiva associada à percepção que os usuários têm em relação ao AV. A Presença é um estado de consciência, a sensação de estar “dentro” do ambiente virtual, reagindo a situações e contextos virtuais como se fossem reais. De fato, a presença pode ser alcançada em um AV que não se assemelhe a nenhum ambiente da vida real, por exemplo, mundos de fantasia em jogos de vídeo são aceites pelos usuários como se eles existissem na realidade e os usuários se comportam de acordo.

Especificamente na engenharia, trabalhos descrevem aplicações interessantes, sobre o uso de técnicas relacionadas à visualização e treinamento com à RV. A exemplo, o Sistema de realidade virtual, que tem como objetivo treinar pessoas na operação manual de equipamentos de subestações elétricas. Além disto, RV também pode ser usada com o objetivo de reduzir custos de projeto, construção e manutenção de instalações tais como: Usinas de força, subestações e linhas de transmissão (Geus & Dometerco, 2004).

Estudar o comportamento de pessoas em situações de emergência, ou verificar a eficácia ou fracasso de um sistema de informação e comunicação, é impraticável utilizando as metodologias tradicionais de estudo de campo por questões éticas e de segurança. Neste contexto, a RV apresenta-se como uma ferramenta eficiente para o estudo desta problemática, como retratado na literatura em situações semelhantes em diferentes áreas de estudo (Argelaguet et al., 2011; Calore, 2013; Cobb et al., 1995; Kwon et al., 2013; Pan et al., 2006; Villani et al., 2012).

### **2.1.1. Vantagens e desvantagens da Realidade Virtual**

A RV permite a criação de diversos contextos de estudo e de controle de variáveis (a exemplo, o tipo de aviso, nível de ruído, iluminação, carga de trabalho mental, equipamentos a utilizar, a ocorrência de acidentes, avarias, dentre outros), permitindo interagir com ambientes perigosos e situações de emergência. Os participantes, quando imersos no contexto criado, podem demonstrar os seus comportamentos e decisões em situações de emergência, sem estarem de fato em perigo, o que seria impraticável ser reproduzido no mundo real. Além disso,

possibilita replicar estudos de forma sistemática e económica. Sendo assim, a RV possui as seguintes vantagens:

- Criação de diversos contextos de estudo e de controle de variáveis;
- Possibilita replicar estudos de forma sistemática e económica;
- Permite a interação com ambientes perigosos e/ou situações de emergência mantendo os participantes em segurança;
- Rigor e eficácia nos tipos de dados recolhidos de forma que dificilmente seria possível em contextos reais;
- Treinamento personalizado.

A visualização em RV dificilmente consegue reproduzir a realidade de forma fidedigna de modo a enganar o cérebro, ao ponto de fazê-lo acreditar que uma projeção de computação gráfica é uma imagem do mundo real. Essas dificuldades existem por diversos motivos, seja por limitações tecnológicas ou mesmo, pela falta de entendimento dos fatores humanos relacionados aos estímulos sensoriais dos ambientes (Netto et al., 1998). De modo que, o sistema de RV possui algumas desvantagens em relação às metodologias tradicionais, tais como:

- Possibilidade de haver enjoos por parte dos participantes;
- Limitações de recursos tecnológicos (*software* e *hardware*) que possam garantir uma total imersão;
- Diferenças de representação do mundo real versus da projeção gráfica.

### **2.1.2. Aplicações da Realidade Virtual**

A RV pode ser aplicada em diversos setores da indústria e áreas de conhecimentos, desde o planejamento de fábricas, simulação da produção, auxílio na divulgação de produtos, treinamento de funcionários, validação de protótipos, dentre outros. O contexto em estudo, visa avaliar a eficácia dos sistemas de segurança operacional em instalações industriais em situações de emergência utilizando um sistema de RV.

A RV é definida como um ambiente digital gerado por computador que pode ser experimentado e interagido como se esse ambiente fosse real (Jerald, 2015). Na RV

é possível induzir ilusões nas quais os usuários podem interagir e comporta-se como se tivessem entrado em um “mundo paralelo” criado a partir do computador.

Ainda existe pouca evidência empírica sobre a eficiência e consequências da aplicação da RV como ferramenta na educação e treinamento. De acordo com Makransky et al., (2019) realizaram uma avaliação experimental que utilizou um painel cruzado no qual os participantes aprenderam duas tarefas com uma simulação científica por meio de um monitor de mesa (PC) ou usando head-mounted display (RV). As simulações continham texto na tela apenas ou com inclusão de uma narração. Resultados demonstram que nas duas versões de texto, os alunos relataram estar mais presentes na condição com RV; mas foi menor o nível de aprendizagem e demonstraram uma carga cognitiva significativamente maior conforme as medidas fornecidas pelo EEG. Portanto, apesar dos atributos motivadores da RV, o aprendizado pode sobrecarregar e distrair o aluno durante o processo.

Apesar do caráter subjetivo das simulações com RV esta ferramenta tem demonstrado grande valia e múltiplas aplicações na indústria. Em testes de manutenção e montagem tem sido apresentada como uma ferramenta para apoiar os aspectos estratégicos e operacionais das empresas para reduzir o tempo e os custos de desenvolvimento de produtos, mantendo a qualidade do produto para aplicativos que seriam muito caros para simular e avaliar no mundo real (Marzano et al., 2015; Winkes & Aurich, 2015).

Na indústria têm aumentado os investimentos para minimizar os riscos e melhorar a segurança dos seus trabalhadores para que estejam protegidos contra mortes e lesões. Uma tendência inovadora têm sido aplicar ferramentas sofisticadas como sistemas imersivos de RV e RA para criação de ambientes para simulação de situações complexas no contexto de trabalho, aquisição de conhecimento prévio e treinamento de riscos. Uma série de recursos técnicos e propostas poderiam ser implementados no contexto para melhoria da segurança são aprofundados, enquanto domínios de aplicação e tendências de pesquisa usando esta ferramenta ainda estão em expansão, seja no reconhecimento e identificação de riscos, treinamento e educação em segurança, instrução e inspeção de segurança e assim por diante (Li et al., 2018).

No entanto, a RV permite realizar uma série de análises relacionadas aos protótipos, tais como: dimensões dos dispositivos e possibilidades de ajuste à altura do

operador humano, e arranjo dos dispositivos de controle e sinalização de acordo com as regras do design ergonômico e normas técnicas virgentes. Para realizar essas análises, deve-se programar a interação completa entre o usuário e o local de trabalho, incluindo detecção de colisão, cinemática dos dispositivos e possibilidades de ativar suas diversas funções em relação a outros objetos do cenário virtual (Grajewski et al., 2013).

### **2.1.3. Ambiente Virtual**

A Realidade Virtual utiliza a simulação como modo do qual pode-se interagir com um modelo 3D/ambiente virtual (representação física de algum espaço real ou fictício) em tempo real. De modo que, o ambiente virtual é uma das componentes de um sistema de RV que demanda mais atenção no seu desenvolvimento, pois afeta diretamente o êxito do experimento e reflete na inserção dos demais elementos que poderão o compor ou não, conforme os objetivos e necessidades do projeto.

O ambiente virtual tem como objetivo apresentar ao usuário uma imagem em perspectiva que muda à medida em que se movimenta. Assim, a interação em tempo real com um modelo 3D é alcançada pela atualização e junção de imagens em perspectiva estática a cada *frames* por segundo, que por sua vez, pode ser através de diferentes tipos de pontos de perspectivas e modos de navegação (Jennifer Whyte, 2002). Deve ser criado de acordo com os objetivos e problemática que envolve o projeto, e em seguida a partir disto, definir os storyboards que auxiliaram na definição da narrativa e nos demais componentes para sua concepção.

O desenvolvimento de simulações com RV requer o envolvimento de uma equipe multidisciplinar para idealização e concretização do projeto, porém a sua comunicação efetiva é inibida pela escassez de métodos estruturados para o compartilhamento de informações e de ferramentas disponíveis para o desenvolvimento de *Storyboards* para RV (Farra et al., 2016). Com base na síntese e discussão sobre simulações, foram desenvolvidos processos e modelos para criação de *Storyboards* considerando a teoria de simulação NLN Jeffries (Jeffries et al., 2015), conforme ilustra a Figura 3. A estrutura estabelecida inclui os objetivos, o cenário, as ações, os desafios, redimensionamento e oportunidade de interrogar, permitindo criar simulações

virtuais que refletem em melhores práticas e no desenvolvimento de ambientes virtuais.

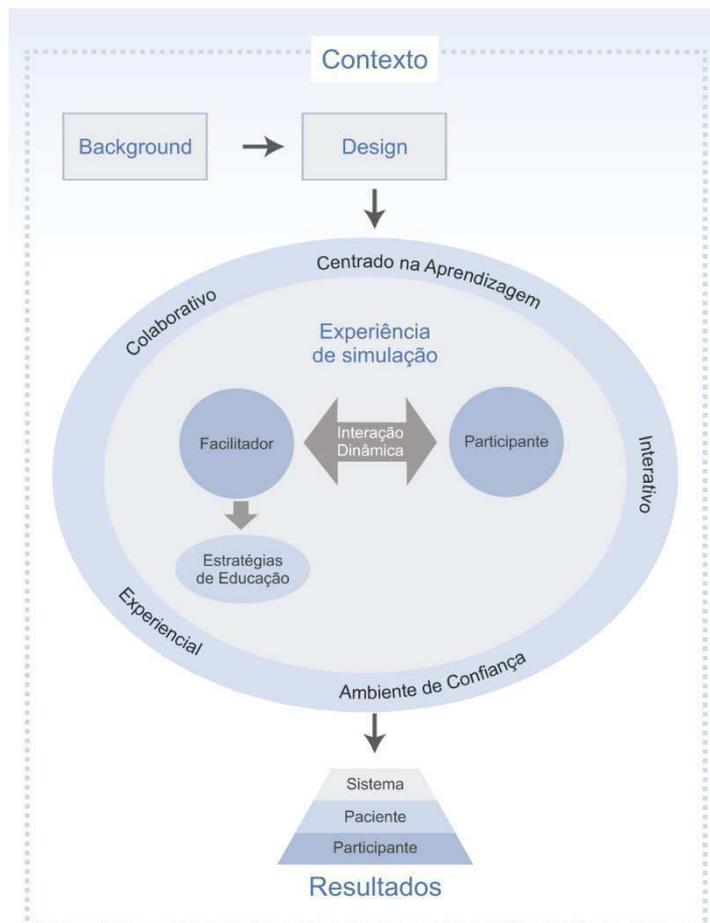


Figura 3: Teoria de Simulação NLN Jeffries.  
Fonte: The National League for Nursing.

A definição de todos aspectos relacionados com ambiente virtual, sejam eles desde da composição morfológica aos detalhes técnicos, inicia-se com o detalhamento dos fatores contextuais que devem ser adequados aos objetivos (gerais e específicos) e as necessidades do projeto a ser investigado. Desse modo, as circunstâncias e configurações definidas afetam todos os aspectos da simulação e são um importante ponto de partida para projetar ou avaliar a simulação. Por essa razão, o *background*<sup>4</sup> é essencial para compreender as diretrizes que englobam a problemática do contexto em estudo, que inclui os objetivos da simulação, expectativas específicas ou referências que influenciam o design da simulação.

Os parâmetros externos e os que antecedem à experiência de simulação com RV são elementos específicos que compõem o design da simulação. Apesar de haver

<sup>4</sup> Informações e características pertinentes ao contexto em estudo.

alguns que possam ser alterados durante a implementação da experiência, como existem outros que precisem ser considerados na preparação da simulação. Tal como, os elementos de fidelidade física e conceitual, incluindo decisões sobre equipamento, modelagem 3D, respostas predeterminadas para as intervenções dos participantes são estabelecidas como parte do design da simulação.

A experiência de simulação é caracterizada pela concretização do ambiente virtual que é experiencial, interativo, colaborativo, centrado na aprendizagem e requer que o ambiente estabeleça um elo de confiança. Em que, o participante realmente esteja engajado nas tarefas estabelecidas e que sejam factíveis dentro ambiente criado, de modo que, o faça sentir e vivenciar a simulação de forma plena, que por sua vez, possibilitar garantir alto nível de presença e imersão.

Durante o decorrer da experiência de simulação, ocorre uma interação dinâmica entre o facilitador (necessidades/ferramentas do utilizador para ajudar a interagir com o sistema de RV) e o participante. Numa fase de pré-testes, quando o ambiente ainda está sendo otimizado, os ajustes são primordiais para garantir a qualidade da experiência, pela busca por autenticidade e minimização da descrença.

Essas medidas promovem o engajamento e fidelidade psicológica na experiência de simulação, para que os participantes reajam aos experimentos com RV da maneira mais realista possível. Os resultados obtidos em simulações com RV podem ser classificados em três áreas: o participante (reação, aprendizado e comportamental), paciente (ou beneficiário de tratamentos) e por fim os provenientes do sistema.

Enquanto que, os ambientes virtuais oferecem paradigmas de avaliação que combinam o controle experimental de medidas coletadas durante o experimento com a narrativa que tem como propósito envolver emocionalmente os participantes. Para construção de cenários virtuais devem incluir estímulos dinâmicos apresentados de maneira simultânea ou sequencial, de modo que possa permitir a avaliação dos processos realizados e do observador ao longo do tempo. Por exemplo, permitindo que participante interaja e possa manipular objetos no ambiente virtual como seria factível de serem realizados no mundo real.

Nas avaliações neuropsicológicas baseadas na validação do ambiente virtual, é permitido uma avaliação em tempo real do processamento cognitivo e afetivo dos participantes de modo semelhante às habilidades funcionais plausíveis no mundo

real. Para o caso da neurociência afetiva, os ambientes virtuais também estão sendo usados para avaliar os processos de excitação afetiva, enquanto na neurociência social oferecem a capacidade de induzir um sentimento de presença nos participantes, à medida que experimentam narrativas emocionalmente envolventes para aprimorar a experiência afetiva e as interações sociais (Parsons, 2015).

Os avanços tecnológicos e a crescente expansão dos estudos com a utilização de ambientes virtuais para obter inferências sobre a navegação no mundo real, porém, pouca pesquisa foi feita sobre fatores que afetam as interações homem-computador nas tarefas de navegação. A grande maioria dos estudos que relacionam esses assuntos prezam sobre as diferenças individuais em ambientes virtuais, em especial a questão de gênero dos participantes. Resultados demonstram que os homens geralmente são mais rápidos e cometem menos erros que as mulheres ao executar uma tarefa que requer uma estratégia de pesquisa. E geralmente superam as mulheres em várias tarefas em capacidade espacial, como rotatividade mental e senso de direção (Castelli et al., 2008; Hegarty et al., 2006; Moffat et al., 1998; Tlauka et al., 2005).

Compreender se os estímulos acústicos e visuais de um ambiente virtual são suficientemente coerentes com os elementos correspondentes no contexto real é importante para se obter uma boa imersão e níveis de presença aceitáveis. Desse modo, pode-se obter dados condizentes com a realidade com ações genuínas. Após experimentos com ambientes reais e laboratoriais, foram feitas com dois grupos independentes de participantes com avaliações globais, coerência e familiaridade acústica e visual, acústica e visual no urbano, e nas atividades realizadas no ambiente foram comparadas. Os resultados demonstram que não há diferenças significativas entre a qualidade global percebida em ambos os ambientes. Em relação às avaliações subjetivas sobre os itens citados anteriormente mostrou-se ser fortemente semelhante nos dois grupos. O que sugere que acusticamente e visualmente que a reconstrução virtual imersiva permitiu que os participantes se sentissem como no mundo real (Maffei et al., 2016).

Por outro lado, foi realizado um estudo com apenas participantes do sexo feminino sobre navegação e aprendizagem de rotas em ambientes virtuais. Os resultados indicam que navegação em ambientes virtuais não depende apenas de estratégias, mas também de outros fatores como o perfil pessoal e o nível de experi-

ência com computadores. A compreensão prévia dessas diferenças é crucial para o desempenho em ambientes virtuais possa ser difundido para o desempenho de navegação no mundo real (Walkowiak et al., 2015).

Em RV, estamos psicologicamente em um local diferente daquele onde realmente nos encontramos fisicamente. O ambiente virtual pode ser a representação do local onde estamos no momento, podendo ser uma réplica efetiva do mundo real ou pode ser simplesmente um cenário fictício. Compreender o grau de presença em ambientes virtuais, permite mensurar o nível de engajamento dos participantes durante a simulação. Trabalhos realizados neste sentido, relacionam a questão da presença em relação ao ambiente virtual, e as formas como classificá-la, sendo mensurados de forma subjetiva com a aplicação de questionários (Usoh et al., 2000; Witmer & Singer, 1998) e/ou com auxílio de métodos mais objetivos, como a coleta de dados fisiológicos (como a frequência cardíaca e condutância térmica). Resultados revelam que as alterações na frequência cardíaca e na condutância térmica apresentam um alto nível de correlação com presença, o grau de realismo e imersão. Os parâmetros fisiológicos podem, portanto, ser úteis como método quantitativo eficaz para obter dados objetivos do nível de presença e uma medida para quantificar o nível de imersão em tempo real (Deniaud et al., 2015).

A presença é uma componente importante em ambientes virtuais, onde existem visões diferentes sobre a relação entre os tipos de presença, sendo estas classificadas em local, social e copresença. Os estudos que investigam esta questão indicam que houve uma relação significativa entre presença local, presença social e copresença. Embora a presença social afete mais a satisfação, a local e a copresença também afetam a satisfação dos utilizadores na interação com o mundo virtual. As tendências imersivas dos participantes estão relacionadas ao seu lugar e copresença, mas não à sua presença social. Os participantes tendem a ficar mais satisfeitos quando têm uma maior relação social, expressar sentimentos no ambiente em relação aos outros membros do grupo também. Portanto, é importante considerar as características referentes ao nível de realismo do ambiente virtual, bem como o seu design e as atividades para aumentar a presença e a satisfação dos participantes (Bulu, 2012).

A presença é por criar a sensação de estar em um lugar diferente de onde você realmente está, podendo se sentir fisicamente presente e aceitar a realidade disso

em um nível subconsciente. Sendo ponto indispensável para a criação de qualquer sistema de RV, obter altos níveis de presença permite com que ações realizadas pelos participantes sejam mais condizentes com comportamentos próximos da realidade e fidedignos para coleta de dados.

## **2.2 Contextualização do ambiente virtual**

No ambiente industrial é habitual a manipulação e/ou armazenamento de muitos materiais inflamáveis e utilização de maquinários em suas instalações, o que torna estes locais bastante suscetíveis a incêndios. O tempo de reação nesse tipo de situação é crucial para evitar maiores danos e impedir a propagação do fogo, onde quanto mais rápida for a reação das pessoas para evacuar a edificação, maior é probabilidade preservar a integridade física dos mesmos.

Os acidentes sejam estes provenientes de erro humano, falha técnica ou não, são aptos a acontecer em qualquer tipo de cenário e hora. Quando decorre em um ambiente interno de uso coletivo com alto grau de complexidade a nível da construção da edificação, como é o caso do ambiente industrial que detém um grande número de pessoas em um mesmo espaço as consequências podem ser desastrosas.

Compreende-se que o risco à vida é agravado nestas situações, devido à exposição severa, fumaça e ao calor dissipado. A principal causa de óbitos neste contexto, é a exposição à fumaça que ocorre nos primeiros momentos da tragédia. Assim, a segurança à vida depende prioritariamente da rápida desocupação do ambiente em chamas.

Para minimizar o potencial de riscos da fumaça em um incêndio, desenvolveu-se um simulador de incêndio com RV, onde considerou os vários aspectos do risco da fumaça para criar um ambiente realista e com cautela para não se tornar demasiado ameaçadora. Integrando um modelo de avaliação dos riscos de fumaça, com finalidade de avaliar a segurança de diferentes caminhos para evacuação ou resgate em treinamento virtual, que permite a aprendizagem e a identificação de caminhos mais seguros. Dois estudos de casos foram realizados, uma numa estação de metrô e a outra em uma escola primária. Em ambos casos se demonstrou um alto nível de precisão e desempenho, ideal para o treinamento e estudo do comportamento hu-

mano em situações críticas (Y. Xu et al., 2013; Z. Xu et al., 2014; Yongzhe et al., 2013).

O planejamento de evacuações é um dos requisitos para construção de qualquer tipo de infraestruturas. Os modelos usados para o planejamento prático de evacuação, levam em consideração três dimensões: O tipo de construção ou infraestrutura e seu ambiente, incidentes com a rapidez de seu impacto, o tipo de perigo e aspectos físicos humanos.

Uma evacuação bem-sucedida depende de muitos fatores diferentes, além de infraestrutura confiável, proteção estrutural e rotas de fuga acessíveis. Pressupondo que um edifício de fábrica como infraestrutura a ser analisada e um incêndio proveniente de uma máquina em um dos setores de produção com um moderado nível de perigo iminente acontece.

Em situações de emergência como descrita anteriormente, podem provocar diferentes tipos reações pelos indivíduos que lá trabalham, pois naturalmente cada um deles irá comportar-se de maneira distinta ao confrontar-se com situações críticas e em conformidade com seu repertório individual (vivências e crenças).

Deste modo, pode haver grupos que tentarão sair o mais rápido possível do edifício por questão de medo. Outros que certamente irão agir de forma mais lenta, seja devido algum problema de mobilidade ou acessibilidade, ou simplesmente por falta de atenção ou ignorar os sinais de perigo.

Como também poderá acontecer que por falta de senso de orientação com relação ao edifício, terão dificuldades em encontrar o caminho correto a seguir, ou por essa razão, buscarem outras alternativas para evacuação, seja procurando informações no próprio ambiente ou seguindo as pessoas mais próximas. Outros indivíduos simplesmente irão ignorar os sinais de emergência (sonoros ou visuais) por estarem distraídos/focados com a tarefa que estava a executar ou por acreditar que se trata de outro simulacro, ou seja, um falso alarme novamente.

Por essas e outras razões, torna-se extremamente importante estudar os fatores que podem interferir nas tomadas de decisões em situações de emergência, sendo essenciais para a preservação e bem-estar da vida humana dos que frequentam este tipo de ambiente.

Avaliar o comportamento humano nestas situações de emergência ainda tem sido pouco explorada na literatura, tendo em vista o grande potencial existente e em pesquisa sobre evacuação, que têm demonstrado um crescente interesse por fatores humanos e psicológicos. Anteriormente, os fatores humanos eram definidos em carácter homogêneo, a nível de individual das emoções, motivações ou necessidades físicas. Ao decorrer do tempo, foram sendo considerados principalmente como sendo características físicas ou requisitos de espaço. Posteriormente outras variáveis foram sendo introduzidas, tais como: variáveis físicas, cognitivas, motivacionais e sociais.

Embora a necessidade de integrar fatores humanos tenha sido amplamente reconhecida para os estudos referentes análise comportamental em situações de emergência, ainda não existe um conjunto de variáveis que sejam mais relevantes para avaliar este contexto em estudo e garantir uma evacuação rápida e segura (Hofinger et al., 2014).

### **2.2.1. Situações de emergência**

As situações de emergência são oriundas de acidentes que são decorrentes de um acontecimento súbito e inesperado do qual resultam consequências indesejáveis que põem em risco a vida dos indivíduos, e que requer uma reação rápida dos envolvidos.

Em situações de emergência, o comportamento humano torna-se imprevisível e difere bastante de situações cotidianas. Quando os indivíduos tomam consciência que há existência de perigo, sendo clara e evidente o risco de vida, muitos indivíduos perdem o controle emocional e o pânico que pode interferir na maneira de pensar, agir e tomar decisões na procura por saídas de emergência (Hofinger et al., 2014; Kobes, Helsloot, et al., 2010).

As pessoas ao escaparem de uma ameaça ou perigo iminente em um espaço lotado, devem escolher a melhor estratégia em busca de caminhos para sua sobrevivência. Neste contexto, os indivíduos são induzidos a tomar decisão que é fortemente exposta às ações dos outros; portanto, é plausível pressupor que as decisões tomadas são influenciadas pelas interações sociais (Haghani & Sarvi, 2016, 2017).

Reproduzir esse tipo de contexto para avaliar todos os elementos que interferem nas tomadas de decisões, bem como ter controle de todas as variáveis em análise seriam impraticáveis de serem executadas com as metodologias tradicionais de estudo de campo. Em condições normais, não se consegue verificar a eficácia ou fracasso de sistemas de segurança para evacuação de instalações industriais e postos de trabalho sem colocar em risco a segurança das pessoas que as frequentam. Assim, as sinaléticas de emergências, os simulacros de incêndio ou emergência são úteis, mas de alcance limitado, porque não permitem simular as reações e comportamentos das pessoas em ambientes perigosos. Compreender a dinâmica coletiva dos movimentos das multidões durante situações estressantes de emergência é essencial para reduzir o risco de desastres mortais decorrentes neste contexto de estudo. No entanto, existe uma ferramenta que permite ultrapassar essas limitações, a Realidade Virtual (Ahmad et al., 2011; Kinateder et al., 2014; Moussaïd et al., 2017).

A aplicação da RV é uma abordagem promissora para eliminar problemas no planejamento de montagem e nos testes de manutenção. Permite a personalização da própria arquitetura, bem como na interface com uma ampla gama de dispositivos empregados para as simulações. Pode auxiliar no processo de aprimoramento no planejamento de montagem com valiosa assistência integrada para uma constatação estruturada das falhas e garante durante o processo de validação o melhoramento dessas imperfeições.

Simplesmente seguir as sinaléticas de emergência, por exemplo, não pode garantir que o *layout* de um edifício seja adequado aos comportamentos de evacuação; portanto, é importante descobrir quais os esquemas de planejamento adequados para situações de emergência com multidões. Ao investigar as inter-relações entre eficiência de evacuação e *layouts* do ambiente. Notou-se que os *layouts* de ambientes que possuem duas saídas reduzem o tempo de evacuação e as reações de comportamento premeditadas, ou seja, os participantes que seguem instruções predefinidas para organizar suas atividades não apenas escapam mais rápido, mas também têm algumas vantagens em garantir a sua segurança, durante o processo de evacuação (Liu et al., 2016).

A evacuação de ambientes internos é caracterizada pela desocupação com alto nível de *stress* associado devido a situação e deslocamento de muitas pessoas ao

mesmo tempo. Estes fatores unidos favorecem o deslocamento em massa de pessoas sem ordenação, como é observado em desastres envolvendo multidões.

Segundo Haghani & Sarvi (2017), ao simular em RV a fuga de multidões em espaços com várias saídas, as escolhas dos participantes foram quantificadas e observadas usando métodos de modelagem econométrica. Os resultados demonstram que a direção de cada interação social impacta nas escolhas de rotas dos indivíduos depende significativamente do conhecimento individual de quem vai tomar a decisão sobre os atributos das alternativas escolhidas pela multidão.

Observou-se nestes experimentos que em ambientes lotados, a predominância de pessoas a deslocar-se em uma direção ou outra, não necessariamente fará que um indivíduo siga na mesma direção. Logo, o comportamento da multidão não se aplica necessariamente a todos os contextos de evacuações e deve ser considerada em conjunto de fatores específicos do contexto, particularmente a nível de informação disponível para os indivíduos em fuga (Haghani & Sarvi, 2017).

Em ambientes virtuais que não apresentam informações de sinalização, é dada ao participante a tarefa de encontrar o destino e depois retornar à origem em um edifício tipo labirinto. Os resultados demonstram que há uma preferência na escolha de rotas com o mínimo de interseções para realizar rotas subsequentes e a buscar por caminhos com a menor distância possível para concluir a tarefa dada (Dijkstra et al., 2014).

Estudos anteriores sobre evacuação de incêndio, indicam que o comportamento de evacuação é influenciado pelas características inerentes à construção e dependentes dos sinais de saída de emergência. Embora alguns aspectos sejam investigados, não é amplamente discutido e pouco ainda se sabe como as pessoas definem suas rotas de fuga e como medidas de *layout* e design podem auxiliar nesse processo.

Em estudos também utilizando a RV, ao simular um hotel à noite avaliando a execução de exercícios contra incêndio sem aviso prévio teve o objetivo de verificar como os participantes localizavam as saídas e os sinais de emergência dispostos no rodapé do ambiente, e com interferência da fumaça proveniente do incêndio em algumas zonas. Os resultados sugerem que a fumaça influencia na escolha da rota de fuga, quando a fumaça não é perceptível, a maioria dos participantes escapam pela

saída principal e quando a fumaça bloqueia a rota em direção à saída principal, a maioria dos participantes escapa pela saída de incêndio. Além disso, os sinais de saída em locais baixos apontam uma influência no uso da saída de incêndio mais próxima, quando há conhecimento prévio do ambiente ou do seu tipo (Kobes, Oberijé, et al., 2010).

Em outro experimento de evacuação com condições de visibilidade prejudicada (pela fumaça, no caso) que simulou uma estação de metrô, foi realizada para avaliar o comportamento humano com relação aos sinais de emergência instalados no chão. Foram coletados dados referentes às características das mudanças em relação ao tempo de evacuação, velocidade e rota de evacuação. Os resultados mostraram que o sinal de emergência fosforescente facilitou à evacuação devido a indicação do caminho mais curto e houve um aumento da velocidade de deslocamento quando os sinais foram instalados em intervalos menores referente a um passo de uma pessoa (Jeon & Hong, 2009).

O surgimento da situação de emergência com incêndio desencadeia mudanças significativas na maneira como as pessoas se movimentam no ambiente virtual, e são todas respostas adaptativas ao momento. As pessoas demonstram o reconhecimento de uma situação perigosa em um ambiente virtual e produzem prontamente respostas adaptativas, tornando o ambiente virtual adequada para simulações de emergência e para uso como uma ferramenta de treinamento eficaz e de investigação (Gamberini et al., 2003).

Em ambientes em que o usuário não possui familiaridade, a busca por informações informacionais que agreguem significado e senso de localização são comuns que sejam almejados. Numa situação de emergência, a ferramenta mais comum neste caso são as sinaléticas de emergência que têm como propósito principal atrair atenção das pessoas para alertar sobre o perigo iminente e seu grau de seriedade, informando a provável consequência do perigo e a maneira pela qual o perigo pode ser evitado. (Adams et al., 1998; Gatsou, 2015; Lehto, 2000).

Utilizando um sistema de RV semi-imersiva em uma CAVE<sup>5</sup> (Tang, 2012) com cinco lados, dois grupos experimentais foram imersos em uma situação de emergência com incêndio em um túnel rodoviário. Com objetivo de investigar o efeito

---

<sup>5</sup> Sistema de RV semi imersivo que utiliza multiprojeções com exibição de conteúdo em 3D.

do aumento do nível de risco, percepção do perigo e o comportamento de evacuação. Foram analisados também o tempo de pré-movimento, tempo de movimento e opções de saída. Os resultados indicam uma boa percepção da situação por parte dos participantes e o fato de que a sinalização de emergência foi eficaz para orientar os participantes em direção a uma saída ou a um telefone de emergência (Kinateder et al., 2015).

Uma vez que, há percepção clara da situação de emergência também é importante que o processo de evacuação seja executado de forma eficaz. Estudos têm sido realizados com a finalidade de analisar rotas para evacuação durante situações de emergências com incêndio. O desenvolvimento de modelos robustos permite uma maior precisão na avaliação de riscos no caso de evacuações de incêndio e na definição de soluções de projetuais ideais para a segurança operacional. Tendo em vista esta perspectiva, foi usada uma metodologia baseada em equações paramétricas dos trajetos de evacuação dos ocupantes, usando operações vetoriais inspirados na teoria da análise funcional e no conceito de áreas de interação. O método permite comparações de rotas de fuga entre grupos experimentais, bem como comparações com caminhos de referência do utilizador. Os resultados obtidos nos permitem constatar que a hipótese empregada pelos modelos de evacuação que considera a distância mais curta para avaliação de caminhos de rota de fuga, pode ser uma aproximação demasiado simplista para determinar os caminhos de evacuação (Ronchi et al., 2015).

Estudo realizado sobre evacuação simulando um túnel rodoviário, teve como objetivo fazer uma análise comportamental perante uma situação de emergência (incêndio) em relação aos sistemas de informação emergenciais, onde a hipótese inicial indicava que a utilização de sinaléticas de emergência com luzes verdes poderiam influenciar as tomadas de decisão até chegar à saída.

Os participantes deste estudo receberam a indicação inicial apenas que estariam a participar de um estudo sobre o seu comportamento a dirigir, não sendo mencionados a questão das sinaléticas de emergência que seriam ser avaliadas e assim não influenciar nas suas tomadas de decisão e caminhos a serem seguidos. Durante a simulação, após guiar por 1km dentro do túnel, iniciava-se um acidente de carros com fumaça, juntamente com a ativação do alarme de incêndio (com uma pré-gravação) e os sinais de emergência com luzes verdes piscando nas saídas.

Os resultados indicam que o alarme de incêndio com gravação, obteve bons resultados por alertar os participantes do perigo e aguçou a curiosidade na busca por mais informações, porém demonstrou-se incompreensível o conteúdo da informação transmitida. Tanto os sinais informacionais quanto a influência social foram indispensáveis na decisão de deixar o veículo e auxiliar na evacuação, no entanto, a influência social mostrou-se decisiva na escolha da saída. O nível de excitação influencia a quantidade de informação observada pelos participantes, implica que os sistemas de sinalização de emergência devem ser previamente testados sob condições estressantes antes de serem utilizadas no contexto real (Nilsson et al., 2009).

Ainda considerando este mesmo estudo de caso, ao investigar os efeitos da informação com ou sem treinamento adicional em RV na auto-evacuação no mesmo contexto. Dentro da amostra em estudo, foram selecionados aleatoriamente 3 grupos com treinamento preventivo: o primeiro grupo de controle apenas preencheu questionários, o segundo grupo informado leu adicionalmente um folheto informativo sobre segurança do túnel, e o terceiro grupo recebeu um treinamento comportamental extra no cenário de túnel em RV. Uma semana após o recolhimento dos dados, os participantes conduziram um passeio através de um túnel rodoviário real no qual foram confrontados com uma colisão de dois veículos e fumaça intensa. Os participantes que tinham sido informados e treinados, evacuaram mais confiavelmente do túnel do que os participantes do grupo de controle (primeiro grupo). Participantes treinados apresentaram respostas comportamentais melhores e mais rápidas do que participantes apenas informados. No entanto, os participantes do grupo de controle que reagiram adequadamente ao cenário eram todos do sexo feminino.

Após 1 ano, um questionário online de acompanhamento mostrou uma diminuição do conhecimento sobre segurança, mas ainda assim o grupo treinado tinha um conhecimento um pouco mais relevante sobre segurança do que os outros dois grupos. As informações juntamente com o treinamento com RV demonstraram-se ferramentas promissoras para promover a aprendizagem da auto-evacuação durante situações de emergência, embora os efeitos comportamentais benéficos a longo prazo ainda tenham que ser estudados mais profundamente. As medidas que visam melhorar o comportamento dos usuários devem considerar as diferenças individuais, como as de gênero (Kinateder et al., 2013).

## 2.3 Segurança Operacional

A inclusão de medidas de proteção e combate ao incêndio e, principalmente, de meios que permitam as pessoas o rápido abandono dos ambientes em chamas deve ser conscientemente analisado pelo projetista, em conjunto com o proprietário, levando em consideração as condições específicas da obra, tais como: porte da edificação, número de usuários e tipo de utilização. Além das exigências provenientes do poder público, das recomendações das normas técnicas para o projeto e das especificações de equipamentos.

Um sistema de segurança contra incêndio consiste em um conjunto de meios ativos (extintores, redes de hidrantes, sistemas automáticos de detecção de fumaça, sistemas de chuveiros automáticos, brigadas contra incêndio, etc.) e meios passivos (averiguação das estruturas em incêndio, rotas de saída desobstruídas, bem dimensionadas e sinalizadas, compartimentação vertical e horizontal, uso de materiais que evitem a propagação das chamas, dentre outros.).

A prática atual de caracterização de riscos baseia-se em métodos que refletem ameaças, consequências e probabilidades, tais como, conceitos com fatores de risco e sua origem. No campo de análise de risco possui muitos desafios relacionados a essa prática e há um potencial substancial para melhorias na maneira como as caracterizações podem ser conduzidas.

Em sistemas de risco, a obrigatoriedade de seguir os procedimentos de segurança deve ser rigorosamente cumprida e supervisionada, mas também devem ser criadas defesas apropriadas no envolvimento e na própria organização do trabalho.

Essas abordagens incluem julgamentos de conhecimento e classificações de fatores de risco, suposições que apoiam a análise e é dada atenção especial a possíveis surpresas em relação ao conhecimento atual. Muitos analistas de risco que precisam abordar o seguinte problema, como a organização deve descrever ou caracterizar os riscos que enfrenta, de maneira simples e ao mesmo tempo, deve ser suficientemente informativa para o seu gerenciamento e tomada de decisão (Aven, 2017). Diante disso, a RV propicia uma maneira prática para avaliar esses riscos conforme o desempenho e reação das pessoas.

### 2.3.1. Sinaléticas de emergência

Os avisos podem ser vistos como uma ferramenta de comunicação para alcançar a segurança ambiental e de produto. O objetivo dos avisos pode ser abordado por várias perspectivas, como fornecedor de fonte de informações, como influenciador de comportamento humano, e lembrete para prevenir e direcionar pessoas em situações de emergência.

O fato é que os sinais de emergência representam a maneira mais fácil de ajudar as pessoas durante uma evacuação em situações de emergência, como em um incêndio. No entanto, estudos mostram que a comunicação através das sinaléticas de emergência, não são percebidas corretamente, devido a diversos fatores, como: dificuldade de visibilidade por causa da fumaça e o baixo grau de iluminação, a posição dos sinais em relação à posição dos usuários que nem sempre estão no ponto vista adequado, assim como o dimensionamento dos pictogramas, dentre outros aspectos. Isso enfatiza ainda mais a necessidade de projetar avisos apropriados para este tipo de situações, e assim evitar colisões por causa de aglomerações. Ações tomadas erroneamente, seja pelo não cumprimento dos avisos ou pela influência de outras pessoas, nas quais o tempo e as ações tomadas são fatores críticos.

A comunicação depende da cultura do receptor, do contexto de onde ocorre e da forma da mensagem (Martins, 2005). Só há comunicação quando o conteúdo emitido chega e é compreendido pelo usuário, logo a mensagem contida no aviso visa fornecer informações para o receptor (usuário) a quem é direcionado. Os avisos devem incluir informações sobre o perigo, os potenciais consequências e comportamentos seguros e inseguros, e permitir decisões relativas à conformidade (Laughery & Wogalter, 2014).

Para comunicação visual que é composta por tudo o que nos rodeia e que os nossos olhos são capazes de ver. Quando consideramos a imagem de um aviso, pode ter um valor diferente segundo o contexto em que estão inseridos, gerando informações diferentes. Entretanto, é possível fazer dois tipos de distinção de acordo com as mensagens disponíveis, que são a comunicação visual casual e intencional.

No caso da comunicação visual casual trata-se da informação exposta que não possui obrigatoriamente uma intenção agregada ou para advertir sobre algo. Em ambientes industriais esses podem ser os maquinários, equipamentos de uso coleti-

vo, e componentes que compõem uma função prática, mas não informativa. Enquanto, a comunicação visual intencional é, pelo contrário, a informação disponível é precisa e criada com um propósito. Considerando o mesmo contexto mencionado, um exemplo concreto seria as sinaléticas de emergência e placas informacionais que designam as zonas de produção.

Ainda referindo a comunicação visual intencional pode ser investigada por duas vertentes que são a informação estética (composta pelos elementos morfológicos) e a informação prática (sem componente estética) (Munari, 2016). Atualmente, são estes os aspectos que têm sido o foco da maioria dos estudos, na busca por melhoramento da eficiência das sinaléticas de emergência.

Outro fator preponderante ao desenvolvimento do sistema de aviso é compreender como os usuários processam as informações recebidas. Os referenciais teóricos em relação aos avisos geralmente se baseiam na teoria das comunicações e na teoria do processamento de informações humanas. O modelo de processamento de informações de comunicação (C-HIP) descreve as etapas nas quais os avisos são processados (Wogalter et al., 1999) (Figura 4).

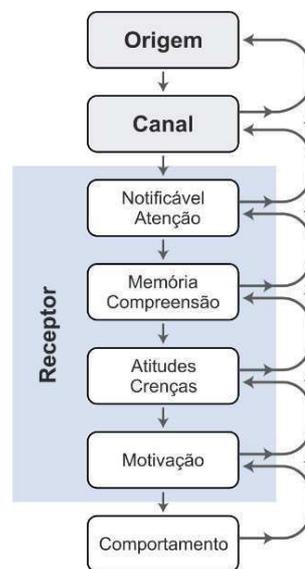


Figura 4: Modelo C-HIP. Fonte: Wogalter, Dejoy, Laughery (1999).

Verifica-se na Figura 4 que o processamento de informações humanas consiste em etapas através das quais as informações do aviso decorrem entre os indivíduos que recebem as informações, que são processadas de uma etapa para a próxima. Se o andamento correr sem falhas, a mensagem será transmitida com sucesso. Se

não for processado com êxito em uma etapa (por algum bloqueio), o fluxo poderá ser interrompido e o aviso poderá falhar.

Assim que o aviso é exposto, o receptor (o usuário) deve primeiro notar o aviso, prendendo atenção com base na memória ou repertórios e experiências vivenciadas, devendo ser capaz de trazer a compreensão do conteúdo do aviso transmitido. Uma vez que o aviso seja compreendido, o comportamento apropriado será resultado de um aviso consistente com as convicções do usuário (ou seja, das atitudes e crenças) e que tenha a capacidade de o motivar a reagir. Se um aviso for percebido, mas não entendido, ou se não corresponder aos ideais do usuário, poderá resultar em um comportamento inadequado, como ignorar o aviso ou tomar o caminho errado durante a evacuação (Linardi, 2016; Neurauter et al., 2004).

O receptor da mensagem está imerso em um ambiente cheio de perturbações (ruídos), as quais podem alterar ou anular certas mensagens. É o que acontece com avisos de emergência, que mesmo tendo efeitos para chamar a atenção dos usuários, muitas vezes perde sua força devido a interferência do meio, seja por minimizar a sua visualização ou obter outros elementos visuais que o sobreponha.

As perturbações visuais do ambiente podem interferir na emissão da mensagem, se o aviso for bem projetado para evitar qualquer alteração durante o processo, pode ainda encontrar outros obstáculos. Pois, cada receptor de modo único e distinto possui filtros (de caráter sensorial, psicofisiológicas ou culturais) que a mensagem terá que passar para ser percebida.

A identificação do sinal pelas pessoas é muito importante durante a evacuação, pois afeta as decisões sobre as escolhas de caminho em termos de tempo gasto e direção correta de deslocamento.

Ao avaliar o desempenho dos sinais de saída e das instalações de evacuação em um incêndio, investigou-se a percepção humana sobre os elementos ambientais. Foram avaliados dois tipos de sinais de saída (os refletivos e os fotoluminescentes) e suas diferentes posições e condições ambientais (com ou sem iluminação). Tendo em vista que a colocação adequada da sinalização, influencia bastante na busca de caminhos e disposição de informações em espaços públicos. Os resultados sugerem que novos sinais com diferentes combinações de formas, cores e pictogramas com indicadores direcionais (incluindo palavras) devem ser investigados. Como também

a inclusão de alarmes sonoros e outros sistemas de orientação para enfatizar as rotas seguras de evacuação. Compreender a interação entre o homem e o ambiente é imprescindível, assim como as correlações e os índices relativos aos aspectos comportamentais e cognitivos (como facilidade e distância para identificação de sinais) que devem ser considerados durante as fases de desenvolvimento do projeto (Occhialini et al., 2016).

Os estudos demonstram que em um ambiente de desastre, as informações oficiais sobre como agir nestas situações são frequentemente ignoradas e as pessoas tendem a reagir ao potencial perigo seguindo aos pares, devido à influência que os outros indivíduos detêm sobre nós por um primitivo instinto natural de sobrevivência em situações de emergência. Tendência que também é observada nas decisões de evacuação, onde as pessoas tendem a sair quando os outros saem, levando a descoordenação e congestionamento do ambiente em que se encontram (Linardi, 2016).

Neste estudo, sistema de análise e otimização da visibilidade da sinalização foi concebido utilizando o modelo de informações da construção e simulação de movimento de pedestres, a combinação dessas duas tecnologias fornece ferramentas que analisam a eficiência das sinalizações e as visualizam em ambientes com RV. Este sistema auxilia na construção de ambientes mais seguros e ao analisar (visualmente e com dados estatísticos) a visibilidade das placas, avaliar e otimizar o posicionamento adequado. A aplicabilidade desse método foi validada em estudos de casos realizados em estações de metrô no Japão (Motamedi et al., 2017).

A falha dos sistemas de sinalização de emergência em cumprir seu objetivo pretendido nessas tragédias se deve principalmente por ser ignorado pela maioria das pessoas ou pela sua incapacidade de redirecionar essas pessoas para longe do perigo em um ambiente dinâmico que muda rapidamente, que a princípio foi criado para ser seguro, mas que, no entanto, deixou de ser, tornando-se não mais confiável nas situações de emergência para as quais foram destinadas.

Outro motivo de haver atrasos em evacuações é atribuído ao pânico e o medo que altera o modo de pensar e reagir das pessoas dificultando assim, na visualização das sinaléticas de emergência. Como em alguns casos, em evacuações é comum as pessoas não conseguirem encontrar as escadas de emergência, apesar das saídas serem marcadas por várias sinaléticas.

Ao analisar as tragédias decorrentes na maioria das situações de emergência, fica evidente a necessidade de melhorar a sinalização de emergência convencional. Acredita-se que seja necessário sinalização que seja atrativa para prender a atenção e seja notável quando for preciso, redirecionando as pessoas para uma emergência, não apenas para uma rota de saída, mas uma rota de saída viável e ideal (Galea et al., 2017).

### 2.3.1.1. Tipos de sinaléticas

As sinalizações de segurança servem para prevenir acidentes, na identificação de equipamentos de segurança, delimitar áreas, identificar tubulações de líquidos e gases para adversão contra riscos e também alertar sobre os riscos existentes no ambiente (NBR 7195, 2018; NR 26, 1978).

As placas de sinalização em segurança contra incêndio são caracterizadas pela sua forma, cores de segurança, de fundo e do pictograma, podendo ser classificadas: sinais de proibição, sinais de obrigações, sinais de perigo, sinais de equipamentos de combate a incêndios, sinais de emergência, sinais informacionais, dentre outros conforme a sua finalidade da informação transmitida e função. O foco do trabalho desenvolvido são os sinais de emergência, que por sua vez podem ser classificados em duas categorias principais consoantes ao nível de estímulo sensorial pelo usuário, que são: os sinais estáticos (Figura 5) e dinâmicos (Figura 6).

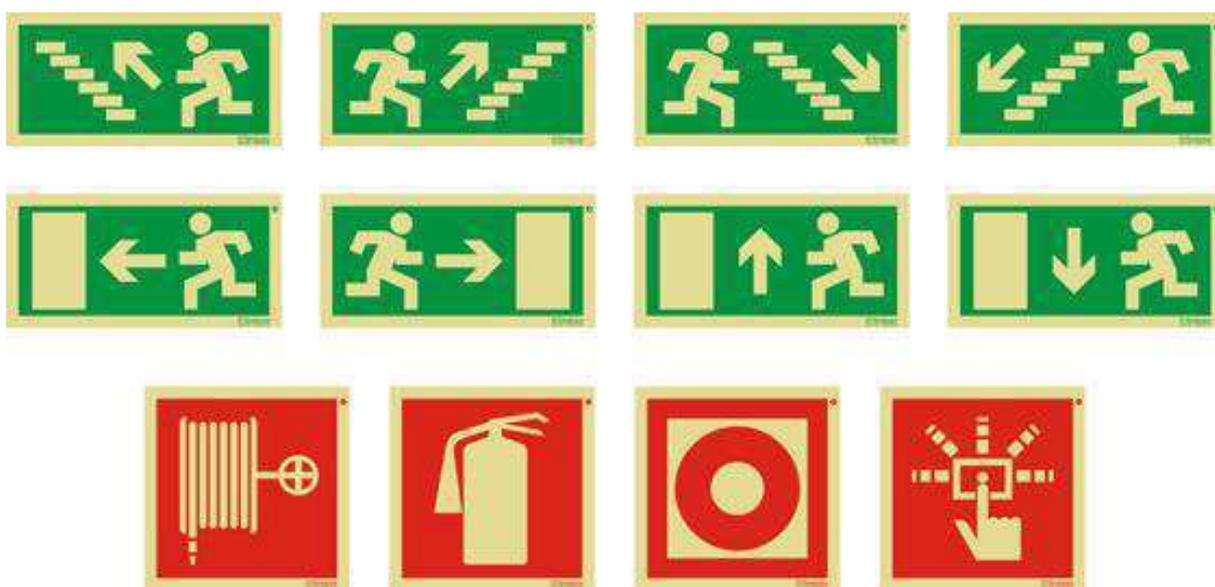


Figura 5: Sinais estáticos. Fonte: Sinalux.

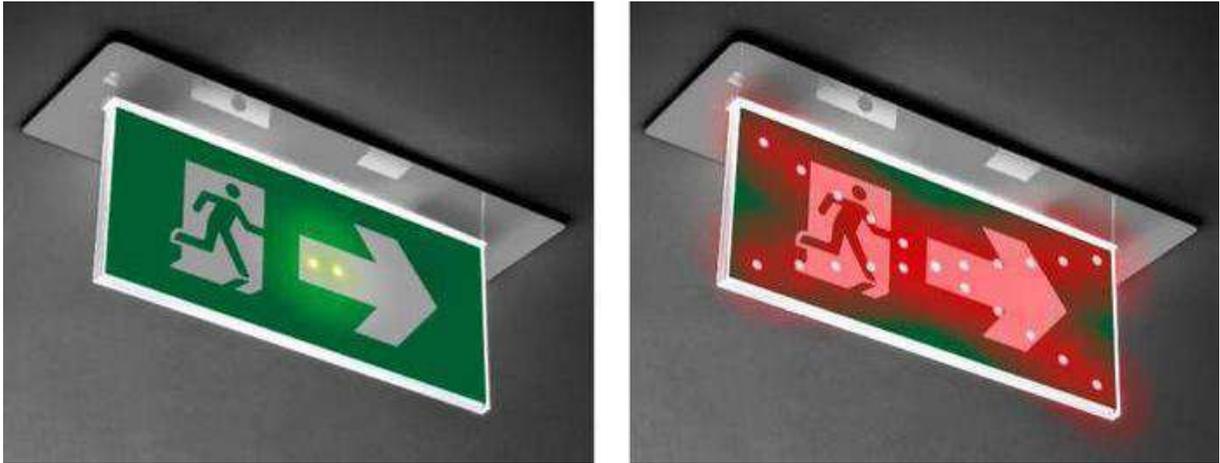


Figura 6: Sinal dinâmico. Fonte: Evaclite.

De acordo com a teoria da carga cognitiva, a apresentação de informações estáticas parece ser mais eficaz no suporte à tomada de decisões em grupo do que a apresentação em ambientes virtuais. Isso se deve devido a sobrecarga de elementos visuais a serem processados ao mesmo tempo. É importante dosar a quantidade de elementos visuais para a melhor compreensão da informação.

A apresentação de informações estáticas oferece um equilíbrio ideal no suporte aos processos de processamento e negociação de informações entre os membros de um determinado grupo. Resultados sugerem que, embora os recursos de realismo, imersão e interatividade de representações visuais de informações em ambientes virtuais em 3D contribuam para a compreensão individual. Esses recursos combinados com os processos de interação e negociação necessários para alcançar um entendimento compartilhado (e decisão de grupo), aumentam a carga cognitiva e tornam os processos de grupos ineficientes.

Para isso, faz-se necessário empregar tecnologias diferentes durante as diferentes fases do processo de tomada de decisão em grupo. Isso pode ser alcançado com foco no processamento eficiente de informações quando se trata de suporte individual, enquanto ao mesmo tempo se concentra no suporte eficiente de comunicação quando os processos de grupo são relevantes. Para tarefas com um componente visual, as tecnologias devem oferecer uma apresentação realista e interativa das informações relevantes (Schnall et al., 2012; van der Land et al., 2013).

Os sinais dinâmicos são categorias ainda recente no mercado e que ainda está em constante desenvolvimento, e por esta razão ainda falta compreender a extensão do proveito das suas funcionalidades e eficácia. Em torno da sua

designação, muitos são os termos adotados, que por vez varia conforme as tecnologias/funcionalidades empregadas para transmitir mensagem e chamar a atenção dos usuários. Sendo referida como multimodais, inteligentes, adaptáveis, dentre outros termos. Onde, sua principal diferença entre os sinais estáticos, é o fato de não serem “passivos” e serem “reativos” ao seu ambiente e estimularem outros sentidos dos usuários para além do visual (Ashford, 2019).

Avisos multimodais provocam tempos de reação mais rápidos e transmitem uma ideia maior de urgência, sendo mais eficiente do que os avisos estáticos. Um estudo que avaliou avisos multimodais em rodovias, projetados para auxiliar os motoristas, informando-os da necessidade de manobras evasivas para evitar acidentes. Em dois experimentos com duas tarefas cada (os motoristas estavam conversando no celular ou dirigindo com tráfego intenso, respectivamente), os participantes em uma simulação dirigiram um veículo equipado com um sistema de prevenção de colisões à frente, com avisos auditivos, vibráteis e multimodais foram apresentados quando o tempo de colisão era menor que cinco segundos.

Embora os estímulos multimodais para a primeira tarefa reduzam a interferência produzida pela execução simultânea das duas tarefas, esses estímulos nunca foram capazes de eliminar completamente a interferência. Em contexto de dupla tarefa, no qual a apresentação de estímulos multimodais pode ter um efeito facilitador no estágio do processamento, mas não no estágio cognitivo, uma vez que o custo nunca foi eliminado. Nessa perspectiva, os resultados obtidos na primeira tarefa do estudo podem ser explicados como consequência da incapacidade dos avisos multimodais de contornar o obstáculo cognitivo produzido pela conversa pelo celular. Por outro lado, como dirigir com tráfego denso está associado a uma demanda visual significativa, apresentar avisos multimodais (não visuais) pode ser reduzido com sucesso o componente perceptivo do custo da dupla tarefa (Biondi et al., 2017).

Se avisos multimodais forem mal projetados, eles podem distrair ou retardar o tempo de respostas, reduzindo a segurança. Por esse motivo, em vez de ajudar, eles podem prejudicar e ter resultado reverso ao pretendido.

Considerando os princípios da gestalt e suas teorias, estabelece a capacidade humana de ordenar os elementos visuais (seja pelas cores, forma, texturas, dentre outros) e por uni-los em estruturas maiores, dando-lhes significados de acordo com

os nossos repertórios individual ou coletivo, que faz parte na maioria dos aspectos da nossa vida cotidiana.

Ambos fisicamente e conceitualmente compõem nossa experiência. Ao aplicar esses princípios combinados com princípios de usabilidade e design universal, pode-se criar um aviso que venha a abranger um maior número de pessoas e tornando-os mais acessíveis. E assim evitar a criação de avisos com eventual interpretação dúbia e desenvolver avisos dinâmicos mais fáceis de interpretar e conseqüentemente com melhor tempo de resposta por parte dos usuários.

#### **2.4 Influência social em evacuações**

Ao investigar as influências sociais que levam os indivíduos a manifestar um comportamento de grupo perante as evacuações em situações de emergência, foi criado um modelo comportamental baseado em modelos de escolha que foi coletado por meio de pesquisa de dados online. Essa abordagem mostrou-se capaz de destacar os gostos heterogênicos dos tomadores de decisão que podem influenciar essa escolha no comportamento na busca por saída de emergência. Os resultados mostram que as pessoas a tomar decisão são influenciadas pelas pessoas próximas da saída e por suas características socioeconômicas (Lovreglio et al., 2014).

As interações sociais são fortemente baseadas em normas, e essas normativas precisam ser aprendidas para conviver em grupo e ser aceitas no mesmo. Para isso, as reações emocionais dos outros em resposta a uma transgressão da norma podem servir como sinais. Observar-se que quando um grupo responde com raiva a um comportamento que transgredir uma norma, as pessoas são mais capazes de deduzir corretamente a norma do que quando o grupo responde com tristeza ou neutralidade emocional. O que demonstra que essa dedução é baseada no entendimento das pessoas sobre as avaliações do grupo sobre o comportamento. Os seres humanos, como espécie social, exigem meios eficientes para se adaptar rapidamente a novas situações e ter um desempenho impecável em contextos sociais (Hareli et al., 2013).

A modelagem do comportamento humano durante situações de emergências é uma questão importante a ser investigada para tornar melhor a segurança das infraestruturas. Esse comportamento pode ser influenciado por ambos no ambiente (ou

seja, influência social) e pelas características dos usuários que o frequentam (Lovreglio et al., 2014). A teoria da influência social pode ser classificada em duas vertentes que são as influências sociais normativas e informativas. Na influência social normativa corresponde a influência para se resignar às expectativas positivas de outro indivíduo, ou seja, acontece quando as pessoas têm receio de se destacar ou fazer algo que não seja aceite nas normativas sociais predominantes ao grupo em que pertence. Enquanto a influência social informativa trata-se da influência para aceitar informações oriundas de outros como evidência da realidade. Em relação a esse aspecto da influência social, as pessoas podem ser vistas como fontes de informação sobre como reagir durante situações caracterizadas pela incerteza (Deutsch & Gerard, 1955; Nilsson & Johansson, 2009).

A modelagem social é um processo em que o indivíduo observa o modelo comportamental e suas consequências, que conduz a uma modificação dos antigos comportamentos do observador ou na aquisição de novos. Apesar dos diversos campos de pesquisa, tenham resultados significativos referentes às influências da modelagem social nos efeitos comportamentais. No entanto, existe uma lacuna na literatura em relação a questão da segurança operacional, as influências e os efeitos da modelagem social como poderiam afetar o comportamento dos indivíduos em situações de emergência (Murphy et al., 2012).

Vários são os fatores que podem influenciar as tomadas de decisões individual em uma situação de emergência, uma delas são psicologia social e a concepção de estereótipos. Em um estudo realizado por (Gamberini et al., 2015) utilizou um ambiente virtual imersivo, do qual avaliou em situações de emergência a questão da discriminação racial. No decorrer da simulação, um agente virtual pede ajuda durante duas situações de emergência diferentes (com pressão temporal ou incêndio). Os participantes brancos recebem uma solicitação de ajuda de um agente virtual preto ou branco. Os resultados deste experimento demonstram que a discriminação racial aumenta sob pressão temporal, mas não com presença de fogo. Pois, quando há apenas pressão temporal as pessoas tendem a não ajudar tanto quando há presença de fogo, e uma real noção de risco à vida.

O modelo de formação de opinião, por exemplo foi projetado para auxiliar com julgamento de risco, pressupõe que as pessoas recebem informações de risco sobre o ambiente provenientes da mídia e as compartilhe localmente com as outras pes-

soas. Embora as pessoas sejam inicialmente expostas à mesma amostra de informações, surge a polarização e agrupamento de opiniões. Em particular, as simulações numéricas destacam dois fatores cruciais que determinam o resultado coletivo: a capacidade dos indivíduos em buscar informações independentes e a força da influência social. Os mecanismos pelos quais as pessoas formam e revisam os julgamentos de risco são frequentemente investigados em escala individual, considerando as pessoas como unidades isoladas e não conectadas ao seu ambiente social. As tentativas existentes de descrever a dinâmica coletiva da percepção de risco ao nível da população ainda não possuem conclusões concretas para elaborar teorias precisas (Moussaid, 2013).

## **CAPÍTULO III**

### **Metodologia**

O trabalho foi desenvolvido sob a forma de estudos dirigidos e de protótipos utilizando a Realidade Virtual para desenvolvimento de uma metodologia adequada para medir e avaliar o comportamento humano em ambientes virtuais, construindo cenários de ambiente de uso coletivo com situações de emergência para avaliar a eficácia de sinaléticas de emergência em relação à influência social.

Portanto neste capítulo, serão apresentadas as metodologias experimentais aplicadas para alcançar os objetivos desta investigação. Desse modo, a abordagem metodológica foi dividida em duas etapas, onde foram construídos dois ambientes virtuais para esta pesquisa, as quais foram denominadas Experimento A e Experimento B.

O experimento A avaliou a viabilidade da RV como ferramenta de estudo com objetivo de averiguar qual a quantidade mínima de agentes virtuais que poderiam influenciar o participante a segui-los nas tomadas de decisões. E que correlaciona o gênero com a velocidade do passo que os agentes virtuais se movimentam (ou seja, a correr ou a andar) no ambiente virtual.

O experimento B avalia a influência social em relação ao efeito das multidões em situações de emergência em instalações industriais e os *layouts* para evacuação dos operários no ambiente de trabalho.

O contexto do trabalho desenvolvido utiliza como base a construção de ambientes virtuais para simulação de ambientes internos com grandes aglomerações de indivíduos no mesmo espaço simulando uma situação de emergência (neste caso, incêndio) com algum nível de *stress* associado para avaliação da consonância comportamental com sinaléticas de emergência em contraposição com a influência social.

### **3.1 Experimento A: Influência Social (Quantidade vs Velocidade)**

Para o experimento A foram construídos dois ambientes virtuais, sendo eles: o ambiente principal para coleta de dados do estudo e o ambiente de treino, onde os participantes pudessem treinar previamente o manuseio e os comandos dos equipamentos antes da simulação.

O cenário desenvolvido para o estudo que avalia a influência social em relação a quantidade versus a velocidade do passo dos agentes virtuais (Experimento A) possui uma configuração simples, sendo composto por corredores com a mesma tipologia em formato T com largura (2,5m) e iluminação iguais (ver Figura 7).

A definição do dimensionamento dos corredores considerou o fluxo de pessoas, assegurando uma faixa livre de barreiras ou obstáculos, conforme a norma reguladora ABNT NBR 9050:2004. De modo que, foram feitos testes com a largura mínima estabelecida pela norma de 0,90 metros e quantidade de agentes virtuais a serem utilizados no experimento que variou entre 1 a 5 agentes virtuais, bem como a velocidade em que se deslocavam.

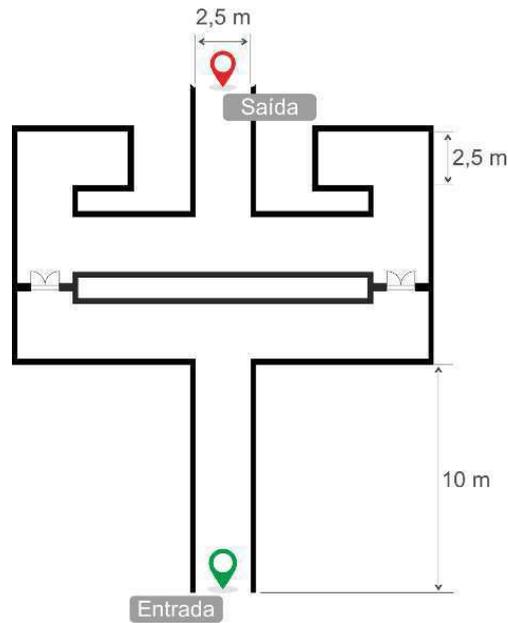


Figura 7: Dimensionamento dos corredores do estudo experimental A.

Outro aspecto levado em consideração, foi o ponto de vista do participante que ao entrar no corredor sempre deveria avistar a movimentação dos agentes virtuais, bem como a direção em que se deslocavam (para a esquerda ou direita). A localização referencial do ponto de vista do participante considerado foi o início do corredor, devido aos *triggers* (sensor virtual) de animação ativados nesta zona e por ser essencial que fossem vistos os agentes virtuais independente da direção do olhar do participante.

Sendo assim, a medida estabelecida foi de 2,5 metros de largura e 10 metros de comprimento para atender a esses requisitos, e ao mesmo tempo, não deixando o corredor demasiado comprido para tornar o tempo da experiência o menor possível. Assim, cada corredor possui um dimensionamento total de 16,85m de comprimento e 17,20m de largura.

A disposição e quantidade de corredores foram selecionados de forma aleatória, onde a cada grupo de 3 ou 4 blocos de corredores existem salas para compor o contexto da narrativa, tornando o ambiente menos monótono. Detinha também a finalidade de evitar o efeito de habituação, garantindo que os participantes mantivessem uma reação espontânea e fidedigna com uma experiência realística durante a interação.

A disposição dos corredores e salas foram posicionadas de forma aleatória com o auxílio do site RANDOM.ORG (<https://www.random.org/lists/>), que permite a organi-

zação dos itens numa lista de forma aleatória. Sendo assim, foi possível organizar a sequência e garantir imparcialidade na definição de cada local do ambiente virtual.

O ambiente virtual representa um hotel, o enquadramento deste cenário foi escolhido devido a sua configuração que se assemelha ao recinto desenvolvido e contexto simples que enfatiza as escolhas dos participantes, além de ser de fácil assimilação e familiarização. Tendo como objetivo verificar qual é a quantidade mínima de pessoas necessárias para coexistir a influência de outras pessoas para a escolha de caminhos.

### 3.1.1. Equipamentos

Para promover a interação com o ambiente virtual utilizou-se um sistema totalmente imersivo de RV com coleta de dados automatizados sobre desempenho dos participantes, que foi usado para avaliar a tomada de decisão dos participantes perante os agentes virtuais e a eficácia dos sistemas de segurança operacional. Esse sistema era composto pelos seguintes dispositivos: (a) Oculus Rift DK2 (HMD) estereoscópicos montado na cabeça usado para visualizar o ambiente virtual; (b) Controle Sem Fio Xbox como dispositivo de controle usado para interagir com o ambiente virtual; (c) Fones de ouvido Sony com fio, modelo MDR-ZX310AP, que transmitiam os sons do ambiente virtual; e um laptop Toshiba modelo Qosmio x70-A com processador Intel® Core™ i7-4700MQ CPU a 2.40Ghz, 4 cores, usado para executar o experimento (ver Figura 8).



Figura 8:(a) Oculus Rift DK2 e seus utensilios; (b) Controle Sem Fio Xbox; (c) Fones de Ouvido Sony com fio, modelo MDR - ZX310AP. Fonte: High End Hardware, Xbox e Store Sony.

### 3.1.2. Design experimental

A modelação do ambiente virtual foi feita no *software* AutoCAD® e exportado em formato FBX para o *software* Unity3D®, aplicadas as texturas e posteriormente foram incluídos os demais elementos para sua construção, tais como: implementação de sons, animações e inserção de elementos decorativos para compor o contexto em estudo. Alguns dos elementos decorativos utilizados no ambiente virtual, como objetos 3D e texturas que foram aplicadas nas paredes e piso foram obtidas por sites de livre acesso e utilização para pesquisa, tais como 3D warehouse, cgtrader e textures.com.

Os agentes virtuais (Figura 9) utilizados para o estudo, foram desenvolvidos a partir do programa online da *Autodesk*, chamado *Character Generator* que possibilita criar agentes virtuais de forma aleatória ou personalizada, modificando aspectos físicos e de gênero. Foram criados variando a tonalidade da pele e a altura de 1,50m a 1,90m entre homens e mulheres, com vestimenta casual e condizente com a narrativa criada para o ambiente virtual. No entanto, durante o experimento apenas eram vistas as costas dos agentes virtuais, não sendo possível visualizar os seus rostos.

Quando havia apenas um agente virtual no corredor, era colocado um agente virtual do sexo masculino variando entre os três modelos criados. E no caso de haver dois ou mais agentes virtuais, era colocado sempre pelo menos um agente virtual do sexo feminino. Em todos os casos, a seleção foi aleatória considerando essas variáveis e não acrescentando mais modelos de agentes virtuais.



Figura 9: Agentes Virtuais criados para estudo experimental A.

A movimentação dos agentes virtuais nos corredores utilizou um *asset* gratuito disponível na loja do Unity 3D, chamado *Simple Waypoint System* que permite a criação de caminhos de forma editável e faz com que os objetos possam seguir os caminhos gerados por meio de *scripts* de movimento. O movimento dos agentes virtuais é ativado por meio de *triggers* invisíveis, localizados em pontos estratégicos no ambiente, de modo que, os participantes pudessem sempre ver os agentes virtuais, mas não notassem a troca de quantidade dos mesmos entre os diferentes corredores.

Para coleta dos dados quantitativos foi criado um sistema chamado LogSystem, que tem como objetivo gravar automaticamente os dados gerados a cada *frame*, de acordo com a interação executada pelo participante no ambiente virtual em tempo real. O HMD tem uma frequência de atualização de 75Hz, ou seja, o sistema de RV renderiza 75 imagens por segundo. Os dados registrados são: Os tempos inicial e final do experimento, o tempo para a tomada de decisão dos participantes, as escolhas tomadas em cada corredor, bem como os momentos de hesitação e a trajetória total do caminho.

A câmera que representa o ponto de vista dos participantes foi ajustada na altura dos olhos (que era predefinida com 1,50m) e a velocidade na qual os participantes se movimentavam dentro do ambiente virtual também é controlada, a fim de simular um ritmo de caminhada mais natural de um indivíduo adulto (com faixa etária referente a amostra da pesquisa e velocidade a andar 1,7m/s) e não ultrapassar as ve-

locidades estipuladas para a deslocamento dos agentes virtuais (Andar 2,5m/s e correr 5m/s).

O som característico da marcha tanto do avatar <sup>6</sup>como dos agentes virtuais foram incorporados ao ambiente consoante a velocidade de deslocamento (a andar ou a correr), e ficavam mais intensos à medida que o avatar se aproximava dos agentes virtuais com finalidade de intensificar o nível de presença no ambiente virtual.

Considerando as variáveis em estudo, o ambiente virtual do estudo experimental A possui 2 pisos com o número total de 44 corredores e 10 salas. No primeiro piso, temos a situação cotidiana, que não possui sinais de emergência e pressão temporal. No segundo piso, temos a situação de emergência com a disposição dos corredores na ordem inversa do primeiro piso e com uso dos sinais de emergência estáticos da Sinalux (ilustrado na Figura 5, no capítulo 2 na revisão da literatura).

No ambiente virtual, existem 2 corredores (para cada piso) onde não terão agentes virtuais, sendo esta a condição neutra (indicada na zona em amarelo na Figura 10) do estudo para servir de elo de comparação com os demais corredores e evitar o efeito de aprendizagem em relação ao ambiente virtual.

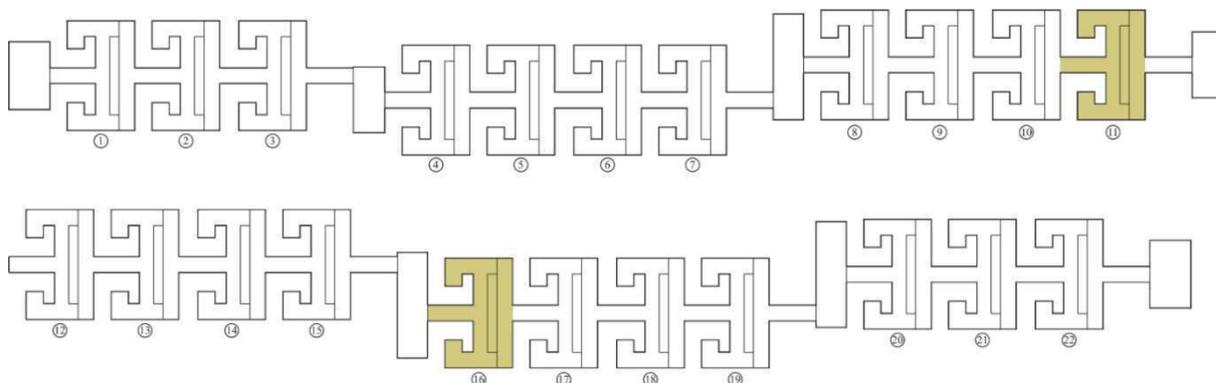


Figura 10: Vista superior do piso 1 do ambiente virtual do estudo experimental A.

O hotel é composto por vários corredores com tipologia em T, onde são dispostos os quartos e que dão acesso as outras dependências do ambiente, como os salões e serviços oferecidos pelo estabelecimento. Todos os espaços do hotel possuem música ambiente para compor contextualização.

O experimento inicia-se na recepção do hotel no piso 1 (Figura 11), que possui o balcão da rececionista, que no momento não se encontra no seu posto de trabalho,

<sup>6</sup> O *First Person* é a representação virtual do utilizador/participante no ambiente virtual.

mas deixou um aviso posto em cima do balcão. No mesmo local, possui uma área de espera para inscrição e descanso dos usuários.

Os participantes do experimento ao se aproximarem das portas do ambiente, ativam *triggers* que podem ser criados a partir de formas geométricas invisíveis no ambiente e que acionam as animações. Ao serem ativados, as portas do ambiente poderiam ser abertas ou fechadas à medida que o participante fosse passar por eles.

Nos corredores, a frente de cada porta existe um *trigger* para abri-la, conforme ilustra a Figura 11 da recepção (linhas verdes que delimitam o volume do *trigger* e que é totalmente invisível para o participante) e mais adiante um outro para fechá-la (ver Figura 12), para se evitar que os participantes retornassem.



*Figura 11: Posicionamento do Trigger da Porta da Recepção, local onde inicia-se a simulação do estudo experimental A.*

Os corredores possuem o mesmo aspecto e não detém elementos decorativos no ponto de decisão localizado no seu início para evitar tendência do participante a olhar para uma determinada direção ou outra, conforme demonstra a Figura 12. No mesmo local, encontrava-se o *trigger* para fechar a porta e o agente virtual que começa a movimentar-se assim que as portas eram abertas. Os elementos decorativos que os diferenciavam estavam após esse local, quando os participantes já tivessem tomado a sua decisão do caminho a tomar.

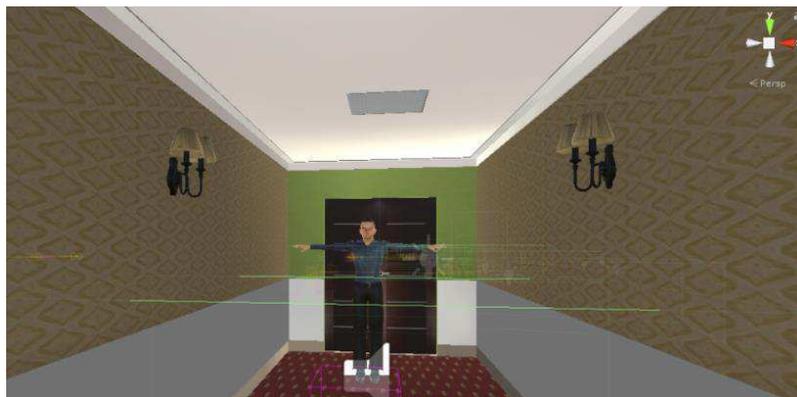


Figura 12: As linhas em verde delimitam o trigger responsável por fechar a porta do estudo experimental A.

Esse sistema de *triggers* foi utilizado ao decorrer de todos os corredores no ambiente virtual, mas também têm o propósito de verificar as tomadas de decisões dos participantes e as direções escolhidas (esquerda ou direita), gravadas automaticamente. Conseqüentemente, foi possível certificar se os participantes estavam a seguir ou não, os agentes virtuais e/ou os avisos estáticos existentes, no caso do segundo piso (ver Figura 13). Assim que, o participante optava por uma das direções e acionava um dos *triggers*, a porta do corredor do sentido oposto permanecia fechada e forçava o participante sempre seguir em frente.

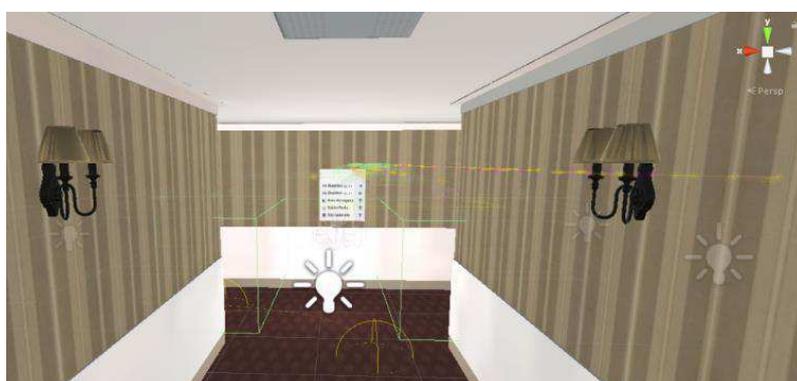


Figura 13: O retângulo da esquerda e o da direita são os triggers que acionam o abrir das portas do corredor do estudo experimental A.

Na porta central da recepção, próximo ao balcão é onde se tem acesso aos corredores e as outras dependências do hotel. Próximo dessa entrada, temos uma placa informacional onde indica as direções de cada local dentro do ambiente e as direções para chegar a cada local (conforme a Figura 14). Esses elementos se repetem ao decorrer de todo o ambiente virtual a fim de orientar os participantes quanto ao caminho a tomar e sempre a seguir em frente, mas sem influenciar o sentido a seguir (esquerda ou direita).



Figura 14: Aviso informacional da recepção do ambiente virtual do estudo experimental A.

As placas informacionais passaram por alguns testes com a finalidade de melhorar a sua visibilidade dentro do ambiente virtual, onde foram testados diferentes tipos de letra e tamanhos de fonte. Primeiramente, foram usadas as fontes sugeridas pelas normas vigentes para sinalização de ambientes internos de uso coletivo (ABNT NBR 13434-2:2004), tais como: *Univers 65*, *Helvetica Bold*, *Humanist 777* e *Humanist BLK BT*. Porém, devido às diferenças visuais existentes na percepção dos objetos no mundo real e virtual decorrente por causa das suas particularidades, tais como o grau de resolução, escala e distinção das cores, a utilização dessas fontes não funcionou quando aplicadas no ambiente virtual, pois continuavam a aparecer desfocadas e o seu tamanho não poderia ser muito aumentado, já que o tamanho da fonte deveria ser proporcional às usadas no mundo real.

Outra alternativa foi testar fontes que são geralmente utilizadas em jogos e na computação gráfica, como por exemplo a *OpenSans BOLD* que demonstrou ser a melhor opção nesse sentido e que foi selecionada para ser aplicada nas placas informacionais e locacionais. Para seguir a norma reguladora ABNT NBR 13 434-2: 2004, o dimensionamento no emprego das fontes obedeceu a seguinte relação matemática (1):

$$h > \frac{L}{125} \quad (1)$$

Onde:

$h$ : é a altura da letra (m).

$L$ : é a distância do observador à placa (m).

Nos testes iniciais, as placas de informações direcionais que indicam os locais e direções de cada recinto do ambiente virtual foram feitas a partir de planos ou retângulos com aplicação direta de texturas (imagens em formato png). No entanto, essa alternativa não era muito eficiente devido à qualidade de leitura fraca dos *Oculus Rift DK2* (960 x 1080 pixels/olho). Infelizmente era difícil visualizar e ler as informações escritas numa distância coerente com a realidade, porque o participante tinha que estar, no mínimo, a 2 metros de distância da placa para conseguir compreender a mensagem transmitida sem estar desfocada.

Na busca de sanar esse problema, tentou-se encontrar outras alternativas, onde uma delas foi introduzir um *asset* gratuito ao projeto disponível na loja do Unity 3D, chamado *TextMesh Pro*. Ela permite introduzir o texto diretamente na superfície do objeto 3D onde a informação será apresentada, oferecendo maior flexibilidade na formatação e *layout*, dinâmica na mudança de estilos e renderings, efeitos e animações no texto. Como este sistema não se apoia na utilização de texturas, mas sim na criação de objectos 3D para a representação do texto, a qualidade de leitura melhorou substancialmente na apresentação da informação nas placas do ambiente virtual.

Os pictogramas (símbolos) introduzidos nas placas de informações direcionais e locais para fazer referência aos locais existentes no ambiente virtual (ver Figura 15) possuem a mesma identidade visual com traços suaves e mesmo padrão dimensional. A imagem gerada possui os lados iguais (quadrado com 1024 x 1024) para facilitar a sua inclusão no *asset* de texto no *software* Unity3D®.

Em relação aplicabilidade dos padrões cromáticos nas placas informacionais direcionais, não foram encontradas recomendações neste sentido para o contexto em estudo. De modo que, foram usados os mesmos padrões utilizados pela Infraero para os aeroportos brasileiros, já que se trata também de um ambiente interno de uso coletivo.

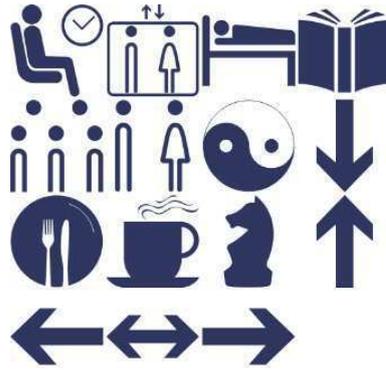


Figura 15: Pictogramas aplicados nas placas de informações direcionais do estudo experimental A. Fonte: Autoria própria.

Onde as placas com informação locacional possuem o texto/pictograma em brancos (*Pantone Trans. White/ C: 0, M: 0, Y: 0 e K:0*) e com fundo em azul (*Pantone 87 83 CVU/ C: 93, M: 81, Y:15 e K:44*), e as placas com informações direcionais o texto/pictograma são azuis com fundo em branco. O dimensionamento das placas e fonte/pictogramas seguem as normas regulamentadoras ABNT NBR 13 434-2: 2004, possui a seguinte relação matemática (2).

$$A > \frac{L^2}{2000} \quad (2)$$

Onde:

A: é a área da placa (m<sup>2</sup>).

L: é a distância do observador à placa (m).

Esta relação é válida para  $L \leq 50m$ , sendo que deve ser observada a uma distância mínima de 4 metros. Os testes realizados no ambiente virtual consideraram essa distância mínima para determinar as dimensões ideais. Nos ensaios feitos com placas direcionais de emergência com as dimensões de 20cm x 7cm, verificou-se que apresentavam boas proporções para serem aplicadas nas placas locacionais das salas (ver Figura 16) e nos quartos (ver Figura 17).

Salão Lisboa	Restaurante	Sala de Leitura
Salão Faro	Salão de Jogos	Cafeteria
Salão Évora	Salão Porto	SPA

Figura 16: Placas locacionais das salas do Piso 1 e 2 do estudo experimental A. Fonte: Autoria própria.



*Figura 17: Aplicação das placas locacionais em cima das portas dos quartos. Neste caso, no Piso 1 do estudo experimental A.  
Fonte: Autoria Própria.*

As placas locacionais e o plano de fundo das placas de informações direcionais foram desenhadas no *software CorelDrawX7®* e exportadas em formato PNG para serem aplicadas no ambiente virtual. O primeiro número após o pictograma indicava o piso, o seguinte após o ponto corresponde ao número do quarto (Figura 17). Havia quatro placas locacionais para os quartos em cada corredor. Portanto, por cada piso havia 88 placas locacionais. Foram aplicadas em cima das portas de acesso de cada local correspondente, do mesmo modo nos quartos para manter a uniformidade e coerência visual (ver Figura 18).



*Figura 18: Aplicação das placas locacionais em cima das portas dos quartos. Neste caso, no Piso 1 do estudo experimental A.*

Os participantes eram estimulados a sempre andar para frente, passando por várias salas na seguinte sequência: a Sala de espera, o Salão Porto, Hall de entrada do Restaurante com uma sala de espera em frente, Salão de Jogos e Hall de entrada do SPA e assim por diante, conforme ilustra a Figura 19.

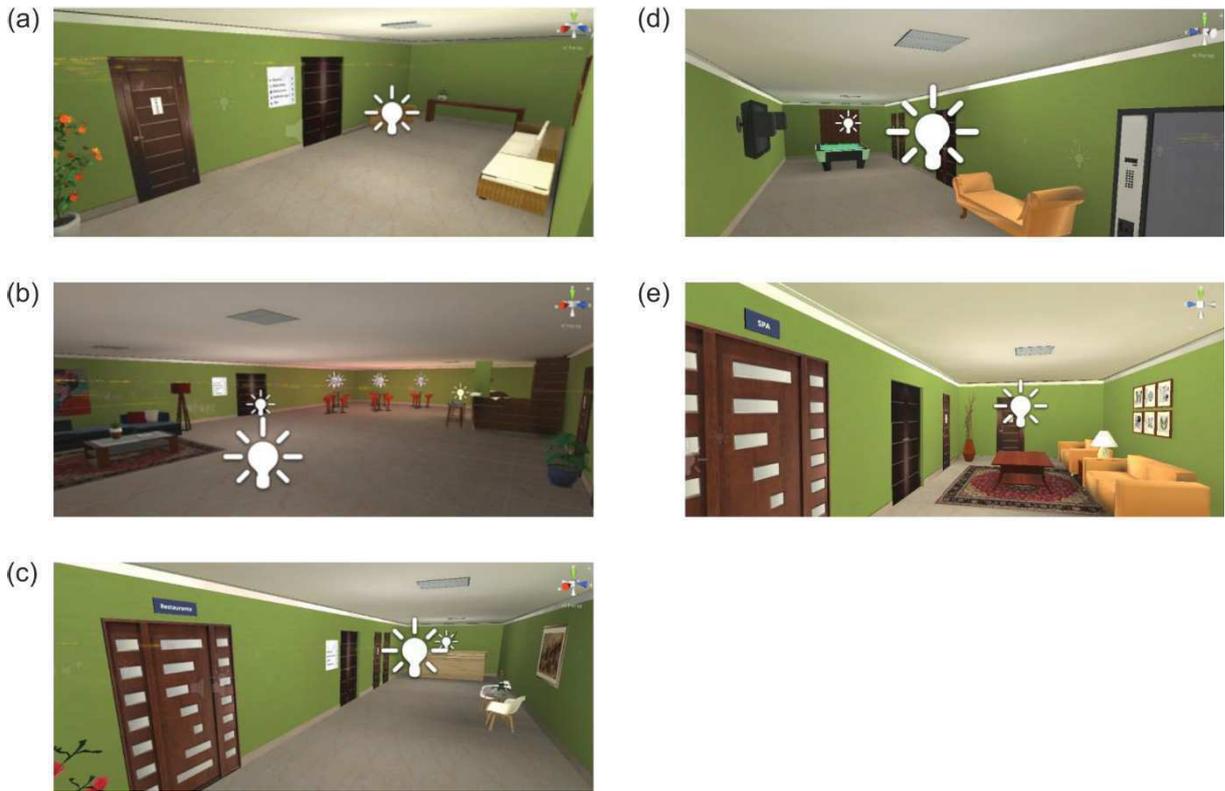


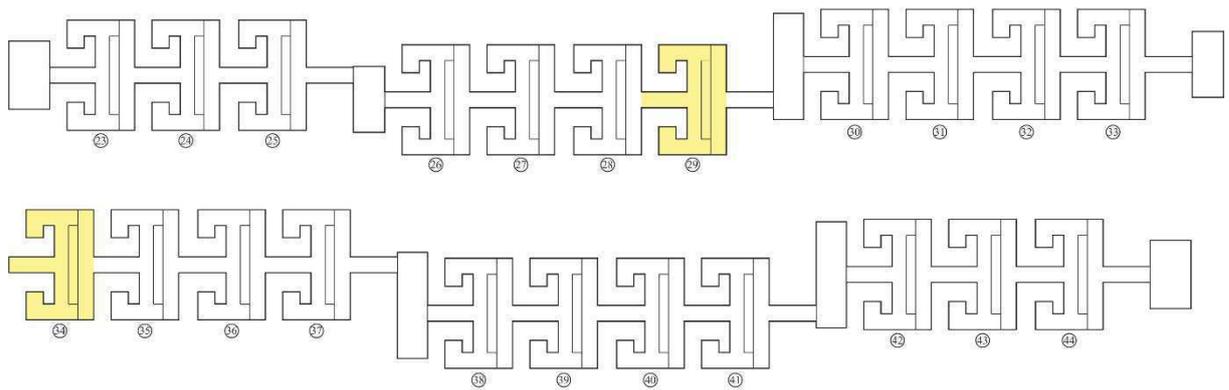
Figura 19: Salas do Piso 1 do experimento A. a) Sala de espera, b) Salão Porto, c) Hall de entrada do restaurante, d) Salão de jogos e e) Hall de entrada do SPA.

Depois de percorrer todas as salas e corredores do Piso 1, por fim o participante deparava-se com a sala dos elevadores (Figura 20, item a). Após o participante entrar no elevador, ele era “teletransportado” para dentro do elevador no piso 2 (Figura 20, item b), terminando assim a situação de cotidiana em análise. Enquanto decorre essa transferência, para aguçar a sensação de presença por parte do participante, o som típico do elevador com as portas abrindo e subindo era ativado, e ao final o som da porta sendo aberta.



Figura 20: Sala dos elevadores do experimento A. a) Sala dos elevadores do Piso 1 e b) Sala dos elevadores do Piso 2.

O aspecto visual da sala dos elevadores do piso 2 é semelhante à do piso 1, tendo uma outra porta em frente aos elevadores onde se têm acesso aos outros corredores e salas do hotel correspondentes a situação de emergência. Possui a mesma quantidade de corredores e salas, dispostos em ordem inversa do piso 1 (ver Figura 21) e também possui dois corredores neutros (indicados em amarelo na imagem), tal como no piso 1 para manter o mesmo elo de comparação e condições experimentais.



*Figura 21: Vista superior do piso 2 do Ambiente Virtual do experimento do estudo experimental A.*

No Piso 2, seguiu o mesmo molde para distribuição das salas em relação aos corredores, tendo assim 5 salas na seguinte sequência: a Sala de Leitura, Cafeteria, Sala de espera, Hall de entrada do Salão Faro, Hall de entrada do Salão Lisboa e por fim o Salão Évora onde termina a experiência, conforme podemos observar na Figura 22.

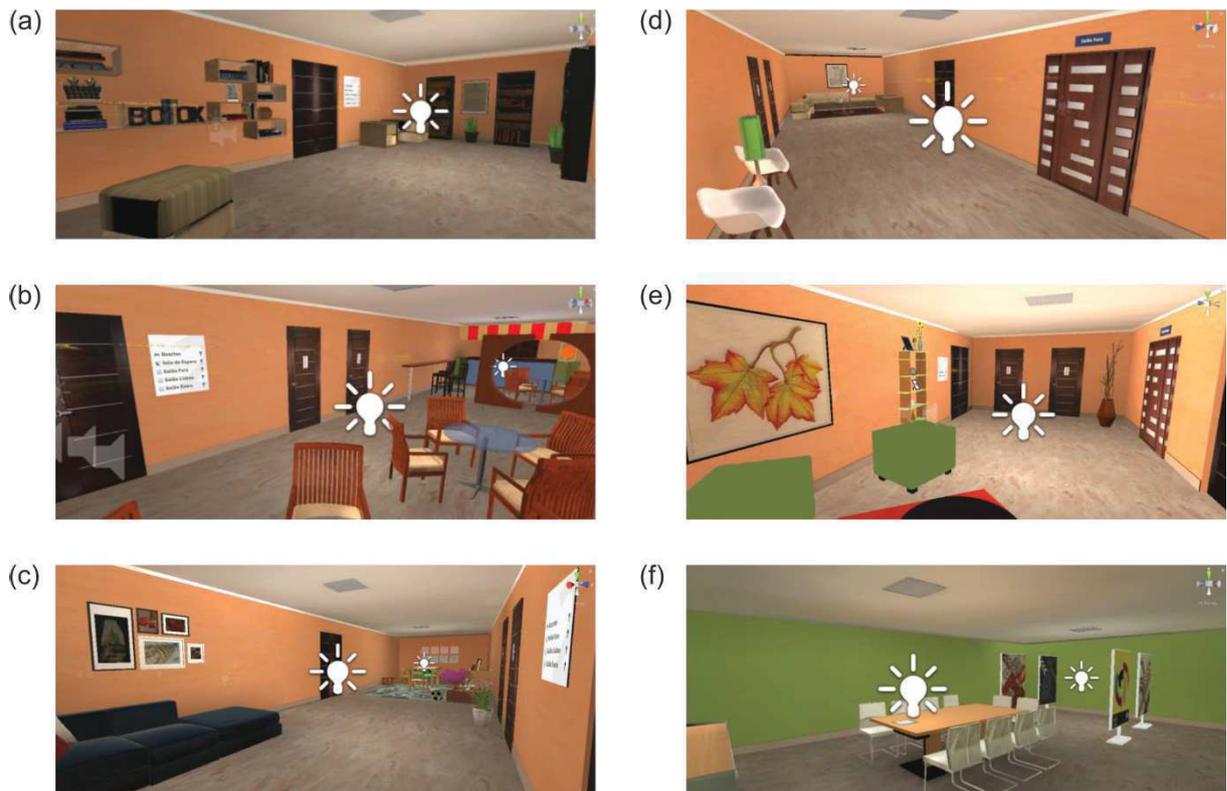


Figura 22: Salas do Piso 2 do Experimento A. a) Sala de leitura, b) Cafeteria, c) Sala de espera, d) Salão Faro, e) Salão Lisboa e f) Salão Évora.

Da mesma maneira, como no Piso 1 (Figura 23), havia agentes virtuais a andar ou a correr e a variar em quantidade (1, 2, 3, 4 ou 5) com a diferença que no Piso 2 (Figura 24) existem as placas com sinais estáticos de emergência que foram colocadas com as setas indicando o caminho oposto em que os agentes virtuais deslocavam-se. Esta estratégia teve o intuito de verificar se os participantes iriam seguir os agentes virtuais ou iriam seguir a informação de segurança. Assim, tentar verificar a incidência da influência social nas tomadas de decisões em situações de emergência.

Após o participante sair do elevador e ter acesso ao primeiro corredor, iniciar-se a situação de emergência com o tocar da sirene (aviso sonoro) e propagação dos focos de incêndio. O participante ao se direcionar para a porta em frente ao elevador, ela irá abrir e ativar a movimentação dos agentes virtuais, conforme acontece no piso 1.



(a)



(b)

Figura 23: Agentes Virtuais a andar no Piso 1 na situação cotidiana do experimento A, a) Vista do participante no início do corredor e b) Vista do participante no meio do corredor.



(a)



(b)

Figura 24: Agentes Virtuais a correr no Piso 2 na situação de emergência do experimento A, a) Vista do participante no início do corredor e b) Vista do participante no meio do corredor.

O participante ao entrar no corredor e a porta fechar, a sirene será ativada e sons típicos de fogo também serão acionados e o som ambiente presente no primeiro piso é desativado. Quando se tiver escolhido a direção a tomar (esquerda ou direita), o participante irá ativar um *trigger* que irá ativar dois focos de incêndio no sentido oposto da sua escolha, assim não poderá retornar, sendo sempre induzido a seguir para a frente até o fim do experimento (ver Figura 25).

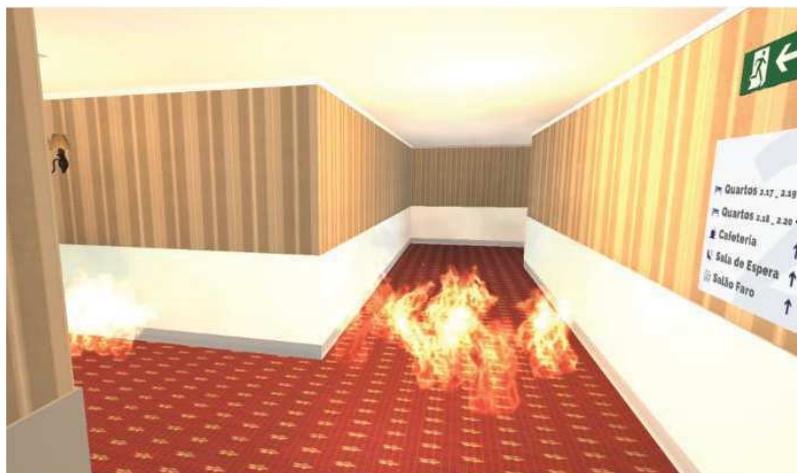


Figura 25: Focos de incêndio do piso 2 na situação de emergência do estudo experimento A.

A ornamentação dos corredores seguia o mesmo raciocínio, logo os elementos decorativos e demais elementos secundários foram dispostos de maneira que não interferissem na tomada de decisão dos participantes. Desse modo, os equipamentos de segurança, quadros e afins foram colocados depois do ponto de decisão dos participantes, em uma ordem diferente a cada corredor para não criar habituação dos participantes em relação ao ambiente virtual.

Os agentes virtuais e suas velocidades ao andar e correr tiveram que ser sincronizados com todos os demais sons envolvidos. Os sons tiveram que ser editados no *software Audacity* para que fosse possível identificar todos de forma clara e concisa, convertidas no formato Ogg Vorbis para aplicar no *software Unity 3D*<sup>®</sup>.

No *Sound mixers*, ferramenta integrada no *software Unity 3D* que permite ajustar o volume dos sons, teve-se o cuidado de separar os sons dos passos dos agentes virtuais (andar e correr) e do participante com relação aos demais sons, como a música ambiente do Piso 1 e no Piso 2 com fogo e alarme.

O som do alarme foi revisto diversas vezes até que fosse encontrado a frequência correta, pois durante os pré-testes verificou-se que os participantes ficavam muito agitados e em pânico, desistindo de continuar a experiência muito no início do Piso 2, sendo necessário acrescentar um tempo de pausa maior (2 a 3 segundos de silêncio) no *loop* para continuar a tocar o som novamente.

Ao fim do ajuste e sincronização das animações e sons associados, criou-se os *lightmappings* do ambiente virtual, processo que foi necessário repetir diversas vezes até que a iluminação e sombras tivessem coerentes e realistas.

O Processo de *lightmapping* presente no *software Unity 3D* executa um pré-processamento da iluminação e sombras no ambiente, e coloca essa informação sobre a forma de texturas. Este pré-processamento possibilita a utilização de um modelo de iluminação mais realista que o anterior, tornando os resultados também deles mais realistas. A principal desvantagem é que só pode ser aplicado a objetos que são estáticos no ambiente. O resultado deste processo ser em forma de texturas permite que, não haja computação em tempo real do modelo de iluminação e sombras, tornando o ambiente mais leve, ocupando apenas mais memória com as texturas extra. O ganho em nível de realismo compensa imensamente, sendo essa uma técnica utilizada há bastantes anos no mundo dos videogames.

Esse processo de criação de iluminação costuma demorar bastante tempo, já que o *software* faz o *rendering* de todos os objetos existentes no projeto. A cada mudança, ao acrescentar ou retirar algum elemento, ele calcula tudo novamente que esteja relacionado com esse objeto, seja ao acrescentar um novo ponto de luz ou remover algum objeto estático da cena. Por essa razão, esta costuma ser uma das etapas mais morosas e que requer paciência ao executá-la, já que esse processo pode demorar horas até finalizar cada *build* para execução de um *lightmapping*. Logo, até que todos os objetos estejam no local e pontos de iluminação corretos a finalização dessa tarefa pode durar semanas até que esteja tudo pronto. No entanto, uma vez finalizado esse processo, já não é preciso refazer os *lightmappings* e o projeto fica pronto para a recolha de dados, de forma eficiente e fluido.

Para garantir que o experimento todo corria à velocidade máxima de taxa de refreshamento do dispositivo de visualização (no caso dos *Oculus Rift DF2* é de 75Hz, ou seja, 75FPS (*frames per second*)), também era gravado o valor de FPS instantâneo, à mesma frequência que os restantes dados. Estes dados das FPS foram utilizados no desenvolvimento do ambiente virtual, para garantir que estavam constantes em toda a extensão do espaço, e para saber em que zonas era necessário otimizar os elementos do ambiente. O sistema de registos também grava a ocorrência de eventos, quando estes ocorrem, como é o caso de aberturas de portas, entrada em salas e corredores assim como o início de movimento dos agentes virtuais, com indicação do local onde o evento ocorreu.

### 3.1.2.1. Ambiente de treino

Antes de iniciar a recolha de dados com o ambiente virtual (o hotel) para o experimento A, foi construído um segundo cenário condizente com contexto e narrativa apresentada ao participante. Este cenário foi desenvolvido com o propósito que os participantes pudessem treinar o manuseio com os equipamentos e se adaptassem a sua utilização.

O ambiente de treino (ver Figura 26) representa o restaurante do hotel, onde havia várias mesas e balcão (o bar) com uma pequena recepção em frente para os clientes que estivessem à espera de lugar.

Foi solicitado aos participantes que se deslocassem entre as mesas a andar ou correr, assim poderiam treinar para além do manuseio, o controle com os equipamentos, minimizando eventuais erros e melhorando a sua destreza, tornando navegabilidade mais natural e realista.

Nesta etapa, também era possível verificar se os participantes conseguiam ler ou não as placas informacionais antes de iniciar o teste e se apresentavam algum indício de mal-estar, que pudessem desencadear enjoos e comprometer o êxito do experimento.



*Figura 26: Sala de treino (Restaurante do hotel) do ambiente virtual do estudo do experimento A.*

### 3.1.3. Condições Experimentais

As condições experimentais do estudo experimental A foram definidas consoante os objetivos iniciais do projeto que busca delinear uma metodologia capaz de averiguar a quantidade mínima de agentes virtuais que poderiam influenciar as tomadas de decisões dos participantes em situações cotidianas sem pressão temporal e em situações de emergência, avaliando a viabilidade da RV como ferramenta de estudo. Desse modo, a distribuição dos corredores foi determinada considerando duas variáveis, que são a quantidade de agentes virtuais e a sua velocidade de deslocamento (andar ou correr) ao interagir com os participantes no ambiente virtual. Estas variáveis estão discriminadas por local e o piso, estimando o tempo em que os participantes necessitariam para interagir e ultrapassar cada local, conforme estão descritos na Tabela 1 e Tabela 2.

*Tabela 1: Descrição locais do Piso1 no experimento A.*

PISO 1 – Situação cotidiana			
Local	Variáveis de estudo	Descrição	Tempo estimado
Recepção	-	Local onde se inicia a experiência.	10s
Corredor 1	4 Pessoas a andar para a direita.	O participante encontrarão pessoas a andar para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 2	1 Pessoa a correr para a esquerda.	O participante encontrará uma pessoa a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 3	3 Pessoas a correr para a direita.	O participante encontrarão pessoas a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
1ª Salão	-	Sala de espera composta por sofás e elementos decorativos. Seu intuito é compor contexto da narrativa no ambiente.	5s
Corredor 4	1 Pessoa a correr para a direita.	O participante encontrará uma pessoa a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 5	4 Pessoas a correr para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 6	3 Pessoas a andar para a direita.	O participante encontrarão pessoas a andar para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Iluminação e largura dos corredores iguais.	15s
Corredor 7	5 Pessoas a andar para a direita.	O participante encontrarão pessoas a andar para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
2ª Salão	-	Salão Porto.	5s
Corredor 8	5 Pessoas a andar para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 9	4 Pessoas a andar para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 10	3 Pessoas a andar para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 11	Neutro 1	O participante NÃO encontrará pessoas a percorrer este correr e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
3ª Salão	-	Hall de Entrada do Restaurante.	5s
Corredor 12	2 Pessoas a andar para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 13	2 Pessoas a correr para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 14	1 Pessoa a andar para a direita.	O participante encontrará uma pessoa a andar para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 15	4 Pessoas a correr para a direita.	O participante encontrarão pessoas a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
4ª Salão	-	Salão de Jogos.	5s
Corredor 16	Neutro 2.	O participante NÃO encontrará pessoas a percorrer este correr e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 17	3 Pessoas a correr para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 18	2 Pessoas a andar	O participante encontrarão pessoas a andar para a direita e deverá	15s

<b>PISO 1 – Situação cotidiana</b>			
<b>Local</b>	<b>Variáveis de estudo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tempo estimado</b>
5ª Salão	para a direita.	escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	5s
Corredor 19	-	Hall de entrada do SPA.	15s
Corredor 20	5 Pessoas a correr para a direita.	O participante encontrarão pessoas a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 21	1 Pessoa a andar para a esquerda.	O participante encontrará uma pessoa a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 22	5 Pessoas a correr para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Corredor 22	2 Pessoas a correr para a direita.	O participante encontrarão pessoas a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita).	15s
Sala do elevador	-	Local onde termina o primeiro piso e dá acesso ao segundo piso.	3s
<b>Tempo total do piso 1</b>			<b>368s</b>

*Tabela 2: Descrição locais do Piso2 no experimento A.*

<b>PISO 2 – Situação de emergência</b>			
<b>Local</b>	<b>Variáveis de estudo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tempo estimado</b>
Sala do elevador	-	Local onde se inicia o segundo piso.	3s
Corredor 23	2 Pessoas a correr para a direita.	O participante encontrarão pessoas a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
Corredor 24	5 Pessoas a correr para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a direita.	10s
Corredor 25	1 Pessoa a andar para a esquerda.	O participante encontrará uma pessoa a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Iluminação e largura dos corredores iguais. Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a direita.	10s
Corredor 26	5 Pessoas a correr para a direita.	O participante encontrarão pessoas a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Iluminação e largura dos corredores iguais. Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
6ª Salão	-	Sala de Leitura	5s
Corredor 27	2 Pessoas a andar para a direita.	O participante encontrarão pessoas a andar para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
Corredor 28	3 Pessoas a correr para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a direita.	10s
Corredor 29	Neutro 3.	O participante NÃO encontrará pessoas a percorrer este correr e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a Direita.	10s
7ª Salão	-	Cafeteria	5s
Corredor 30	4 Pessoas a correr para a direita.	O participante encontrarão pessoas a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
Corredor 31	1 Pessoa a andar para a direita.	O participante encontrará uma pessoa a andar para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
Corredor 32	2 Pessoas a correr para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a direita.	10s
Corredor 33	2 Pessoas a andar para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a direita.	10s
8ª Salão	-	Sala de espera.	5s
Corredor 34	Neutro 4	O participante NÃO encontrará pessoas a percorrer este correr e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
Corredor 35	3 Pessoas a andar para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a direita.	10s
Corredor 36	4 Pessoas a andar para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a direita.	10s
Corredor 37	5 Pessoas a andar para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a andar para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de	10s

<b>PISO 2 – Situação de emergência</b>			
<b>Local</b>	<b>Variáveis de estudo</b>	<b>Descrição</b>	<b>Tempo estimado</b>
9ª Salão	-	emergência com seta indicando o caminho para a direita. Hall de entrada do Salão Faro.	5s
Corredor 38	5 Pessoas a andar para a direita.	O participante encontrarão pessoas a andar para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
Corredor 39	3 Pessoas a andar para a direita.	O participante encontrarão pessoas a andar para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
Corredor 40	4 Pessoas a correr para a esquerda.	O participante encontrarão pessoas a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a direita.	10s
Corredor 41	1 Pessoa a correr para a direita.	O participante encontrará uma pessoa a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
10ª Salão	-	Hall de entrada do Salão Lisboa.	5s
Corredor 42	3 Pessoas a correr para a direita.	O participante encontrarão pessoas a correr para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
Corredor 43	1 Pessoa a correr para a esquerda.	O participante encontrará uma pessoa a correr para a esquerda e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a direita.	10s
Corredor 44	4 Pessoas a andar para a direita.	O participante encontrarão pessoas a andar para a direita e deverá escolher uma direção a seguir (Esquerda ou direita). Sinal de emergência com seta indicando o caminho para a esquerda.	10s
Fim	-	Salão Évora onde termina a experiência.	5s
<b>Tempo total do piso 2</b>			<b>248s</b>

### 3.1.4. Variáveis de análise

A variável dependente deste estudo é verificar se as pessoas seguem ou não os outros indivíduos. Para variável independente utilizou-se da manipulação da quantidade de agentes virtuais (1, 2, 3, 4 ou 5) a percorrer aos corredores, variando também em gênero (masculino e feminino) e velocidade do passo (a andar – 1,7m/s ou a correr - 4m/s).

### 3.1.5. Amostra

O perfil da amostra utilizada nos experimentos foi atribuído aleatoriamente por cada condição experimental, distribuídos igualmente em número e gênero, com faixa etária dos 18 aos 35 anos de idade (adultos) e nível de instrução semelhantes (estudantes do ensino superior). A escolha deste perfil condiz com o público-alvo do contexto em estudo, e por conveniência ser parcela populacional mais disponível em centros acadêmicos.

Os fatores exclusivos dentro desta representação do grupo demográfico em estudo foram determinados após o *feedback* de questões éticas e de segurança, pre-

sentes no termo de consentimento livre e informado<sup>7</sup> que é apresentado ao participante antes de iniciar a coleta de dados. Estas questões são: Sofre de doença cardíaca (Ex. arritmias); sofre de vertigens; no caso de ser mulher, se está grávida. Pois, qualquer um desses fatores dependendo do nível de stress poderiam acarretar algum tipo de risco à saúde do participante ou proporcionar facilmente enjoos e mal-estar, tornando o participante inapto para coleta de dados.

Outra questão apresentada dentro desse bloco, pergunta se o indivíduo é destro ou não. Neste caso, a pergunta não tinha o mesmo propósito das demais. A sua função era verificar se este era um fator determinante para a tomada de decisão para uma determinada direção e que posteriormente poderia auxiliar na compreensão dos resultados obtidos. Estudos anteriores demonstram a tendência das pessoas a seguirem o mesmo sentido, os canhotos preferem o lado esquerdo e os destros, o direito (Casasanto & Jasmin, 2010).

Numa fase inicial o ambiente virtual necessita passar por um processo de validação e fazer eventuais ajustes para evitar falhas na obtenção de dados, nesta fase a amostra foram de 10 participantes. Na amostra final houve a participação de 20 indivíduos para todas as condições experimentais, incluindo na condição de controle.

### **3.1.6. Procedimentos experimentais**

Os procedimentos realizados para a coleta de dados foram os mesmos aplicados aos pré-testes e na execução do experimento.

Antes de iniciar os experimentos, há a fase de pré-testes que é importante para evitar falhas no sistema durante a coleta de dados, e ajustar o ambiente de acordo com os *feedbacks* dos utilizadores. À medida que foram sendo realizados os pré-testes, foram sendo feitos reajustes. E após a correção das falhas no sistema, tanto no ambiente virtual como nos questionários, pode-se iniciar a coleta de dados para a execução dos experimentos.

---

<sup>7</sup>O termo de consentimento livre e informado consiste no assentimento, em regra, individual, prévio, instruído, esclarecido, livre, expresso, específico, positivo e revogável em qualquer altura por parte dos indivíduos, ou seus representantes, participantes em estudos científicos. No domínio da investigação científica em ensaios clínicos e médica são especificamente aplicáveis as normas do regulamento (UE) nº 536/2014 do PE e conselho de 16/04, da lei nº21/2014, de 16/04, na redação atual, e da lei nº 12/2005, de 26/01, sem prejuízo do disposto na declaração de Helsínquia e convenção de Oviedo (RAR nº 1/2001, de 03/01).

Antes de iniciar o experimento, é apresentado o termo de consentimento livre e informado (ver Apêndice 1) e é ressaltado ao participante que pode abandonar o experimento a qualquer momento, especialmente caso não esteja em condições de continuar, em caso de enjoos ou indisposição.

No fim do experimento, aplicou-se o questionário de presença (Apêndice 2), e foram incluídas duas questões subjetivas para averiguar a opinião dos participantes em relação aos agentes virtuais para investigar e averiguar o efeito da influência social.

O protocolo para o recolhimento de dados seguiu os seguintes passos:

- Pedir para a pessoa ler e assinar o termo de consentimento;
- Explicar o objetivo do estudo: Testar o sistema de RV para o estudo do comportamento das pessoas. Pedir que as pessoas se comportem como se estivessem em um ambiente real;
- Mostrar as pessoas o equipamento utilizado: HMD, gamepad para se movimentarem dentro da simulação;
- Ligar os HMD;
- Carregar o cenário de treino;
- Colocar os equipamentos;
- Pedir que a pessoa se movimente pelo cenário de treino, caminhar entre as mesas do restaurante do hotel evitando bater nos objetos completando uma volta completa numa delas, explicar o funcionamento do gamepad;
  - Inclinando para o lado o corpo virtual e girar;
  - Empurrar para frente fazendo com que o corpo virtual ande em frente;
  - Empurrar para trás fazendo com que o corpo virtual ande de costas;
  - Demonstrar como regular a velocidade de navegação pressionando o *trigger RT* do gamepad.
- Verificar que as pessoas já têm domínio no gamepad e que declarem que estão aptas a começar (ver se já não apresentam sinais de enjoo);
- Carregar o cenário de acordo com a condição experimental (1º e 2º piso);
- Explicar o teste e apresentar a seguinte narrativa:

*Imagine que você vai apresentar um workshop muito importante para o início da sua carreira profissional. Infelizmente, houve um imprevisto e o professor que iria ministrar o curso antes de você não virá devido a problemas de saúde. Você recebeu um email do diretor do evento onde foi informado que deveria substituí-lo e assim que chegar ao hotel deve dirigir-se ao Salão Évora no segundo piso. Por favor aja como se estivesse em uma situação real, respondendo ao que lhe for solicitado, mesmo que imprevistos ocorram durante a simulação.*

- Pedir para a pessoa repetir as instruções e ressaltar que deve agir como se estivesse numa situação real;
- O participante ao dirigir-se à entrada da porta vai pisar no trigger T\_StartMove\_Path1Floor\_Corridor1 para iniciar a movimentação dos agentes virtuais do primeiro corredor;
- Ao chegar ao meio do corredor 1, o participante irá pisar no trigger T\_OpenDoor\_Corridor1 que irá abrir as portas do Corredor 1 tanto na esquerda quanto na direita;
- Ao chegar no ponto de decisão (esquerda ou direita), o participante irá pisar no T\_CloseDoor\_Recepção que irá fechar a porta de acesso ao corredor 1, evitando que o participante retorne e prossiga sempre em frente;
- Após o participante ter escolhido a direção a tomar, no início do próximo corredor irá pisar no trigger T\_CloseDoor\_Corridor1 que irá fechar as portas do corredor 1, evitando que o participante retorne e prossiga sempre em frente;
- Esse é o mesmo princípio de ativação das portas (abrir e fechar) em todos os corredores subsequentes.
- O participante terá que percorrer vários corredores até encontrar a sala dos elevadores e ter acesso ao segundo piso.
- Antes de iniciar a interação com o segundo piso, dá-se uma pausa de 3 a 5 minutos, removendo os óculos dos participantes durante esse período.
- No segundo piso, irá acontecer a situação de emergência. Onde os sons de alarme e de fogo serão ativos após o participante entrar no corredor 23 e suas portas estiverem fechadas.
- A dinâmica utilizada para a movimentação dos agentes virtuais e portas são as mesmas do primeiro piso.

- A ativação dos triggers do fogo que ficam localizados em pontos estratégicos do ambiente virtual após os participantes tomem as escolhas de caminho (esquerda ou direita), o fogo será ativado no sentido contrário para que não regressasse e ande sempre em frente.
- Quando a pessoa chegar ao final da simulação, desligar a simulação.
- Retirar os equipamentos e perguntar se a pessoa está bem;
- Pedir para que responda os questionários.

### 3.1.7. Procedimentos estatísticos

Para avaliar os dados do ponto de vista estatístico foi feita uma análise de regressão linear simples que consiste em verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Em outras palavras consiste na obtenção de uma equação que tenta explicar a variação da variável dependente pela variação do(s) nível(is) da(s) variável(is) independente(s).

Para tentar estabelecer uma equação que representa o fenômeno em estudo pode-se fazer um gráfico, chamado de diagrama de dispersão, para verificar como se comportam os valores da variável dependente (Y) em função da variação da variável independente (X).

O questionário de presença foi analisado utilizando o programa de estatística IBM® SPSS Statistics v22, com um nível de significância de 5%. Foram criadas variáveis compostas, com a média das respostas dadas em cada secção do questionário. As variáveis compostas criadas são:

- 1) QSID\_global, que representa a secção Qualidade sensorial - grau de imersão;
- 2) QI\_global, que representa a secção Qualidade da interação no mundo virtual;
- 3) QSSF\_global, que representa a secção Qualidade sensorial – factores sensoriais;
- 4) DF\_global, que representa a secção Qualidade da interação - factores de distração;
- 5) DF2\_global, que representa a segunda secção Qualidade da interação - factores de distração.

Foram realizadas análises de variância de sentido único (*one-way ANOVA*), usando como o fator de classificação o Corredor, e a lista de variáveis dependentes das respostas às perguntas do questionário e as variáveis compostas criadas.

### **3.2 Experimento B: Influência Social das multidões**

Tendo em vista os resultados obtidos no Experimento A e para ampliar a confiabilidade da metodologia proposta, como contribuição desta pesquisa, foi proposta uma metodologia, denominada de Experimento B, com melhorias no Experimento A, tanto no nível de construção do ambiente virtual, quanto na implementação de equipamentos para intensificar a imersão dos participantes durante a simulação.

Modificações também foram realizadas no questionário de presença, a fim de abordar as questões sensoriais pertinentes aos novos estímulos explorados (tátil e olfativo) e no levantamento demográfico referente as questões que não foram abordados no experimento A e que favoreceram o esclarecimento sobre a performance dos participantes durante a simulação.

Para o experimento B foram construídos dois ambientes virtuais tal como no experimento A com diferença na mudança do contexto de estudo, sendo eles: o ambiente principal para coleta de dados do estudo e o ambiente de treino para que os participantes treinem o manuseio e comandos dos equipamentos para a simulação.

O ambiente virtual desenvolvido, que representa uma instalação industrial de pequeno a médio porte do setor calçadista brasileiro, possuindo duas zonas de produção separadas por uma parede com uma rampa de acesso entre as duas zonas, permitirá avaliar a influência social em relação o efeito das multidões em situações de emergência.

O ambiente é amplo e com lotes de produção delineados com a indicação de placas informacionais. O dimensionamento do ambiente virtual do experimento B, possui 100 m de comprimento por 70 m de largura; no centro é onde está situada a rampa de acesso que interligam as Zonas 1 e 2, conforme pode-se observar na Figura 27.

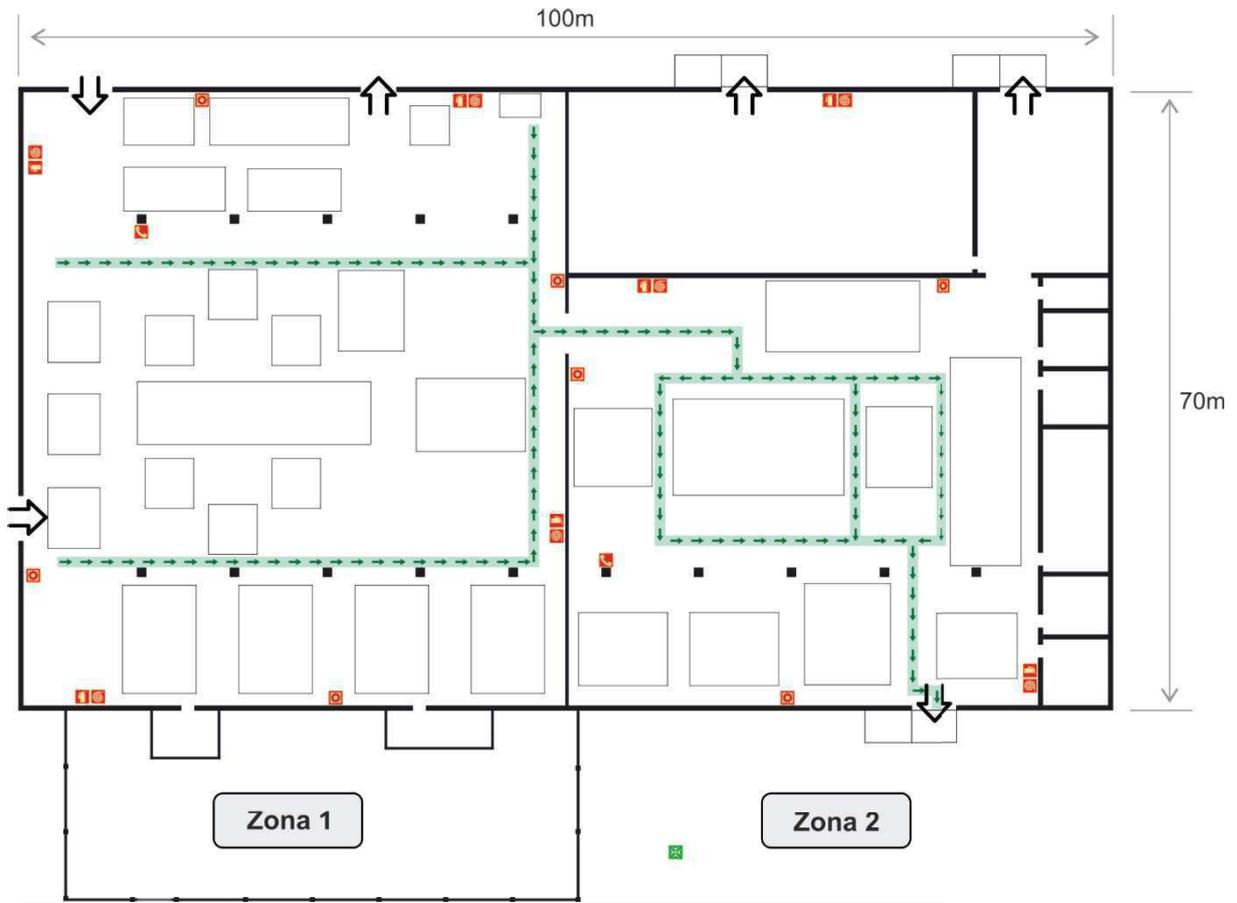


Figura 27: Vista de topo do AV do experimento B.

A zona 1 representa o sector de produção da sola do calçado, possui as entradas de acesso à edificação, sendo elas uma entrada principal, uma para recebimento de matéria prima e outra responsável pela saída e entrada de carga.

Na zona 2 é designada para produção de placas de EVA., onde ficam localizados os depósitos de matéria prima e produto finalizado, juntamente com saídas para despacho de mercadoria e a saída de emergência da edificação.

O *layout* de produção será o modelo híbrido, pois é o mais utilizado nesta tipologia de ambiente e processo de fabricação, além de poder englobar os demais tipos existentes. O ambiente virtual foi construído de modo que cada condição experimental tenha um tempo de interação do participante no máximo de 5 minutos, já que a exposição em RV não se deve ultrapassar os 10-15 minutos para evitar enjoos e desistências (Clemes & Howarth, 2005; McCauley & Sharkey, 1992; Rebenitsch & Owen, 2016).

Todo o desenvolvimento da metodologia proposta será descrito no capítulo 4 deste trabalho.

## **CAPÍTULO IV**

### **Resultados e Discussão**

#### **4.1 Análise do experimento A**

Estes são os resultados referente ao estudo do experimental A, que teve como objetivo avaliar a viabilidade da RV como ferramenta de análise comportamental, e averiguar qual o número mínimo de agentes virtuais que poderiam influenciar o participante a segui-los nas tomadas de decisões.

Os pré-testes foram realizados entre fevereiro e março de 2017, até que todos os ajustes no ambiente tivessem sido prontos, com uma amostra total de 10 participantes.

O ambiente virtual foi construído para que o tempo de interação fosse em média 10 minutos, porém devido a curiosidade dos participantes em explorarem o ambiente e à dimensão do ambiente ser bastante longo, os experimentos perduravam por cerca de 16 minutos de interação com o mundo virtual ultrapassando o tempo estimado, como esperado, a taxa de enjoos e desistências foram elevados (McCauley & Sharkey, 1992; Rebenitsch & Owen, 2016).

A fim de resolver este problema, o experimento passou a ter uma pausa após os participantes chegarem à sala dos elevadores do Piso 1. Neste momento, foram retirados os equipamentos de RV e depois de 3 a 5 minutos de pausa, o participante retomava o experimento e podia prosseguir.

Após validação do ambiente virtual com a fase dos pré-testes, deu-se início a coleta de dados do experimento A, que obteve uma amostra de 20 participantes, onde destes apenas 11 conseguiram concluir o experimento (apenas 7 participantes concluíram todo o ambiente e mais 4 participantes fizeram até cerca de metade do piso 2). Os demais desistiram de concluir o experimento, por se sentirem cansados e enjoados durante o experimento, e naturalmente esses dados não foram contabilizados para análise global. Mesmo com limitação do tamanho da amostra, serão apresentados os dados analisados, que apresentam desde já alguns indicadores dos resultados face às variáveis em estudo.

Ao analisar o questionário de presença (apêndice 2) e avaliar o comportamento dos participantes, houve algumas limitações do estudo. Devido aos participantes terem observados todas as condições experimentais da mesma forma (por exemplo, com a mesma ordem de corredores e situações em cada um deles, embora a ordem pela qual os corredores se encontram fosse selecionada de forma aleatória). Embora se possa garantir a replicabilidade do estudo, não é possível prevenir completamente a potencial influência do fator ordem dos corredores. O ideal seria repetir algumas das condições experimentais de forma aleatória para confirmar se escolha dos caminhos tomados foram de forma consciente ou por acaso. Porém, neste caso não seria possível incluir esta opção ao estudo para não estender ainda mais o tempo experimental que já foi demasiado longo.

Da mesma forma, cada tipo de corredor (por exemplo, 2 agentes virtuais, a correr) apenas se repete duas vezes em cada piso, com um corredor onde os agentes virtuais vão para a esquerda e outros vão para a direita. Em relação ao tipo de análise e conclusões que podem ser retiradas, e tendo em conta estas limitações, não se pode generalizar, neste momento, os resultados obtidos para a população em geral.

Os dados coletados do experimento A em relação aos questionários foram analisados utilizando o programa de estatística IBM® SPSS Statistics v22, com um nível de significância de 5%. O questionário apresentado aos participantes foi

baseado no questionário de Presença (Witmer & Singer, 1998). O questionário é composto por 39 perguntas com resposta numa escala de Likert e duas perguntas de resposta aberta. As perguntas em escala de Likert do questionário estão presentes na Tabela 3. Também foram criadas variáveis compostas, com a média das respostas dadas em cada secção do questionário. As variáveis compostas criadas são:

1) QSID\_global, que representa a secção Qualidade sensorial - grau de imersão (da pergunta 1 até à pergunta 5 inclusive);

2) QI\_global, que representa a secção Qualidade da interação no mundo virtual (da pergunta 6 até à pergunta 13 inclusive);

3) QSSF\_global, que representa a secção Qualidade sensorial – fatores sensoriais (da pergunta 14 até à pergunta 23 inclusive);

4) DF\_global, que representa a secção Qualidade da interação - factores de distração (da pergunta 24 até à pergunta 34 inclusive);

5) DF2\_global, que representa a segunda secção Qualidade da interação - factores de distração (da pergunta 35 até à pergunta 39 inclusive). Algumas das perguntas presentes no questionário foram apresentadas com a escala invertida, como é o caso de toda a secção DF\_global e das perguntas 25, 30 e 31 e estão apresentadas nas tabelas com outra cor.

Foram realizadas análises de variância de sentido único (one-way ANOVA), usando como o factor de classificação o Corredor, e a lista de variáveis dependentes das respostas às perguntas do questionário e as variáveis compostas criadas.

Na Tabela 3 é possível observar, por cada corredor analisado, as perguntas que obtiveram diferenças significativas, assim como o sentido dessa significância face ao fator influência social (se o participante seguiu ou não os agentes virtuais). Presente na mesma tabela, o número de participantes que, seguiu ou não seguiu os agentes virtuais, assim como a quantidade de agentes virtuais presentes em cada corredor, se estavam a andar ou a correr e qual a direção que os agentes virtuais tomavam nesse corredor. Os corredores 11, 16 do piso 1 e os corredores 29 e 34 do piso 2 são os corredores neutros.

Tabela 3: Resultados obtidos da aplicação das ANOVAs de sentido único, por corredor, às respostas do questionário referente ao experimento A.

Corredores	# Agentes Virtuais	Andar (1) Correr (2)	Esquerda (1) Direita (2)	Pergunta	p-value	Vantagem	Não Seguiu	Seguiu
<b>Piso 1</b>								
1	4	1	2	Q8	0.018	não seguiu	3	8
				DF2_global	0.049	não seguiu		
2	1	2	1	Q36	0.031	seguiu	5	6
				Q37	0.035	seguiu		
3	3	2	2	Q8	0.006	não seguiu	2	9
				DF2_global	0.041	não seguiu		
4	1	2	2	Q23	0.034	não seguiu	4	7
5	4	2	1	Q13	0.012	seguiu	4	7
				Q37	0.048	seguiu		
6	3	1	2	Q23	0.034	não seguiu	4	7
				Q32	0.050	não seguiu		
				DF2_global	0.043	não seguiu		
7	5	1	2	Q10	0.035	seguiu	4	7
				DF_global	0.033	seguiu		
8	5	1	1	Q9	0.016	seguiu	5	6
				Q37	0.035	seguiu		
9	4	1	1	Q36	0.003	seguiu	4	7
				DF2_global	0.001	seguiu		
10	3	1	1	Q21	0.019	não seguiu	8	3
				Q22	0.036	não seguiu		
				Q23	0.019	não seguiu		
				Q30	0.049	seguiu		
				QSSF_global	0.036	não seguiu		
11	-	-	-	-	-	-	-	-
12	2	1	1	Q11	0.048	não seguiu	7	4
				Q12	0.019	não seguiu		
13	2	2	1	nenhuma	-	-	5	6
14	1	1	2	DF_global	0.049	seguiu	4	7
15	4	2	2	nenhuma	-	-	3	8
16	-	-	-	-	-	-	-	-
17	3	2	1	Q32	0.025	seguiu	6	5
18	2	1	2	Q25	0.031	seguiu	6	5
				Q39	0.040	seguiu		
				DF_global	0.012	seguiu		
19	5	2	2	Q8	0.018	não seguiu	3	8
				QI_global	0.028	não seguiu		
20	1	1	1	Q37	0.019	seguiu	6	5
21	5	2	1	Q31	0.019	seguiu	5	6
22	2	2	2	DF2_global	0.025	seguiu	2	9

Corredores	# Agentes Virtuais	Andar (1) Correr (2)	Esquerda (1) Direita (2)	Pergunta	p-value	Vantagem	Não Seguiu	Seguiu
<b>Piso 2</b>								
23	2	2	2	Q6	0.022	seguiu	2	9
				Q8	0.033	seguiu		
				Q11	0.040	seguiu		
				Q32	0.018	seguiu		
24	5	2	1	Q2	0.039	não seguiu	4	7
				Q11	0.048	seguiu		
				Q38	0.018	seguiu		
25	1	1	1	Q11	0.040	não seguiu	9	2
				Q20	0.033	não seguiu		
				Q22	0.006	não seguiu		
26	5	2	2	nenhuma	-	-	2	9
27	2	1	2	nenhuma	-	-	7	4
28	3	2	1	Q5	0.023	não seguiu	5	6
				Q12	0.036	não seguiu		
				Q18	0.017	não seguiu		
				Q19	0.024	não seguiu		
				Q20	0.024	não seguiu		
				Q37	0.019	não seguiu		
QI_global	0.028	não seguiu						
29	-	-	-	-	-	-	-	-
30	4	2	2	nenhuma	-	-	6	4
31	1	1	2	Q32	0.037	seguiu	6	4
				Q33	0.027	não seguiu		
32	2	2	1	DF2_global	0.003	seguiu	5	5
33	2	1	1	Q23	0.041	seguiu	6	4
				Q28	0.031	não seguiu		
34	-	-	-	-	-	-	-	-
35	3	1	1	Q16	0.022	não seguiu	6	1
				Q24	0.009	não seguiu		
				QSID_global	0.048	não seguiu		
36	4	1	1	Q10	0.008	não seguiu	5	2
37	5	1	1	Q16	0.022	não seguiu	6	1
				Q24	0.009	não seguiu		
				QSID_global	0.048	não seguiu		
38	5	1	2	Q4	0.025	não seguiu	5	2
				QSID_global	0.030	não seguiu		
				QI_global	0.036	não seguiu		
39	3	1	2	nenhuma			6	1
40	4	2	1	nenhuma			3	4
41	1	2	2	Q18	0.018	seguiu	3	4
				Q24	0.04	seguiu		
42	3	2	2	Q15	0.025	não seguiu	2	5

Corredores	# Agentes Virtuais	Andar (1) Correr (2)	Esquerda (1) Direita (2)	Pergunta	p-value	Vantagem	Não Seguiu	Seguiu
43	1	2	1	nenhuma	-	-	1	6
44	4	1	2	nenhuma	-	-	7	0

Analisando a Tabela 3, por piso (situação cotidiana versus situação de emergência), pode-se observar que algumas variáveis (compostas ou perguntas individuais) obtiveram diferenças significativas em vários corredores. Em alguns corredores, no entanto, não foram encontradas diferenças significativas em nenhuma das variáveis em questão (i.e., corredores 13 e 15 do piso 1 e corredores 26, 27, 30, 39, 40, 43 e 44 no piso 2). Também se pode observar que apenas um único corredor suscitou que todos os participantes não seguissem os agentes virtuais, o que aconteceu no último corredor.

Na Tabela 4, é possível observar o número de vezes que cada pergunta obteve valores com diferenças significativas, e o número de vezes de cada sentido da significância (seguiu ou não seguiu) dessas diferenças.

*Tabela 4: Número de ocorrências de diferenças significativas e quantidade do sentido dessa significância do experimento A.*

Piso 1	# Ocorrências	Sentido da significância		Piso 2	# Ocorrências	Sentido da significância	
		Seguiu	Não Seguiu			Seguiu	Não Seguiu
DF2_global	5	2	3	Q11	3	2	1
Q37	4	4	-	Q24	3	1	2
DF_global	3	3	-	QSID_global	3	-	3
Q8	3	-	3	Q16	2	-	2
Q23	3	-	3	Q18	2	1	1
Q32	2	1	1	Q20	2	-	2
Q36	2	2	-	Q32	2	2	-
QI_global	1	-	1	QI_global	2	-	2
QSSF_global	1	-	1	DF2_global	1	1	-
Q9	1	1	-	Q2	1	-	1
Q10	1	1	-	Q4	1	-	1
Q11	1	-	1	Q5	1	-	1
Q12	1	-	1	Q6	1	1	-
Q13	1	1	-	Q8	1	1	-
Q21	1	-	1	Q10	1	-	1
Q22	1	-	1	Q12	1	-	1
Q25	1	-	1	Q15	1	-	1
Q30	1	1	-	Q19	1	-	1
Q31	1	1	-	Q22	1	-	1
Q39	1	1	-	Q23	1	1	-
-	-	-	-	Q28	1	-	1
-	-	-	-	Q33	1	-	1

Piso 1	# Ocorrências	Sentido da significância		Piso 2	# Ocorrências	Sentido da significância	
		Seguiu	Não Seguiu			Seguiu	Não Seguiu
-	-	-	-	Q37	1	-	1
-	-	-	-	Q38	1	1	-
<b>Total</b>	35	18	17	<b>Total</b>	35	11	24

Começando por observar os totais do sentido da significância, no Piso 1, não existe praticamente diferença, o que poderá indicar que a sensação de presença não é afetada pelo fator seguiu ou não seguiu os agentes virtuais. No entanto, quando se observa os totais do Piso 2, já existe uma predominância de diferenças significativas para quem não seguiu os agentes virtuais.

Em relação ao Piso 1, pode-se observar que a pergunta Q37 (noção do tempo) existiram 4 corredores com diferenças significativas e todas as diferenças eram no sentido de quem seguiu os outros participantes. No entanto, para o Piso 2, só houve diferenças uma vez para essa pergunta, mas no sentido de quem não seguiu.

Outras perguntas que parecem inversas no sentido dependendo do piso, são: Q8 e Q23 com 3 diferenças significativas no piso 1 no sentido não seguiu e apenas 1 ocorrência para cada uma dessas perguntas no Piso 2, no sentido inverso.

A pergunta Q8 está relacionada com o nível de controle na navegação. O fator emergência, poderá atenuar a percepção de controle dos participantes de igual forma, devido à situação de stress acrescida. No entanto, também existe a possibilidade de haver uma diferenciação no tempo de adaptação aos controles por parte dos participantes, que após os vários corredores, essa diferença se tenha diluído quando chegam ao Piso 2.

A pergunta Q23 está relacionada com a qualidade da percepção dos estímulos visuais. Tendo em conta que no Piso 1, as diferenças ocorreram mais no sentido de quem não seguiu os agentes virtuais, considera-se que possa estar relacionado com a possibilidade dos participantes que não seguiram os agentes virtuais terem a possibilidade de observar o ambiente de forma mais detalhada do que os participantes que seguiram os agentes virtuais, que provavelmente teriam uma tendência a fixarem-se nos agentes virtuais que estavam a seguir. No entanto, isto apenas poderia ser confirmado recorrendo à utilização de um *eye-tracker*.

Em relação ao Piso 2, para o caso das variáveis com apenas 1 sentido, é possível observar-se que para a variável composta QSID\_global (com 3 ocorrências) e para as perguntas Q2 (1), Q4 (1), Q5 (1), Q15 (1), Q16 (2), Q19 (1) e Q20 (2), são ocorrências exclusivas deste piso, onde o sentido é para quem não seguiu os agentes virtuais nos corredores.

Para a pergunta Q6 (1), Q23 (1), Q32 (2) e Q38 (1), o sentido é inverso. No caso da variável composta QI\_global, existem duas ocorrências no piso 2 e uma no piso 1, ambas no sentido de quem não seguiu os agentes virtuais. A pergunta Q16 refere-se ao efeito que os estímulos auditivos tinham na sensação de presença do participante.

No Piso 2, na situação de emergência, havia o som crepitante do fogo e do alarme, além dos sons dos agentes virtuais a andar ou a correr. Os corredores onde houve diferenças significativas para a pergunta Q16 foram o corredor 35 e 37, que tinham 3 e 5 agentes virtuais respectivamente, a andar. O que não era esperado é o sentido da significância ter sido para quem não seguiu os agentes virtuais. No caso da pergunta Q20, relacionada com a facilidade era possível explorar visualmente o ambiente, tal como referido no caso do Piso 1, isso poderá estar relacionado com a fixação do campo de visão nos agentes virtuais, o que não aconteceu com as pessoas que não os seguiram.

A pergunta Q32 refere-se ao ponto que as pessoas conseguiam concentrar-se nas tarefas pedidas em vez de se concentrarem nos dispositivos de interação. O sentido da significância é para quem seguiu os agentes virtuais. Uma possibilidade para este resultado é que o fato de as pessoas terem que seguir os agentes virtuais forneceu com mais hipótese de controle na navegação. Ressaltamos que o fato de terem seguido os agentes virtuais, reduziu a necessidade de controle de movimento da cabeça, assim como o de navegação, dando assim a sensação de cumprimento das tarefas.

Para verificar se havia algum padrão entre o número de ocorrências de diferenças significativas e o fato de os agentes virtuais estarem a andar ou a correr, obteve-se a Tabela 5.

*Tabela 5: Número de ocorrências de diferenças significativas e quantidade de corredores onde os agentes virtuais estavam a correr ou a andar no experimento A.*

<b>Piso 1</b>	<b># Ocorrências</b>	<b>Andar</b>	<b>Correr</b>	<b>Piso 2</b>	<b># Ocorrências</b>	<b>Andar</b>	<b>Correr</b>
DF2_global	5	3	2	Q11	3	1	2
Q37	4	2	2	Q24	3	2	1
DF_global	3	3	-	QSID_global	3	3	-
Q8	3	1	2	Q16	2	2	-
Q23	3	2	1	Q18	2	-	2
Q32	2	1	1	Q20	2	-	1
Q36	2	1	1	Q32	2	-	1
QI_global	1	-	1	QI_global	2	-	1
QSSF_global	1	1	-	DF2_global	1	-	1
Q9	1	1	-	Q2	1	-	1
Q10	1	1	-	Q4	1	1	-
Q11	1	1	-	Q5	1	-	1
Q12	1	1	-	Q6	1	-	1
Q13	1	-	1	Q8	1	-	1
Q21	1	1	-	Q10	1	1	-
Q22	1	1	-	Q12	1	-	1
Q25	1	1	-	Q15	1	-	1
Q30	1	1	-	Q19	1	-	1
Q31	1	-	1	Q22	1	1	-
Q39	1	1	-	Q23	1	1	-
-	-	-	-	Q28	1	1	-
-	-	-	-	Q33	1	1	-
-	-	-	-	Q37	1	-	1
-	-	-	-	Q38	1	-	1
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>23</b>	<b>12</b>	<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>17</b>	<b>18</b>

Nota-se que para o Piso 1, houve uma predominância de diferenças significativas em corredores onde os agentes virtuais estavam a andar, i.e., 23 ocorrências versus 12 corredores onde os agentes virtuais estavam a correr. Embora mais dados sejam necessários, porém deve-se ao fato de os participantes estarem num ambiente novo e a tentarem adaptar-se ao sistema (mesmo após a sessão de treino). No Piso 2, essa diferença não se verificou.

Considerando apenas os casos onde existiu mais do que uma ocorrência de diferenças significativas, no caso do Piso 1, apenas na variável composta DF\_global, com três ocorrências, se pode verificar que em todos esses corredores, os agentes virtuais estavam a andar. Como os agentes virtuais tinham um movimento de marcha mais lento, pode ser um fator influenciador para os fatores de distração representados por essa variável composta.

No caso do Piso 2, também considerando apenas os casos com mais do que uma ocorrência, a variável composta QSID\_global, assim como as perguntas Q16 e Q18 obtiveram tendência para o fato de os agentes virtuais estarem a andar (QSID\_global e Q16) e a correr (Q18). Tanto a pergunta Q16 como a Q18 estão relacionadas com os estímulos auditivos (Q16 até que ponto fizeram sentir dentro do ambiente e Q18 até que ponto conseguiu reconhecer/identificar). O fato de haver significância em ambos os sentidos é de certa forma possível, visto que, no Piso 2 existem mais sons (fogo a crepitar e o alarme de incêndio) além dos sons dos agentes virtuais a andarem ou a correrem.

Também foi feita uma análise semelhante às apresentadas anteriormente, considerando o número de agentes virtuais presentes em cada corredor. Na Tabela 6 é possível observar esses resultados.

*Tabela 6: Número de ocorrências de diferenças significativas e quantidade de corredores com determinado número de agentes virtuais no experimento A.*

Piso 1	#	# Agentes virtuais no corredor					Piso 2	#	# Agentes virtuais no corredor				
		1	2	3	4	5			1	2	3	4	5
DF2_global	5	-	1		2	2	Q11	3	1	1	-	-	1
Q37	4	2	-	-	1	1	Q24	3	1	-	1	-	1
DF_global	3	1	1	-	-	1	QSID_global	3	-	-	1	-	2
Q8	3	-	-	1	1	1	Q16	2	-	-	1	-	1
Q23	3	1	-	2	-	-	Q18	2	1	-	1	-	
Q32	2		-	2	-	-	Q20	2	1	-	1	-	
Q36	2	1	-	-	1	-	Q32	2	1	1		-	
QI_global	1	-	-	-	-	1	QI_global	2	-	-	1	-	1
QSSF_global	1	-	-	1	-	-	DF2_global	1	-	1	-	-	
Q9	1	-	-	-	-	1	Q2	1	-	-	-	-	1
Q10	1	-	-	-	-	1	Q4	1	-	-	-	-	1
Q11	1	-	1	-	-	-	Q5	1	-	-	1	-	-
Q12	1	-	1	-	-	-	Q6	1	-	1	-	-	-
Q13	1	-	-	-	1	-	Q8	1	-	1	-	-	-
Q21	1	-	-	1	-	-	Q10	1	-	-	-	1	-
Q22	1	-	-	1	-	-	Q12	1	-	-	1	-	-
Q25	1	-	1	-	-	-	Q15	1	-	-	1	-	-
Q30	1	-	-	1	-	-	Q19	1	-	-	1	-	-
Q31	1	-	-	-	-	1	Q22	1	1	-	-	-	-
Q39	1	-	1	-	-	-	Q23	1	-	1	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	Q28	1	-	1	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	Q33	1	1	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	Q37	1	-	-	1	-	-
-	-	-	-	-	-	-	Q38	1	-	-	-	-	1
<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>Total</b>	<b>35</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>9</b>

A primeira observação que se pode fazer da Tabela 6 é o fato de, no Piso 2, haver apenas uma única pergunta com diferenças significativas para quando existiram quatro agentes virtuais presentes em um corredor, na pergunta Q10. Essa pergunta refere-se ao grau de controle sobre o movimento do olhar que o participante tinha. É notório também que no caso do Piso 1, houve 11 perguntas onde existiram diferenças significativas, quando existiam 3 agentes virtuais no corredor.

Para ambos os pisos, nota-se também que com 3 ou 5 agentes virtuais em um corredor, obtiveram valores superiores do que os restantes corredores. Embora mais dados sejam necessários, poderá ser um indicador do número mínimo de agentes virtuais num corredor, assim como uma predominância para número ímpar de agentes virtuais em num corredor.

No Piso 1, no caso da variável composta DF2\_global, houve uma predominância de diferenças significativas em corredores com 4 e 5 agentes virtuais presentes (2 em cada). Esta variável composta engloba perguntas sobre o grau de realismo, coerência da experiência virtual com o mundo real, noção de tempo, grau de confusão no final da simulação e ainda a inconsistência entre as ações e a imagem projetada.

O fato de haver mais agentes virtuais no corredor, onde todos seguem a mesma direção poderá haver uma ligação com o grau de realismo e a coerência da experiência virtual com o mundo real, já que seria de certa forma possível que um grupo de pessoas seguisse pelo mesmo caminho.

Ainda no Piso 1, em relação à pergunta Q32 (concentração nas tarefas em vez de se concentrar nos dispositivos de interação), as duas ocorrências de significâncias foram em dois corredores com três agentes virtuais. Esta foi a única pergunta onde todas as perguntas estavam associadas a uma única quantidade de agentes virtuais nos corredores.

Ao analisar o desempenho dos participantes durante o experimento e verificando as suas tomadas de decisão em cada corredor, podemos ter uma conclusão prévia de vários fatores interessantes, por exemplo, a distância percorrida pelos participantes, calculada por piso e por corredor.

Um corredor é considerado desde o *trigger StartMove* e o *trigger CloseDoor* seguinte, ou seja, antes da tomada de decisão do participante até o fim do corredor

daquela secção. Assim, é considerada a distância percorrida entre esses dois pontos para cada corredor, em metros.

Na Figura 28 é possível observar que a distância percorrida no piso 2 é inferior ao piso 1, isto e a maior amplitude de valores observados poderá dever-se à pressão temporal e stress induzidos pela situação de emergência.

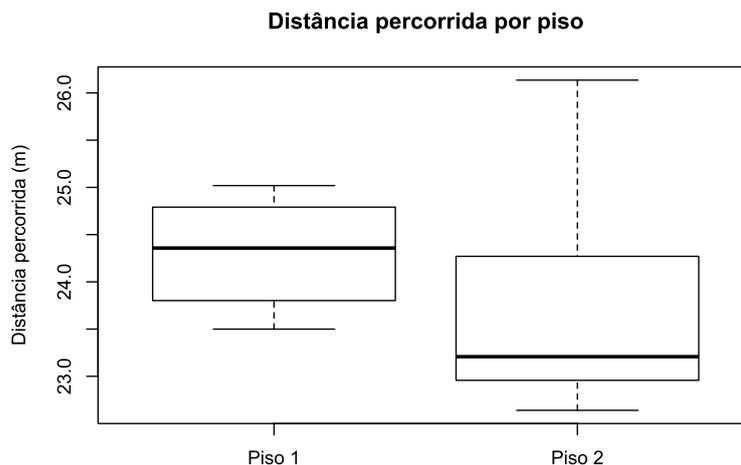


Figura 28: Boxplot da Distância percorrida por piso (1 e 2) no experimento A.

O cálculo da distância percorrida não foi contemplado nos corredores neutros, sendo estes representados pelas linhas verticais na Figura 29.

Os valores apresentados junto a cada resultado de cada corredor é o número de agentes virtuais presentes nesse corredor. Os valores a vermelho representam agentes virtuais a andar, agentes virtuais a correr são os em azul. Nota-se que, para o piso 1, nos primeiros corredores, a distância percorrida vai diminuindo, demonstrando o período de habituação do participante aos agentes virtuais e ao equipamento de navegação utilizados. O mesmo se observa no momento em que os agentes virtuais aparecem a andar.

No piso 2, nota-se uma ligeira alteração nos corredores iniciais, talvez devido à breve interrupção da sequência de aparecimento de corredores e agentes virtuais, na zona do elevador. Após os corredores iniciais, a distância percorrida varia pouco, até ao final do ambiente.

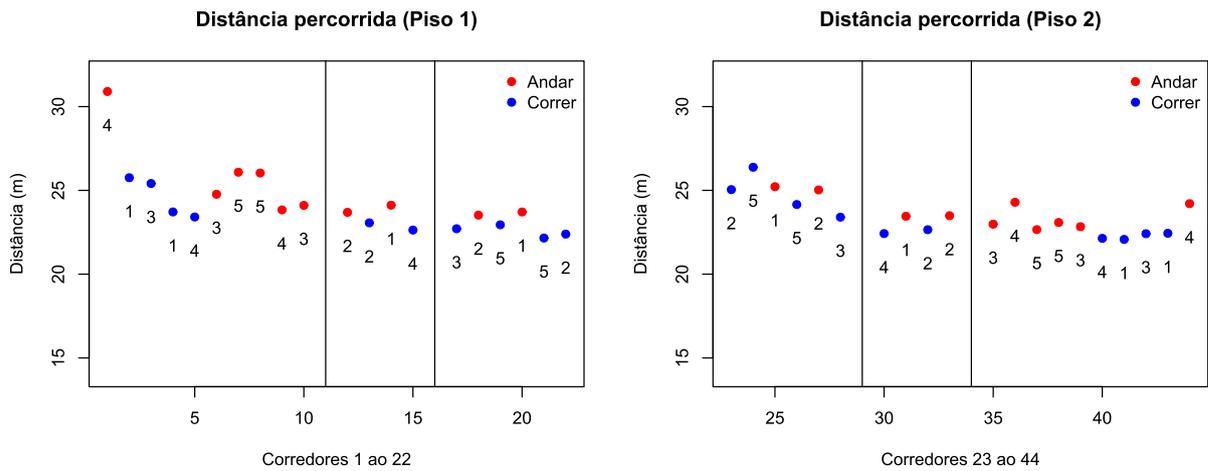


Figura 29: Distância percorrida por piso no experimento A.

No caso da velocidade média (Figura 30) é calculada através dos dados totais da simulação, com base na distância percorrida sobre o tempo total da simulação. Como expectável, a velocidade média no piso 2 é superior à do piso 1 e isso pode ser resultado de dois fatores: 1) habituação e maior destreza no controle da navegação no ambiente; e 2) o fator da situação de emergência, com os alarmes a tocar, criando uma pressão temporal para chegar ao destino. Como se pode observar, os 50% dos valores mais altos no piso 2 têm a velocidade média superior a toda a amostra no piso 1.

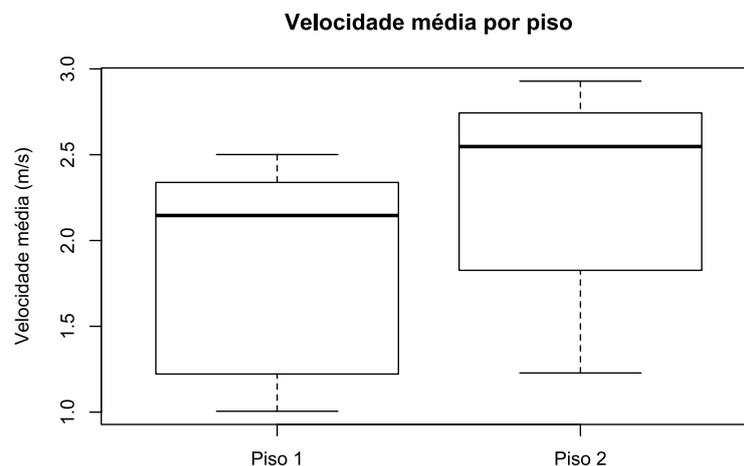


Figura 30: Boxplot da Velocidade Média por piso (1 e 2) no experimento A.

Em relação à velocidade média instantânea (Figura 31) calculada por corredor, os limites considerados são os mesmos já mencionados para o caso da distância percorrida, ou seja, é contabilizada a distância e o tempo desde o *trigger StartMove* até ao *trigger CloseDoor* seguinte. Por observação da imagem, para o piso 1, ficou

claro um aumento da velocidade média quando os agentes virtuais estão a correr, talvez numa tentativa de o participante conseguir acompanhar os agentes virtuais presentes no corredor.

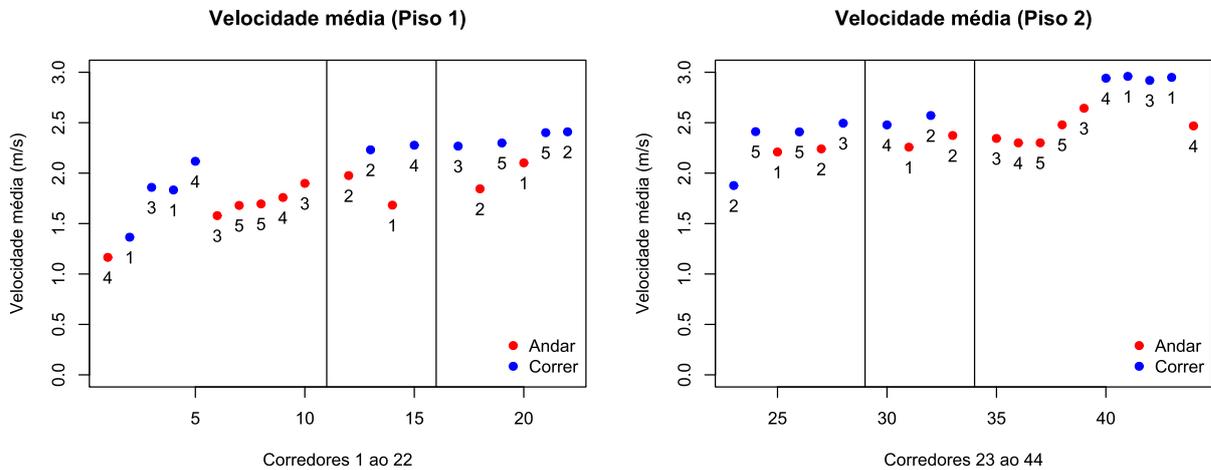


Figura 31: Velocidade média por corredor e piso no experimento A.

No entanto, no caso dos corredores onde há agentes virtuais a andar, esse aumento de velocidade é mais gradual. Esse aumento poderá depender da forma como o ambiente foi criado, em que impedia que o participante ultrapassasse os agentes virtuais, mesmo que estes estivessem a andar. Ao longo do piso 1, nota-se uma velocidade média mais alta, reforçando a questão da habituação parte do participante ao ambiente e controles de navegação. No piso 2, essa tendência continua a existir com valores mais elevados.

O tempo médio (Figura 32) de decisão (em segundos) foi calculado da seguinte forma: o ponto inicial (em vermelho, na Figura 33) de contagem do tempo é o ponto médio do corredor, antes da decisão, e o ponto final de contagem é quando o participante percorreu cerca de 80% do corredor da decisão tomada.

Todos os corredores, exceto os neutros, foram considerados, para ambos os pisos. Pelo que se pode observar pelo gráfico da esquerda da Figura 32 (onde os agentes virtuais estariam a andar), a mediana dos tempos médios é bastante semelhante independentemente do número de agentes virtuais em cada corredor.

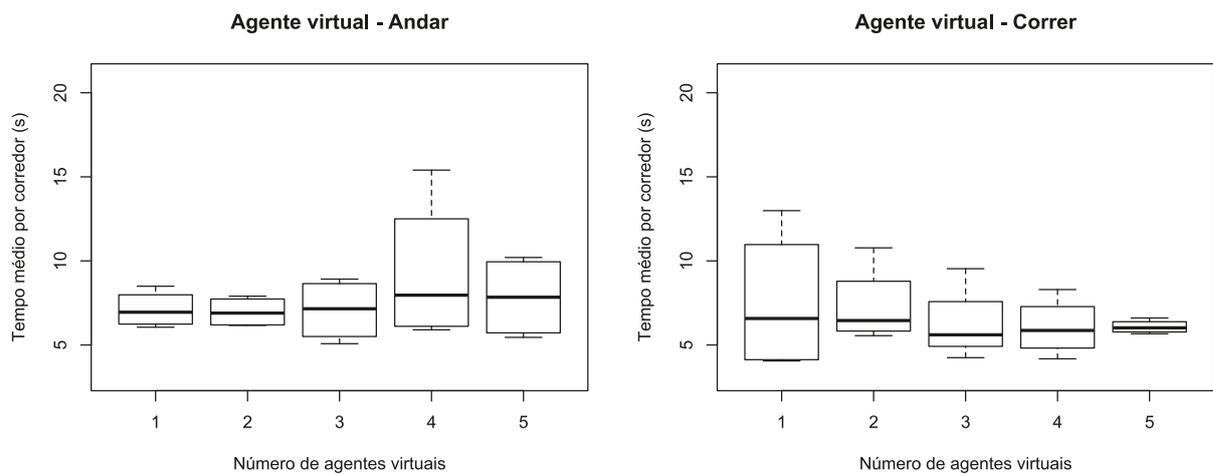


Figura 32: Boxplot do Tempo médio de decisão em função do número de agentes virtuais presentes em cada corredor no experimento A.

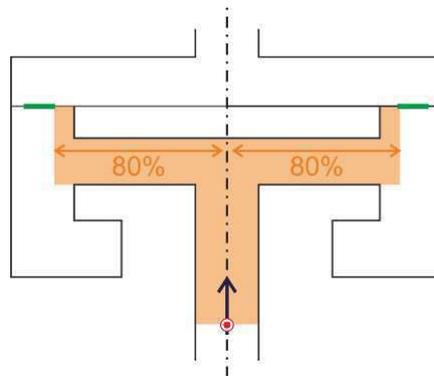


Figura 33: Diagrama que demonstra como a contagem do tempo foi realizada pelo o participante para tomada de decisão no experimento A.

Quando os agentes virtuais estão a andar, existe um ligeiro aumento do tempo médio de decisão conforme um maior número de agentes virtuais no corredor. Também não existe uma grande disparidade de resultados com 1, 2 e mesmo 3 agentes virtuais no corredor, mas com 4 e 5 participantes essa situação inverte-se. No caso dos agentes virtuais a correr, a mediana do tempo médio de decisão reduz ligeiramente quanto maior o número de agentes virtuais no corredor. Embora sejam necessários mais dados, isto poderá ser um indicador que o fator “multidão” influencia na decisão. Uma análise a ser realizada no futuro será verificar se existe correlação deste tempo médio de decisão e se a pessoa seguiu ou não os agentes virtuais.

Quando analisado o tempo médio por corredor (Figura 34), nota-se claramente que nos corredores iniciais (incluindo também os primeiros corredores onde os

agentes virtuais são vistos a andar ou a correr), esse tempo de decisão é mais alto do que em corredores mais à frente.

Em ambos os pisos, nota-se um ligeiro aumento do tempo de decisão quando os agentes virtuais estão a andar no corredor. A razão para esta diferença, mesmo em corredores mais avançados deve-se ao mesmo já referido, o fato de se impedir o participante de ultrapassar os agentes virtuais.

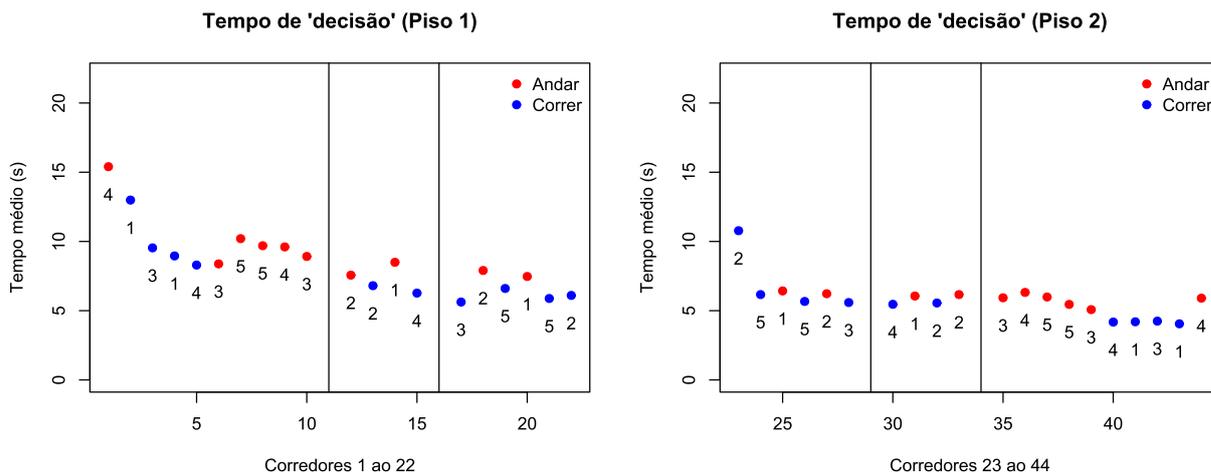


Figura 34: Tempo médio de decisão, por corredor e piso no experimento B.

Ao considerar os resultados obtidos de apenas um dos participantes (participante 1) escolhido de forma aleatória para uma análise detalhada e compararmos a sua performance com os demais resultados analisados, podemos verificar a mesma tendência comportamental.

Na Tabela 7 apresenta-se o registro dos corredores do Piso 1 expressos em metros (m), pois esta é a unidade que se refere quando se trata de distância percorrida pelos participantes em cada corredor no piso 1.

Tabela 7: Dados da distância (m) com relação aos corredores no Piso 1, onde agente virtual "1" andar e "2" correr.

Corredor	Agente virtual	Distância percorrida
1	1	30,4
2	2	25,7
3	2	25,3
4	2	23,9
5	2	23,9
6	1	24,8
7	1	25,9
8	1	26,3
9	1	23,9

Corredor	Agente virtual	Distância percorrida
10	1	23,9
11	Não houve	Não houve
12	1	23,5
13	2	22,9
14	1	24,0
15	2	22,5
16	Não houve	Não houve
17	2	22,7
18	1	23,4
19	2	22,8
20	1	23,6
21	2	22,0
22	2	22,3

Com base nas informações apresentadas na Tabela 7, os números representam o distanciamento versus a quantidade de agentes virtuais em cada corredor considerado no estudo. É importante apresentar a regressão linear simples que existe na relação entre as variáveis em estudo. Para isso, demonstra-se na Figura 35, a distância percorrida versus corredores no Piso 1.

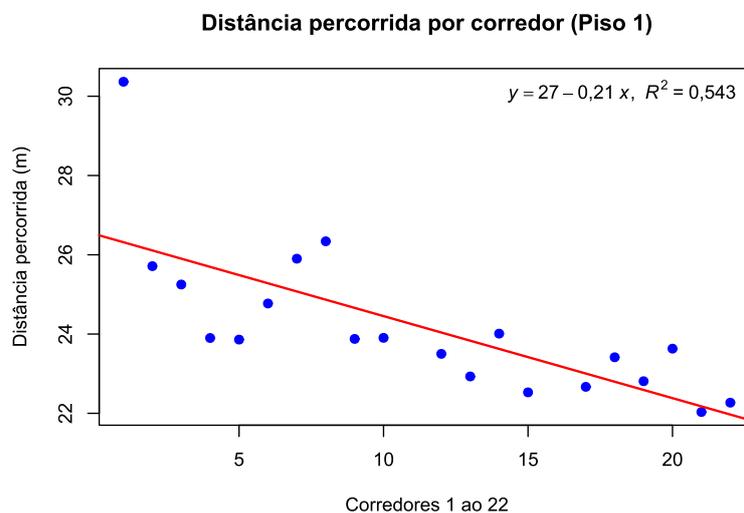


Figura 35: Distância percorrida versus corredores no Piso 1.

Utilizou-se da análise de regressão que consiste na realização de uma análise estatística com o objetivo de verificar a existência de uma relação funcional entre uma variável dependente com uma ou mais variáveis independentes. Em outras palavras consiste na obtenção de uma equação que tenta explicar a variação da variável dependente pela variação do(s) nível(is) da(s) variável(is) independente(s).

Para tentar estabelecer uma equação que representa o fenômeno em estudo pode-se fazer um gráfico, chamado de diagrama de dispersão, para verificar como se comportam os valores da variável dependente (Y) em função da variação da variável independente (X). Entretanto, para tal o modelo encontrado pelo software R foi  $Y = 27 - 0,21X$ , onde Y representa a distância percorrida e X o número do corredor. De acordo com a observação do diagrama de dispersão e do modelo assim construído, somos instigados a concluir que existe uma relação linear entre a distância percorrida e o corredor e que as duas variáveis tendem a variar no mesmo sentido, o que significa que a diminuição da variável independente, número do corredor, provoca uma diminuição da variável dependente, distância percorrida. Isso é verificado através da obtenção do valor do coeficiente de correlação (r) foi de -73,71%, que representa uma correlação negativa forte, pois está mais próximo do zero.

Em sequência pode-se determinar os coeficientes de determinação o  $R^2$  (54,33%) e  $R^2$  ajustado (51,8%) para o modelo utilizado neste estudo. Em ambos os casos os valores ficaram bastante próximo um do outro. Neste caso, nos leva a afirmar que a variabilidade da variável dependente (distância percorrida) é explicada pela variável independente corredores, sendo a restante variabilidade explicada por fatores não incluídos no modelo. E por fim, foi possível detectar um ponto bem distante da curva, que chamamos de “outliers”. Que de acordo com (Pires & Branco, 2007), *outliers* são observações extremas que se encontram de tal forma afastadas da maioria dos dados que surgem dúvidas sobre se elas poderão ou não ter sido geradas pelo modelo proposto para explicar essa maioria dos dados.

A seguir na Tabela 8, consta o estudo da distância percorrida pelo participante nos corredores no Piso 2, sendo apresentado a partir da determinação dos índices de andar e correr, bem como a sua representatividade.

*Tabela 8: Dados de distância (m) com relação aos corredores no piso 2, onde agente virtual "1" andar e "2" correr.*

Corredor	Agente virtual	Distância percorrida
23	2	24,858
24	2	26,156
25	1	24,945
26	2	24,378
27	1	24,959
28	2	23,596
29	Não houve	Não houve
30	2	22,410

Corredor	Agente virtual	Distância percorrida
31	1	23,301
32	2	22,502
33	1	23,282
34	Não houve	Não houve
35	1	22,821
36	1	24,290
37	1	22,660
38	1	23,084
39	1	22,833
40	2	22,136
41	2	22,075
42	2	22,413
43	2	22,440
44	1	24,208

Para o caso da distância percorrida (Piso 2), observa-se através da análise de regressão uma variabilidade associada às variáveis (Distância percorrida versus corredores no piso 2) (Figura 36). O resultado mostra que à medida que o nível de corredores aumenta, a distância diminui. Desta forma, supor uma relação linear entre as variáveis corredores e distância, para valores de corredores entre 33 e 44 é razoável. Para caracterizar esta informação, faz necessário, estabelecer uma relação linear entre duas variáveis. Isso significa verificar o quanto uma cresce e a outra diminui. Para isso a equação que representa o fenômeno em estudo é dada por  $Y = 27 - 0,12X$ , onde Y representa a distância percorrida (piso 2) e X o número de corredor. De forma semelhante no piso 1, o valor do coeficiente de correlação (r) resultante foi de -68,55%, que representa uma correlação negativa forte, pois está mais próximo do zero. Conforme, o modelo assim construído, os coeficientes de determinação foram 47,0% ( $R^2$ ) e 44,06% ( $R^2$  ajustado), respectivamente. Sobre à indiferença entre  $R^2$  e  $R^2$  ajustado, percebe-se que ambos são da mesma magnitude, fato que indica que a validação cruzada do modelo é muito boa, ou que a amostra representa, fidedignamente, a população (Gageiro & Pestana, 2005). Portanto, se o modelo fosse derivado da população, e não da amostra, não haveria diferença na variância explicada dos dados.

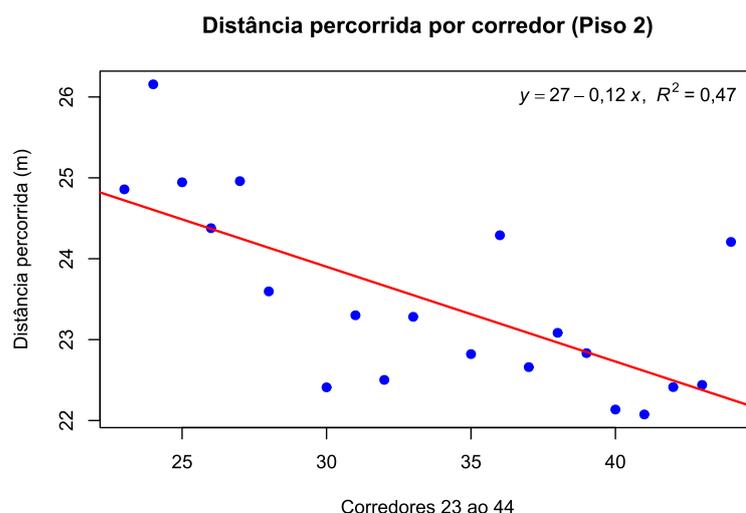


Figura 36: Distância percorrida versus corredores no piso 2.

Na Tabela 9, observa-se as velocidades mínima e máxima, respectivamente, 1,188 e 2,466. Com base nos dados, foi possível identificar a ausência em alguns corredores, por exemplo, o corredor 11 e 16 por não terem agentes virtuais a interagirem com os participantes.

Tabela 9: Dados de velocidade média (m/s) com relação aos corredores no Piso1, onde Agente virtual "1" andar e "2" correr.

Corredores	Agente virtual	Velocidade media (m/s)
1	2	1,188
2	1	1,387
3	2	1,835
4	2	1,819
5	1	2,119
6	2	1,600
7	2	1,691
8	1	1,720
9	1	1,802
10	1	1,983
11	Não houve	Não houve
12	1	2,054
13	1	2,298
14	2	1,746
15	2	2,342
16	Não houve	Não houve
17	1	2,328
18	2	1,913
19	2	2,363
20	1	2,175
21	1	2,457
22	2	2,466

A fim de obter um estudo mais fidedigno, utilizou-se o software R para encontrar os coeficientes a e b, sendo estes substituídos na equação da reta para definir a previsão através da regressão linear simples. A equação obtida para a velocidade média dos corredores em estudo foi  $Y = 1,48046 + 0,04282X$  (Tabela 9).

De acordo com os resultados do software R, os valores do coeficiente de correlação (r) foi de 80,7%, que representa uma forte correlação entre as variáveis corredores e velocidade média. Isso mostra que a variável dependente y cresce quase na mesma proporção que a variável independente x.

Em sequência pode-se determinar os coeficientes de determinação o  $R^2$  (65,1%) e  $R^2$  ajustado (63,16%) para o modelo utilizado neste estudo (Figura 37). Em ambos os casos os valores ficaram bastante próximo um do outro. Neste caso, nos leva a afirmar que a variabilidade da variável dependente (velocidade média) é explicada pela variável independente corredores, sendo a restante variabilidade explicada por fatores não incluídos no modelo. E por fim, não ocorreu ponto distante da curva, que chamamos de “outliers”. (Hawkins, 1980) define um *outliers* como “uma observação que desvia muito de outras observações de forma a levantar suspeitas que ela foi gerada por um mecanismo diferente”.

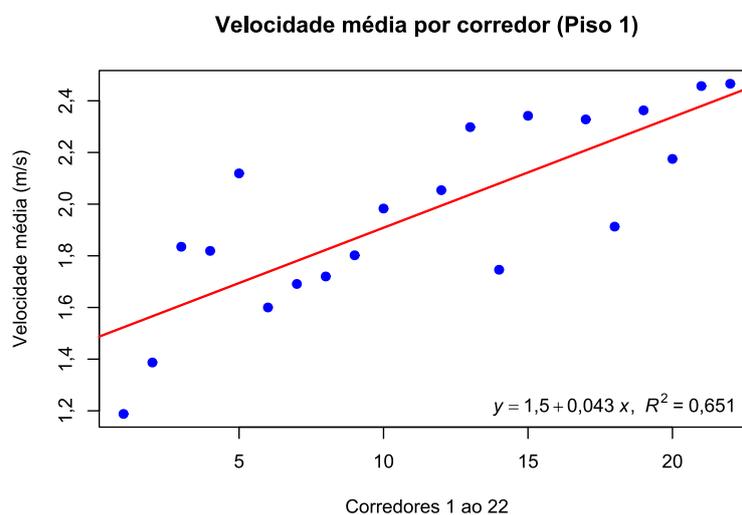


Figura 37: Velocidade média versus corredores no piso 1.

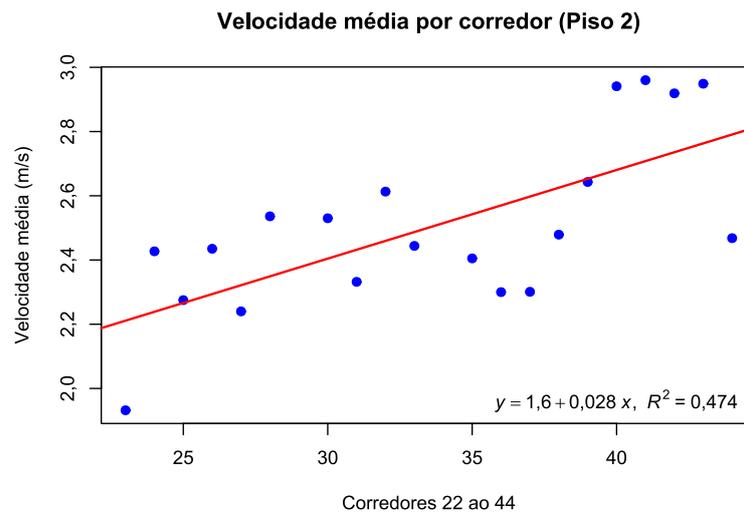
Na Tabela 10, pode-se observar os valores máximos e mínimos para as velocidades médias do participante quando os agentes virtuais estavam a andar ou a correr. São elas, para o andar o mínimo (2,240 m/s) e máximo (2,643 m/s) e para o correr obteve o mínimo (1,932 m/s) e máximo (2,960m/s). Também se constatou que

não houve participação efetiva nos corredores 29 e 34, com isso, não influenciou nos resultados.

*Tabela 10: Dados de Velocidade média (m/s) com relação aos corredores no Piso 2.*

<b>Corredor</b>	<b>Agente virtual</b>	<b>Velocidade media (m/s)</b>
23	2	1,932
24	2	2,427
25	1	2,275
26	2	2,435
27	1	2,240
28	2	2,536
29	Não houve	Não houve
30	2	2,530
31	1	2,332
32	2	2,613
33	1	2,444
34	Não houve	Não houve
35	1	2,405
36	1	2,300
37	1	2,301
38	1	2,479
39	1	2,643
40	2	2,941
41	2	2,960
42	2	2,919
43	2	2,949
44	1	2,468

Na Figura 38 é apresentado o resultado da velocidade média versus corredores. Em seguida determinou-se o coeficiente de correlação que foi de 0,6884 (68,84%). Ressalta-se que esse domínio se refere o quanto a variável velocidade média está correlacionada com a variável corredores. O valor obtido do coeficiente de determinação foram  $R^2$  (47,39%) e  $R^2$  ajustado (44,47%), o que indica uma explicação da variabilidade do y (variável velocidade média) em função da variabilidade dos x (corredores).



*Figura 38: Velocidade média versus corredores no piso 2.*

O resultado a ser discutido, como base na simulação realizada no software R em relação a comparação entre andar e correr é descrito na Tabela 11. Tem-se que a média de andar foi de 24,97 e o desvio padrão de 2,16, enquanto que, correr obteve média 23,4 e desvio padrão 1,27, conforme descrito pela Figura 38. Em seguida, a Figura 39, mostra que a variabilidade maior é no andar, porém uma maior distância percorrida.

*Tabela 11: Comparação andar e correr no Piso 1.*

Andar (1) - Piso 1		Correr (2) - Piso 1	
Corredores	Distância percorrida	Corredores	Distância percorrida
1	30,4	2	25,7
6	24,8	3	25,3
7	25,9	4	23,9
8	26,3	5	23,9
9	23,9	13	22,9
10	23,9	15	22,5
12	23,5	17	22,7
14	24,0	19	22,8
18	23,4	21	22,0
20	23,6	22	22,3

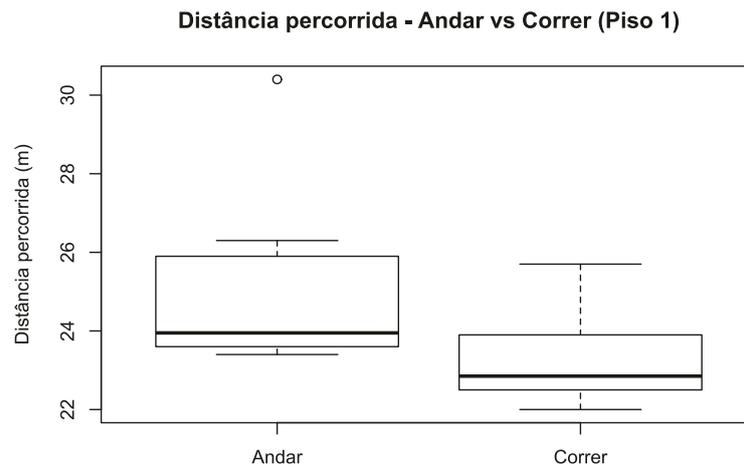


Figura 39: Boxplot do comparativo dos agentes virtuais a Andar e a Correr em relação à Distância percorrida no Piso 1.

Na Figura 40, nota-se que tanto na variável andar ou correr, para o piso 1, os corredores mantêm uma distância percorrida decrescente, ou seja, suas distâncias diferenciam em média de 6% um das outras. Acredita-se que seja o período de adaptação e habituação do participante aos agentes virtuais (ou às interfaces de navegação).

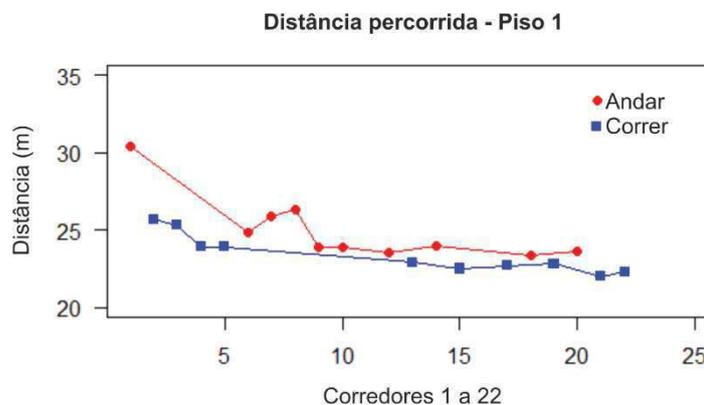


Figura 40: Comparação entre andar e correr no quesito de distância versus corredores (1 a 22) no piso 1.

Na Tabela 12 está descrito o resultado da simulação realizada no software R em relação a comparação entre andar e correr no Piso 2. Observa-se as médias de andar e correr, respectivamente, 22,39 e 23,73. No caso do desvio padrão tem-se, respectivamente, 1,04 e 5,06, este último devido ao *outlier* no corredor 24. A Figura 41, confirma com os resultados apresentados na Tabela 12, pois, percebe-se que a mostra da variabilidade é menor para o correr, porém a distância percorrida entre as mesmas é mínima. Não foi apresentado o *outlier* na Figura 41 para ficar mais evidente a variabilidade dos dados.

Tabela 12: Comparação andar e correr no Piso 2.

Andar (1) - Piso 2		Correr (2) - Piso 2	
Corredores	Distância percorrida	Corredores	Distância percorrida
25	23,005	23	23,457
27	21,593	24	37,990
31	22,678	26	21,541
33	22,169	28	22,713
35	21,202	30	22,102
36	23,644	32	21,279
37	22,078	40	21,760
38	21,459	41	22,029
39	21,675	42	22,877
44	24,410	44	21,567

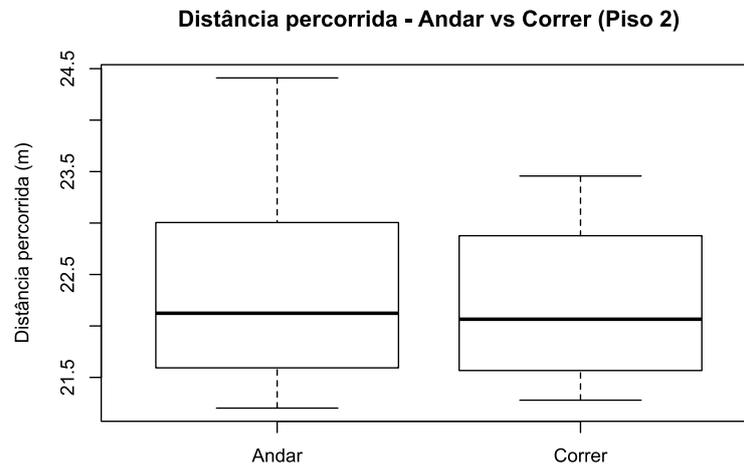


Figura 41: Boxplot do comparativo dos agentes virtuais a Andar e a Correr em relação à Distância percorrida no Piso 2.

No Piso 2, que é representado pela Figura 42, nota-se uma pequena diferença de distância em ambas as variáveis (andar e correr), ou seja, suas distâncias diferenciam em média de 1% uma das outras. Acredita-se que seja uma ligeira alteração nos corredores iniciais, talvez devido à breve interrupção da sequência de aparecimento de corredores e agentes virtuais, na zona do elevador.

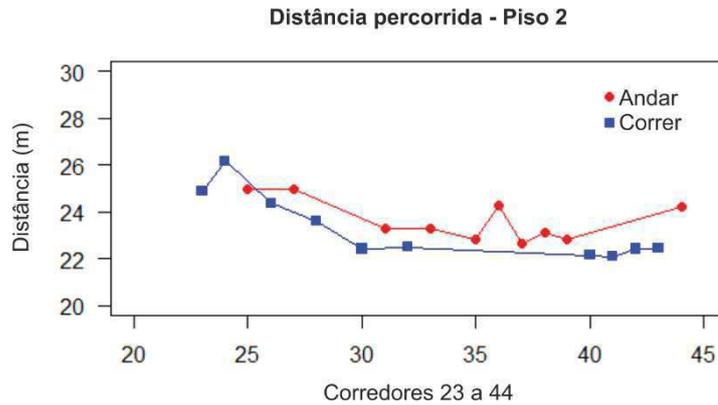


Figura 42: Comparativo entre andar e correr no quesito de distância versus corredores (23 a 44) no piso 2

Na Figura 43, estão representados o tempo de decisão por corredor. Os resultados obtidos pelo software R, mostram que a média e o desvio padrão para piso 1 foram, respectivamente, 5,88 e 0,38, enquanto que, para o piso 2 obteve 5,44 e 1,84, respectivamente. Percebe-se que no piso 2, a variabilidade dos dados é maior do que a piso 1. Pode-se observar que, na maioria dos corredores o tempo gasto em ambos pisos, no sentido de andar está superior ao de correr. Acredita-se que, um ligeiro aumento do tempo de decisão quando os agentes virtuais estão a andar no corredor. A razão para esta diferença, mesmo em corredores mais avançados deve-se ao fato de impedir que o participante de ultrapassar os agentes virtuais.

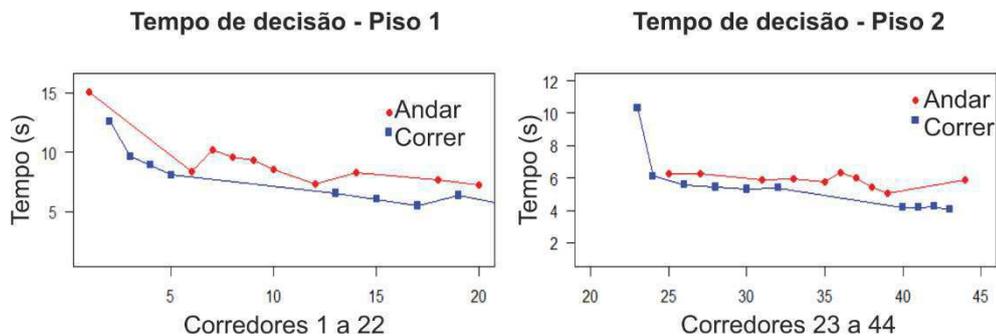


Figura 43: Tempo versus corredores (andar e correr - piso 1 e 2).

A Figura 44, mostra o tempo médio por corredores versus o número de agentes virtuais. Pode-se observar que a mediana de todos os agentes virtuais, seja com agente virtual a andar ou a correr, seus rendimentos são bem similares. Porém, com agente virtual a andar a variabilidade maior está concentrada nos corredores com quatro agentes virtuais e a menor com dois agentes virtuais. No caso dos agentes virtuais a correr a maior variabilidade está nos corredores com apenas um agente virtual e a menor com cinco agentes virtuais. Em seguida, nota-se ainda que dentro do avatar a andar, os maiores tempos estão nos corredores com quatro agentes vir-

tuais, enquanto que, no avatar a correr, os maiores tempos estão nos corredores com apenas um agente virtual.

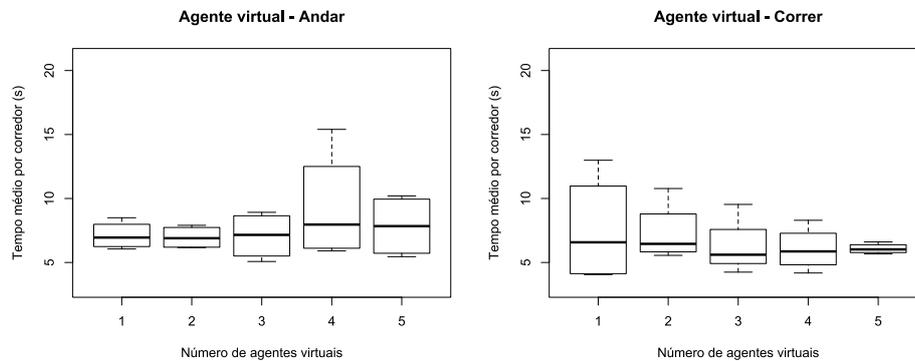


Figura 44: Tempo médio de decisão em função do número de agentes virtuais presentes em cada corredor no experimento A.

## 4.2 Experimento B: Metodologia proposta para análise de multidões

No experimento B propõe-se uma nova metodologia para a avaliação da influência social em relação ao efeito das multidões em situações de emergência em ambientes industriais. Como apresentado anteriormente, existe uma falta de estudos que analisem esta situação no contexto de instalações industriais, o que se considera um contexto fulcral para este tipo de análise devido à sua diversidade de layout e nível de risco. Assim sendo, foi definida uma instalação industrial de pequeno a médio porte do setor calçadista brasileiro, que possui duas zonas de produção separadas por uma parede com uma rampa de acesso entre as duas zonas.

O ambiente é amplo e com lotes de produção delineados com a indicação de placas informacionais. O dimensionamento do ambiente virtual do experimento B, possui 100m de comprimento por 70m de largura, no centro está situada a rampa de acesso que interliga a Zona 1 e a Zona 2, conforme podemos observar na Figura 27.

O experimento B também tem como objetivo aumentar o nível de presença percebido pelos usuários de forma a que o seu desempenho no ambiente virtual seja o mais próximo da realidade. Embora a presença seja um estado de consciência e individual de cada usuário, esta pode ser aumentada se o nível de imersão for maior. Como apresentado anteriormente, um maior nível de imersão é determinado pela maior quantidade e qualidade fidedigna de sentidos reais serem representados

no ambiente virtual e percebidos na realidade pelo usuário. Assim sendo, os equipamentos apresentados na seção seguinte foram escolhidos.

#### 4.2.1. Equipamentos

Os equipamentos selecionados para o estudo do experimento B, considerando os resultados obtidos no experimento A, acrescenta novos dispositivos a fim de melhorar o nível de imersão em relação ao ambiente virtual. Desse modo, os equipamentos serão usados conforme as condições experimentais no intuito de mensurar os níveis de presença para obtenção de resultados mais realistas em relação às tomadas de decisões dos participantes.

Para promover a interação com o ambiente virtual utilizou-se de um sistema totalmente imersivo de RV com coleta de dados automáticos sobre o desempenho dos participantes. Esse sistema é composto pelos seguintes dispositivos: O desktop com processador Intel(R) Core (TM) i7-6700 CPU a 3.40GHz, NVIDIA GeForce GTX 980 Ti; para execução e coleta de dados.

Para simular os cheiros dentro do ambiente virtual propõe-se a utilização do equipamento VAQSO VR (Figura 45), dispositivo que possui cinco cápsulas para serem colocadas as essências com os cheiros desejados por meio de mini ventoinhas localizadas na sua base que podem ser ativadas de acordo com a situação pretendida, e regular-se sua intensidade através de comandos pré-definidos.

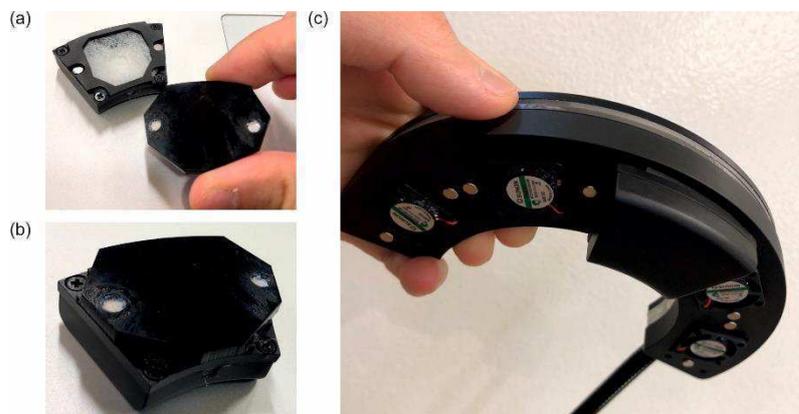


Figura 45: VAQSO VR, a) local destinado para pôr essência do cheiro, b) cápsula de cheiro fechado e c) local onde são colocadas as cápsulas. Fonte: Manual Vaqso VR.

O VAQSO VR dispõe de uma *Application Programming Interface* (API) que permite controlar programaticamente a libertação dos diferentes cheiros e respectivamente a sua intensidade. Para o Projeto do ambiente virtual ter acesso a essa API, foram criados *scripts* para ativar/ e desativar a libertação dos cheiros, com diferentes intensidades com base na distância do participante dos focos de fumaça e fogo (item “a” indicado na Figura 46). Em simultâneo, o aroma do ambiente (item “c” indicado na Figura 46) é libertado assim que a experiência começava com uma intensidade de libertação baixa (20% da velocidade máxima). Quando iniciada a situação de emergência, o cheiro do ambiente é desativado e a cápsula central (item “b” na Figura 46) é ligada para dispersar o cheiro, e logo em seguida é ativado o cheiro de fogo.

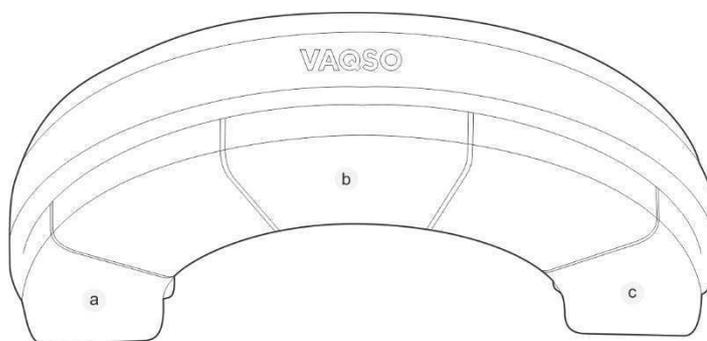


Figura 46: Disposição dos cheiros no Vaqso VR: a) cheiro do fogo, b) Dispensador de cheiros e c) cheiro ambiente.

Para visualização do ambiente propõe-se a utilização do Oculus Rift (item “a” indicado na Figura 47) que possui Head Phone integrado ao dispositivo. O VAQSO VR possui um sistema de velcros de fácil utilização que permite acoplar-se ao Oculus Rift.



Figura 47: Dispositivos para simulação experimento B, a) Oculus Rift e VaqsoVR, b) Aquecedor electrónica JNSB-120y4 1200W e c) KAT VR Walk Mini. Fonte: Oculus Rift/Vaqso VR, Radio Popular e KATVR.

Para simular o tato, propõe-se a utilização de três aquecedores térmicos (item “b” indicado na Figura 47) em uma distância de 1m do participante e inclinados em sua direção para o calor dissipado seja sentido mais fortemente. Cada aquecedor está a uma distância de 120° (Figura 48) de um dispositivo a outro, e são ativados automaticamente de acordo com o local onde se encontra o participante dentro do ambiente virtual e da sua proximidade com o fogo. Os aquecedores são ligados ou desligados dependendo da posição do participante no ambiente virtual em relação à sua orientação e distância dos focos de fogo. Com base nisso e a orientação do participante na plataforma do KAT VR, os aquecedores ligam ou desligam, para o efeito de calor na direção correta ser sentido pelo participante. A distância mínima considerada para ativação ou desativação dos aquecedores é de 5m do foco de fogo no ambiente virtual.

Os dispositivos utilizados para o deslocamento e interação com o ambiente virtual são o gamepad (o mesmo modelo utilizado no experimento A e a ser usado numa das condições experimentais) e o KATVR Walk Mini (item “c” indicado na Figura 47), que é uma plataforma (omni-directional treadmill) que permite a livre locomoção do participante dentro do ambiente virtual, por ser um sistema que possibilita reproduzir a locomoção de uma pessoa dentro do ambiente virtual como se estivesse no mundo real. Permite executar ações como o andar, correr e baixar-se, tal como na realidade. O único inconveniente é o fato de estar preso pela cintura, medida de segurança indispensável para a proteção do participante.

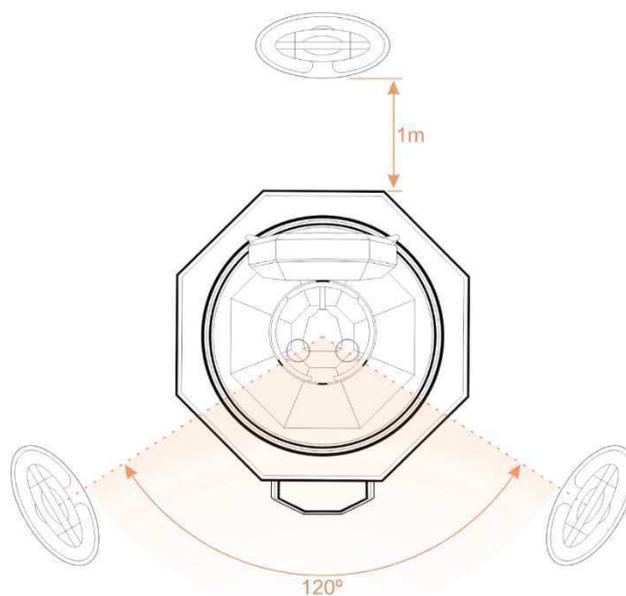


Figura 48: Layout dos equipamentos do Experimento B

#### 4.2.2. Ambiente virtual

A modelação do ambiente virtual foi desenvolvida diretamente dentro do *software* Unity3D®, no *package* chamado *ProBuilder* que é uma ferramenta de modelagem 3D, que possibilita a aplicação direta e de edição das texturas, dentre outras funcionalidades. Em seguida, foram modelados os demais elementos, como maquinários e utensílios complementares para compor o ambiente, alguns destes também foram obtidos em sites com objetos modelados 3D assim como no ambiente do experimento A. Após essa etapa, foram implementados os sons 3D, animações referentes aos agentes virtuais e as sinélicas de emergência.

O princípio para o desenvolvimento dos agentes virtuais (Figura 49) foi o mesmo utilizado no estudo experimental A. Sendo reutilizados os mesmos agentes virtuais do experimento anterior e criados outros mais, foram-lhes trocados apenas a vestimenta dos agentes virtuais para condizer com a narrativa e contexto do ambiente virtual do estudo experimental B.



Figura 49: Agentes virtuais do estudo experimental B.

Os ajustes feitos na câmera que representa o ponto de vista do participante, utiliza os mesmos princípios dos que foram realizados no estudo experimental A. Sendo necessário apenas, antes de iniciar o experimento a calibração do equipamento conforme o tipo de dispositivo de locomoção utilizado. No caso do KATVR, a altura da câmara é definida de acordo com a altura relativa da pessoa. E no caso do gamepad, a altura utilizada foi a definida tomando por base com o valor fixo de 1,5m.

Os diferentes agentes virtuais estão cada um em seu posto de trabalho a executar suas tarefas e alguns deles estão a percorrer o entorno do ambiente virtual, tais como o agente virtual vestido com terno azul e o segurança. Para que isso seja possível, cada um deles foram atribuídas animações associadas conforme as suas tarefas pré-definidas.

Os agentes virtuais que representam os trabalhadores, deverão estar todos situados na zona 1 e apenas os agentes virtuais que estão a andar pelo ambiente virtual é quem percorria as duas zonas. Como a narrativa do ambiente virtual e a interação mais intensa do participante seria na zona 1, tentou-se minimizar dessa maneira a quantidade de informação extra a ser processada durante a simulação, para otimizar o desempenho, tornando a experiência mais fluída e com latência menor, ou seja, com movimentação mais natural e condizente com a realidade.

Para o deslocamento dos agentes virtuais foi utilizado um sistema de navegação com agentes autônomos do *software* Unity 3D®, onde é possível definir os limites de espaço em que os agentes virtuais podem movimentar-se, quais os obstáculos (nesse caso, as máquinas e demais objetos) para que os agentes virtuais possam evitar chocar-se com eles. Também é possível definir grupos com vários agentes virtuais para que todos executem o mesmo tipo de ação (por exemplo, deslocar-se para determinado local no ambiente virtual).



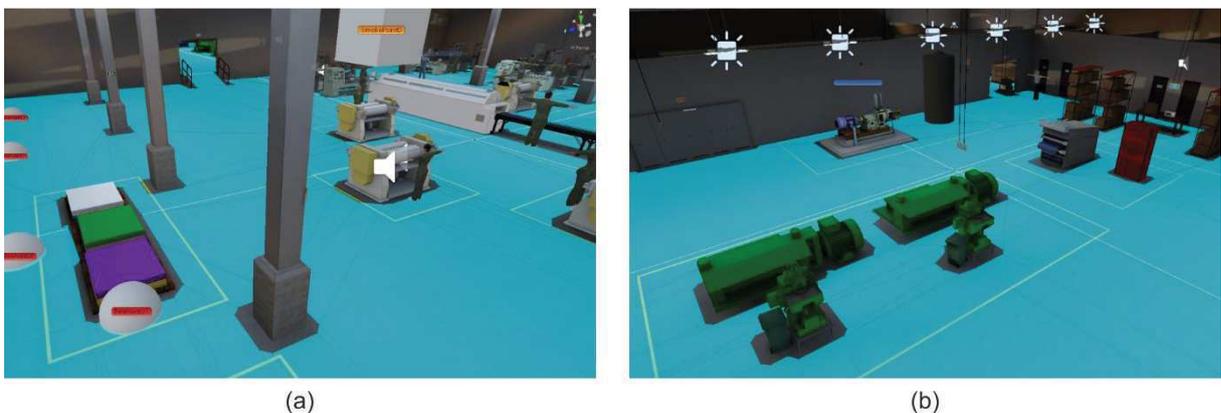
(a) (b)  
*Figura 50: Rotas de evacuação do Experimento B; a) Grupo A com rota segura e b) Grupo B com rota oposta ao caminho seguro e com maior número de agentes virtuais.*

Para o caso desse estudo, foram definidos dois grupos de agentes virtuais (grupo A e o grupo B) e dois pontos de destino fora do edifício (ponto A e o ponto B). A seleção para os tipos de pessoas a cada grupo deverá ser escolhida de forma aleatória e considerando a posição de cada agente virtual no espaço. A diferença entre os

dois grupos é que um deles se dirigiam para o caminho correto, de acordo com as sinaléticas de emergência (grupo A, com 7 agentes virtuais conforme podemos observar na Figura 50, item a) e outro pelo caminho incorreto (grupo B, com 16 agentes virtuais na Figura 50, item b).

Os agentes de cada grupo, quando o fogo inicia, são instruídos para dirigir-se para o ponto com a letra correspondente ao seu grupo. O processo de como os agentes virtuais chegam ao destino é calculado pelo sistema interno do Unity para agentes autônomos, permitindo assim uma reação mais realista com a posição do participante. Os agentes desviam-se tanto do participante como dos outros agentes, tendo como objetivo principal chegar ao destino indicado percorrendo o ambiente virtual pela zona azul indicada na Figura 51.

Assim, o processo de como os agentes virtuais chegam ao destino é calculado automaticamente, com base nas áreas de deslocação permitidas, assim como os restantes objetos no ambiente, sejam eles estáticos ou dinâmicos. Esse movimento também é determinado pela posição de outros agentes virtuais, assim como da representação virtual do participante, permitindo assim uma reação mais realista face ao que o participante realiza no ambiente.



*Figura 51: Área em azul é caminho por onde os agentes autônomos podem se movimentar, a) Zona do piso 1 e b) Zona do piso 2.*

A instalação industrial possui o som ambiente que é constituído pelo som das máquinas a trabalhar que dependendo da aproximação ou afastamento que o participante tem de cada uma, o som fica mais intenso ou não. Outro som decorrente, é o som das pessoas a conversarem com intensidade menor que as máquinas do ambiente.

Conforme a condição experimental do experimento B, se a mesma considerar a adição dos estímulos sensoriais o VAQSO VR é ligado com o aroma ambiente que representa uma instalação industrial de calçados.

O experimento B, inicia-se na zona 1 e conforme a narrativa (descrita no item 4.2.6 Procedimentos experimentais) apresentada para os participantes. Após concluir a sua tarefa solicitada, deveriam voltar ao seu posto de trabalho. Quando isto acontece, o participante acionava o *trigger* (ver Figura 52, cubo com linha verde na máquina vazia e invível para o participante) que dá início à situação de emergência quando uma das máquinas explode, começa o fogo a expandir juntamente com fumaça (Figura 53). O som da explosão, faz com que as pessoas comecem a gritar e o alarme sonoro (sirene) toca, e todos começam a correr na direção definida pelo seu grupo (Figura 54).



Figura 52: Posto de trabalho do participante, local onde está o trigger que faz iniciar a situação de emergência no experimento B.



Figura 53: Situação de emergência no experimento B.



*Figura 54: Agentes virtuais evacuando o ambiente virtual do experimento B.*

O fogo começa em uma das máquinas e ao passar do tempo, vai expandindo-se e tornando as entradas laterais (da zona 1) do ambiente virtual bloqueadas devido às chamas. Isto faz com que os participantes sejam induzidos a escapar pela mesma direção que os agentes virtuais. Na Figura 55, é possível observar a dinâmica de movimentação dos agentes virtuais e os locais onde o fogo (representados por esferas brancas) se expande juntamente com a fumaça (representados por cubos brancos), e com a medida do tempo também vai em direção à zona 2.



*Figura 55: Vista de topo com a movimentação dos agentes virtuais, e os triggers do fogo e fumaça ativos no experimento B.*

Conforme a condição experimental do experimento B, se ela considerar adição dos estímulos sensoriais o participante ao se aproximar dos focos do fogo e fumaça,

os aquecedores são ativados assim como o VAQSO VR com o aroma da fumaça. No caso do VAQSO VR, ao iniciar a situação de emergência o cheiro ambiente será desativado, acionado a cápsula central para dispersar o cheiro anterior e ficar apenas ativo o cheiro do fogo.

Em relação a percepção háptica, é simulada no projeto na situação de emergência por meio dos aquecedores, dispostos no layout para coleta de dados (conforme já descrito no tópico 4.2.1 Equipamentos, na Figura 48) de modo que, o participante sempre pudesse sentir o calor, quando necessário de acordo com a sua posição no ambiente virtual. Para que isto fosse possível, os aquecedores são ligados ou desligados dependendo da posição do participante no ambiente virtual em relação à sua orientação e distância dos focos de fogo. Com base nisso e a orientação do participante na plataforma do KAT VR, os aquecedores ligam ou desligam, para o efeito de calor na direção correta ser sentido pelo participante. A distância mínima considerada para ativação ou desativação dos aquecedores é de 5m do foco de fogo no ambiente virtual.

Neste momento, após os participantes ultrapassarem a rampa, devem decidir se segue as pessoas que não estão seguindo as sinaléticas de emergência e que estão em maior número, ou seguir o grupo menor de pessoas que estão a cumprir as sinaléticas de emergência.

O som do alarme sonoro ressoa a partir das sirenes (Figura 56) localizadas em zonas estratégicas do ambiente virtual e que atende as normas regulamentadoras vigentes e assim como o som ambiente fica mais intenso e mais baixo conforme a aproximação ou afastamento dos participantes.



*Figura 56: Sirene, local onde é emitido o alarme sonoro de emergência no experimento B.*

Para intensificar a sensação visual de perigo, algumas lâmpadas começam a piscar e a saírem faíscas (Figura 57), e o som característico de curto-circuito é emitido. Estas ações também começam a ocorrer assim que a explosão da máquina começa, e o som das máquinas a trabalhar é interrompido.



Figura 57: Faíscas e luzes a piscar na situação de emergência no experimento B.

As placas informacionais que indicam as zonas e secções de produção, e as sinaléticas de emergência (Figura 6) aplicados no ambiente virtual do experimento B são da empresa Evaclite. Os sinais de emergência aplicados no ambiente são os dinâmicos, que só são ativados as suas animações (Figura 58) ao iniciar a situação de emergência.

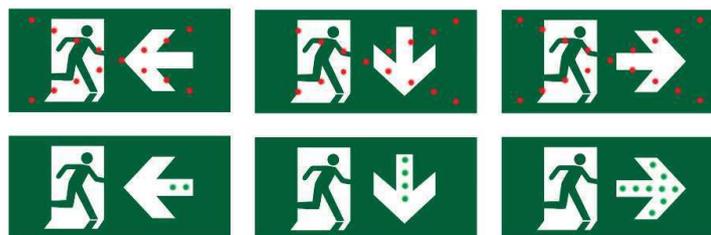


Figura 58: Sequência para animações dos sinais de emergência do Experimento B. Fonte: Evaclite.

Os sinais de emergência com a seta em verde, em movimento indicam a direção correta a seguir, conforme ilustra a Figura 59. Enquanto, os sinais de emergência com um “X” a vermelho a piscar, indica o caminho pelo qual o participante não deve seguir, como podemos observar na Figura 60.



Figura 59: Sinal de emergência indicando o caminho correto de evacuação no experimento B.

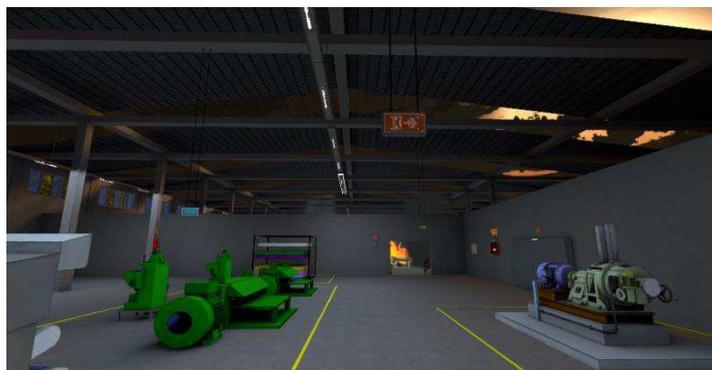


Figura 60: Sinal de emergência indicando o caminho que não se deve seguir durante a evacuação no experimento B.

As demais sinaléticas de emergência estão dispostas em toda extensão do ambiente virtual, seguindo as normas vigentes e as distâncias sugeridas, calculadas usando as equações 1 e 2 conforme também foi feito no experimento A.

Nas plantas de emergências (Figura 61) estão expostas nas entradas e saídas estratégicas do ambiente, sendo possível verificar as rotas de fuga mais seguras para evacuação e a disposição de todos equipamentos de segurança operacional (Figura 62 e Figura 63) do ambiente virtual.



Figura 61: Planta de emergência do experimento B.



Figura 62: Telefone para emergências da zona 1 do experimento B.

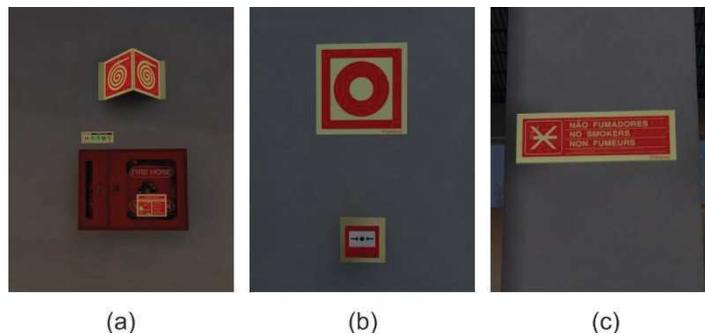


Figura 63: Sinaléticas e equipamentos de emergência, a) mangueira e extintor de emergência, b) botão para acionar sirene e placa de proibição de fumo.

O experimento é finalizado quando o participante escolhe uma das saídas, e se encontra do lado de fora da edificação junto com os outros agentes virtuais (Figura 64).



Figura 64: Fim do experimento B, saída correta no ponto de encontro.

Para a coleta de dados foi necessário registrar o que aconteceu dentro do ambiente, especialmente as ações realizadas pelo participante. A coleta de dados quantitativos também utilizou o sistema LogSystem, assim como no estudo experimental A. Sendo feitos alguns ajustes na versão atual, conforme as necessidades decorrentes deste ambiente virtual e dos seus objetivos.

O LogSystem no experimento B grava os dados durante toda a experiência. O sistema grava, por cada imagem renderizada, os seguintes dados:

- O valor das imagens por segundos instantâneas;
- O tempo desde o início do carregamento do ambiente virtual;
- A posição e rotação do participante dentro do ambiente virtual;
- A posição e rotação do HMD, assim como aceleração, aceleração angular, velocidade e velocidade angular.

No caso da utilização do KATVR Walk Mini também são gravados os seguintes dados nas mesmas condições (a cada imagem renderizada):

- Se a plataforma detecta que há movimento ou não;
- O ângulo de rotação do participante sobre a plataforma;
- A direção de movimento, assim como a velocidade atribuída a esse movimento;
- A velocidade do deslocamento em metros por segundo.

Há dados que são gravados quando ocorrem determinados eventos no ambiente virtual, como por exemplo, quando o participante entra em contato com um trigger. Nessa situação são gravados os seguintes dados:

- Se o contacto com o trigger é um contacto inicial, constante ou no final do contacto;
- Gravado o nome do trigger;
- Posição no ambiente virtual e os limites do trigger.

#### **4.2.2.1. Ambiente de treino**

O ambiente de treino desenvolvido deve ser preferencialmente num contexto diferente das condições experimentais para não influenciar o participante, mas ter elementos que sejam semelhantes aos que serão analisados no experimento. Por

exemplo, o ambiente de treino deverá ter placas com texto seguindo os mesmos padrões usados no experimento para garantir que o participante conseguirá ler as placas informacionais. Também deverá ter sons em diferentes locais para garantir que o participante consegue distinguir de onde vêm os sons e ouvi-los corretamente. Também terá que ter os vários elementos necessários de navegação que estejam representados no experimento, como por exemplo, espaços amplos, espaços curtos, mudanças de direção, rampas, escadas, de forma a garantir que o participante se sente confortável a deslocar-se no ambiente virtual.

O ambiente de treino desenvolvido para o experimento B possui o mesmo propósito do experimento A, representa o entorno de edificações industriais composto por fábricas, equipamentos e sinaléticas de segurança, caminhos com obstáculos semelhantes aos encontrados no ambiente virtual (o principal para coleta de dados) sem necessariamente dar indícios do que acontecerá nele.

Durante a simulação no ambiente de treino não devem ser utilizados os outros equipamentos para estimular os sentidos háptico e olfativo (Aquecedores e Vaque VR, respectivamente) para não dar indicações do que poderia acontecer durante a simulação do experimento B.

O participante ao iniciar a simulação, dentro do ambiente encontra-se do lado de alguns antigos contêineres e paletes em um beco sem saída (item “a” na Figura 65), de modo que, sente-se forçado a seguir em frente e depara-se com barreiras de segurança que evita que o mesmo venha a cair do muro e sugere que o participante vire para sua direita, siga em frente (item “b” na Figura 65). Pelo caminho vai encontrando avisos informacionais e de segurança, do qual é instruído a tentar lê-los durante a interação em RV (item “c” na Figura 65). Ao prosseguir, o participante terá que descer um conjunto de escadas, tal como encontrará no ambiente virtual principal, que na situação de emergência ao evacuar a edificação deverá sair pelas escadas laterais. Em seguida, o participante poderá treinar o subir e descer ladeiras ao seguir pelas ruas, bem como o virar-se em uma direção a outra até chegar ao final da estrada, finalizando assim secção de treino (item “d” na Figura 65).



Figura 65: Ambiente de treino do Experimento B: a) Vista do participante onde se inicia a simulação, c) obstáculos e escada de acesso, c) caminho com subidas e descidas, d) local onde termina.

Na construção deste ambiente deverão ser utilizados *prefabs* disponíveis no asset gratuito na loja do Unity 3D, chamado *RPG/FPS game Assets for PC/Mobile* (Industrial Set V3.0). Moldado em conformidade com o contexto do experimento B e possibilitar o treino com os equipamentos de deslocamento (gamepad e KATVR Walk Mini) de acordo com cada condição experimental.

O ambiente de treino do experimento B deve ser mais longo o trajeto de navegação do que no experimento A, devido a necessidade de maior tempo de adaptação do participante ao utilizar a plataforma de locomoção do KATVR que exige do utilizador algum treino para ajustar a sua velocidade de deslocamento (andar ou correr) com fato de movimentar-se sem sair do local que se encontra, tentando reproduzir o movimento mais natural que possível como o fazia no mundo real.

#### 4.2.3. Condições experimentais

As condições experimentais para o estudo experimental B foram definidas em conformidade com os objetivos do projeto e testando o nível de presença em relação aos dispositivos de interação e sensoriais (tipo interface de locomoção – Gamepad ou KATVR, tato – calor e o olfato - cheiros).

O estudo experimental B está dividido em quatro condições experimentais aplicadas entre-sujeitos com grupos diferentes de participantes para cada uma das condições da experiência. Sendo assim, teremos as seguintes variáveis:

- a) Condição Neutra: Gamepad, sem usar dispositivos sensoriais (tato e olfato);
- b) Condição Sensorial: Gamepad, com o uso de dispositivos sensoriais (tato e olfato);
- c) Condição de Interação: KATVR, sem usar dispositivos sensoriais (tato e olfato);
- d) Condição Global: KATVR, com o uso de dispositivos sensoriais (tato e olfato).

#### **4.2.4. Variáveis de análise**

A variável dependente do estudo é verificar o efeito das multidões na avaliação da eficácia das sinaléticas de emergência. Verificando se os participantes iriam seguir os agentes virtuais que estão a ir em direção contrária às sinaléticas de emergência e em maior número, ou a seguir o grupo minoritário de agentes virtuais que estão a ir pelo caminho correto.

Os efeitos distrativos que afetam a visibilidade dos sinais (a fumaça e a baixa iluminação) foram incluídos de forma uniforme e com o mesmo nível de intensidade em ambas as saídas após o início da situação de emergência.

Estes aspectos são padrões comuns em situações de emergência que poderão elevar o nível de presença por parte dos participantes. Logo, este seria um aspecto inerente e característico, idêntico em cada condição experimental, assim como a inclusão de sinais de emergência dinâmico e sonoro.

As variáveis independentes estão associadas a avaliação do nível de presença que os participantes possuem em relação ao ambiente virtual. Logo, as componentes estão interligadas ao nível de imersão adquirida pelos dispositivos de interação e sensoriais (tipo interface de locomoção – Gamepad ou KATVR, tato – calor e o olfato - cheiros).

#### 4.2.5. Amostra

O perfil da amostra utilizada no experimento B é entre-sujeitos, atribuídos aleatoriamente por cada condição experimental, selecionados considerando os mesmos critérios do experimento A e considerando os mesmos fatores eliminatórios presentes no termo de consentimento livre e informado (Apêndice 1), já descritos na descrição na amostra do experimento A.

Na fase de pré-teste a amostra utilizada para validação do ambiente foram de 10 participantes. Para a coleta de dados do ambiente virtual, a amostra proposta recomenda 30 indivíduos por cada condição experimental, que no total contabiliza 120 participantes.

#### 4.2.6. Procedimentos experimentais

Os procedimentos realizados para execução do experimento B foram os mesmos do experimento A, em relação à validação do ambiente virtual com a fase de pré-testes para validação do ambiente.

Desde dezembro de 2019, passou-se a considerar as recomendações da Organização Mundial de Saúde em parceria com a AIXR (*Academy of International Extended Reality*). Antes de iniciar propriamente a coleta de dados, os participantes foram devidamente contactados com antecedência e questionados sobre suas condições de saúde, se saiu do seu país de origem e se teve algum contacto com pessoa infectada nos últimos 14 dias. Estas questões são atestadas numa declaração COVID-19 (Apêndice B) assinadas pelo participante, aferida sua temperatura corporal e outras medidas devem ser seguidas por questão de segurança sanitária, como:

- Para evitar a grande concentração de pessoas, é necessário planejar um cronograma para garantir que os participantes interajam apenas com o supervisor da experiência, garantindo o distanciamento social e que cada participante não se cruze com os demais, e contabilizando o tempo necessário para desinfetar o espaço.
- Procedimentos rigorosos de limpeza das mãos: Antes de cada participante entrar na sala da experiência e colocar os dispositivos de RV, foi lhes pedido que se deslocassem à casa de banho e lavassem as mãos e o rosto com água e sabão por 20 segundos. Havia também desinfetante para as mãos à

base de álcool a 70% para uso em todos os momentos (obrigatório usar mesmo depois de lavar as mãos antes de entrar na sala).

- Uso obrigatório de máscara: Cada participante deve receber uma máscara cirúrgica para usar durante toda a experiência.
- Desinfecção dos equipamentos entre cada utilização por diferentes utilizadores, sendo limpos usando toalhetas com álcool a 70%.
- Desinfecção dos utensílios para o preenchimento do questionário utilizado por cada participante durante as sessões. Procedimento também necessário nas maçanetas e locais onde o participante teve contacto após a finalização do experimento.

Considerando as condições experimentais, foram feitos quatro executáveis (*builds*) específicos do ambiente virtual, sendo um para cada condição experimental e outro para o ambiente de treino.

Antes de iniciar cada experimento foi necessário calibrar os equipamentos e verificar se todas as condições são exatamente iguais. Para o caso do KATVR, é necessário calibrar o equipamento para garantir que o referencial zero está no eixo correto e ajustar a altura do avatar com a altura do participante. Para o VAQSO VR, é necessário verificar se a intensidade do cheiro está certa e repor a essência nas cápsulas do equipamento. Esses procedimentos terão que se repetir no intervalo de um teste para outro.

Após garantir que as condições para aplicação do próximo teste está apto para começar, o participante seguinte pode entrar na sala e o termo de consentimento é apresentado. Ressaltado ao participante que o mesmo pode abandonar o experimento a qualquer momento que não esteja em condições de continuar, especialmente em caso de enjoos ou indisposição. No final do experimento, aplicados os questionários.

O protocolo para a coleta de dados seguiu os seguintes passos:

- Pedir para a pessoa ler e assinar o termo de consentimento livre e informado (Apêndice 1) e Declaração COVID-19 (Apêndice 3);
- Explicar o objetivo do estudo: Testar o sistema de RV para o estudo do comportamento das pessoas. Pedir que as pessoas se comportem como se estivessem em um ambiente real;

- Mostrar as pessoas o equipamento utilizado: HMD, gamepad (ou KATVR consoante a condição experimental) para se moverem dentro da simulação;
- Ligar os equipamentos referente a condição experimental;
- Carregar o cenário de treino;
- Colocar os equipamentos;
- Pedir que a pessoa se movimente pelo cenário de treino, e desviar dos obstáculos e seguir em frente para chegar à linha de chegada.
  - Inclinando para o lado o corpo virtual e girar;
  - Empurrar para frente fazendo com que o corpo virtual ande em frente;
  - Empurrar para trás fazendo com que o corpo virtual ande para trás;
  - Pedir para ir aumentando a velocidade do passo para tentar correr;
  - Pedir para tentar ler as informações contidas no ambiente.
- Verificar que as pessoas já têm domínio do equipamento e que declaram que estão aptas a começar (ver se já não apresentam sinais de enjoo);
- Carregar o cenário de acordo com a condição experimental;
- Explicar o teste e apresentar a seguinte narrativa:

*Imagine que você está em um dia normal de trabalho em uma fábrica de calçados, próximo da hora de terminar o seu turno de trabalho. O segurança da empresa lhe informou que você precisa falar urgentemente com o Sr. Carlos, que está a andar no sector onde você trabalha. Fale com ele, e volte ao seu posto de trabalho para terminar suas tarefas e ir para casa.*

- Pedir para a pessoa repetir as instruções e ressaltar que deve agir como se estivesse numa situação real;
- Quando a pessoa chegar ao final da simulação, desligar a simulação.
- Retirar os equipamentos e perguntar se a pessoa está bem;
- Pedir para que responda o questionário (Apêndice 4).

## **CAPÍTULO V**

### **Conclusões e Sugestões para trabalhos futuros**

#### **5.1 Conclusões**

De acordo com os resultados obtidos no experimento A, observou-se que os participantes ao decorrer do experimento foram melhorando o nível de controle na navegação, principalmente no piso 1, porém a performance não foi tão boa quanto no piso anterior, provavelmente devido ao stress proveniente da situação de emergência. É natural que ao decorrer do tempo de interação com o ambiente virtual e dispositivos de navegação (gamepad) o participante vá se adaptando ao manuseio do equipamento e melhore o seu desempenho ao decorrer do experimento.

Em relação a percepção dos estímulos visuais e auditivos presentes no ambiente virtual, observou-se que esses fatores interferiram substancialmente nas tomadas de decisão dos participantes. Onde, de acordo com os resultados obtidos no questionário de presença, indicou que os indivíduos que não seguiram os agentes virtuais no piso 1 por estarem a observar outros detalhes do ambiente, como por exemplo a placa informacional no meio do corredor, na buscar por novos caminhos e alcançar os objetivos da tarefa solicitada.

Já os estímulos auditivos que obtiveram maior proeminência no piso 2 com a situação de emergência, pois devido o alarme de incêndio (sirene) e som das labaredas de fogo, os participantes sentiram-se em constante alerta e foi mais perceptível do que o som ambiente da situação cotidiana do piso 1.

Ao observar os dados correspondentes ao piso 1, os participantes possuem uma maior tendência de seguir os agentes virtuais a andar. Enquanto no piso 2, há uma tendência natural de seguir os agentes virtuais a correr, onde está a acontecer a situação de emergência. Durante a simulação, muitos participantes estranhavam os agentes virtuais que estavam a andar e tentavam ultrapassá-los. Em ambos os pisos, os resultados indicam a preferência em seguir números ímpares (3 ou 5) de agentes virtuais.

Ao considerar os resultados em cada corredor por piso, a distância percorrida por piso foi menor no piso 1 e a velocidade média maior no piso 2. Isso demonstra que os participantes foram se habituando ao ambiente e, como esperado, foi criado stress e ansiedade no piso 2 devido à situação de emergência, o que indica um bom nível de presença apesar dos poucos estímulos sensoriais explorados. Mesmo quando no piso 1, na situação cotidiana quando não há pressão temporal, o fato dos agentes virtuais estarem a correr estimulava os participantes a aumentar a velocidade do passo, seja pelo desejo de acompanhar os agentes virtuais ou por curiosidade.

Verificou-se que o tempo de decisão é maior nos primeiros corredores e que até 3 agentes virtuais não há diferenças significativas nos tempos de decisão. No entanto, quando há 4 ou 5 agentes virtuais há uma maior influência. Em especial, nas situações de emergência o tempo de decisão reduz ligeiramente quanto maior o número de agentes virtuais no corredor. Embora sejam necessários mais dados, isto poderá ser um indicador que o fator “multidão” influencia a decisão.

A metodologia proposta do Experimento B propõe melhorias no Experimento A no sentido de reduzir o tempo total de simulação visando minimizar a alta taxa de enjoos e fadigas por parte do participante.

Para otimizar e melhorar o desempenho do ambiente virtual, foram realizados melhoramentos nos diferentes modelos utilizados, especialmente nas máquinas com a redução do número de polígonos, assim como, a unificação das texturas utilizadas

para os modelos serem mais adequados para ambientes virtuais para RV. Também houve o cuidado de se encontrar o equilíbrio entre o realismo da representação dos agentes virtuais e o desempenho da simulação, com a utilização dos modelos próprios para jogos e as animações dos vários agentes virtuais com um nível de complexidade o mais reduzida possível. A maior dedicação de otimização de desempenho do ambiente virtual deu-se em relação ao ponto mais complexo na simulação, o da situação de emergência. É neste momento onde a quantidade de estímulos visuais, auditivos, movimentos autónomos de agentes virtuais e equipamentos a funcionar é maior e conseqüentemente será mais taxativo em termos de desempenho e recursos computacionais. Foram escolhidos os pontos de fogo e fumaça que dariam a maior sensação de urgência e dimensão do incêndio, mas permitindo haver um número reduzido destes pontos de sistemas de partículas.

Apesar dos estímulos visuais e auditivos serem bastante fortes para induzir níveis de presença aceitáveis no participante, não foram capazes de intensificarem a sensação de perigo e pressão temporal requeridos no contexto em estudo. De modo que, outros estímulos sensoriais foram introduzidos com a finalidade de melhorar o nível de presença e aumentar confiabilidade dos dados coletados.

O VAQSO pode ambientar o participante ao ambiente logo nos primeiros instantes, já que o cheiro característico da fábrica esteve presente durante a simulação e o fez sentir-se inserido no contexto em estudo. Após a situação de emergência iniciar o cheiro de fumaça começou, e ajudou a intensificar a existência de perigo. No entanto, notou-se que existe uma contaminação dos cheiros em *slots* coladas no VAQSO. Essa é a razão pela qual os cheiros ficaram em pontas separadas como se observa na Figura 46 e usou-se a slot central para dispersar os cheiros anteriores.

A utilização da plataforma de navegação KatVR possibilitou ao participante a navegar pelo ambiente virtual de forma semelhante de como poderia fazer no mundo real, como por exemplo podendo andar e correr. Entretanto, possui um ponto negativo ser o fato de o participante sentir-se de certa forma preso e que numa interação curta, isso parece influenciar a sensação de presença dos participantes. Nesse sentido, passando mais tempo no ambiente de treino permite ao participante ambientar-se ao equipamento e dessa forma reduzir esta sensação de sentir-se preso quando chega ao ambiente do experimento. Embora o deslocamento dos participantes na plataforma seja no mesmo local, a base com redução de atrito ajuda a dar a sensa-

ção de andar num espaço mais amplo, especialmente pelo contacto dos pés na base da plataforma, onde existe o impacto físico semelhante ao do andar.

A inclusão háptica com o calor dada pelo uso dos aquecedores gerou exponencialmente a sensação de calor e perigo quando os participantes se aproximavam do fogo. O fato de os aquecedores aquecerem em função da orientação do participante na plataforma e a sua orientação relativa aos pontos de fogo também foi positivo visto que há uma relação direta da sensação térmica sentida na realidade e a representação virtual dos fogos. Os pontos negativos do equipamento utilizado são o fato de não permitir aumentar ou diminuir a intensidade da temperatura programaticamente (apenas foi possível ligar e desligar o aquecedor) e quando o aquecedor ligava fazia um ruído de clique que era audível mesmo com os *headphones*. Embora só se notasse, na primeira utilização de cada aquecedor, que o tempo entre ligar e o participante sentir calor era da ordem de vários segundos.

## **5.2 Sugestões para trabalhos futuros**

Considerando o trabalho realizado sugere-se alguns temas de estudo para pesquisas futuras, tendo em vista o forte potencial da utilização da RV como ferramenta substancialmente fidedigna para coleta de dados credíveis para análise comportamental em situações de emergência, assim como sendo um bom instrumento para treino em ambientes industriais.

Nos próximos trabalhos poderiam ser explorados outros recursos para aumentar ainda mais imersão dos participantes durante a simulação, tais como a inclusão da representação visual do corpo do avatar juntamente com os seus respectivos movimentos. Este poderia ser outra condição experimental para testar o nível de presença em relação aos demais dispositivos de interação e sensoriais. Pois, supostamente o participante ao ver sua representação visual com seus respectivos movimentos em tempo real à medida que interage com ambiente virtual poderia aumentar a ainda mais sua imersão e níveis de presença. Alguns estudos tem indicado que a representação corporal do avatar pode influenciar nas suas atitudes durante a simulação (Banakou et al., 2016; Peña et al., 2016), porém ainda não existem estudos direcionados ao contexto em estudo neste trabalho, o que pode afetar os resultados.

Ainda neste sentido, a utilização do equipamento de cheiro o VAQSO poderia ser intensificado o seu potencial utilizando um intensificador que daria a sensação de calor ou frio conforme a necessidade do projeto. No caso de situações de emergência com incêndios, o uso do cheiro de fogo/fumaça juntamente com o intensificador de calor poderia aumentar ainda mais a sensação de perigo e fazer os participantes agirem conforme o esperado. Estudos que exploram adição de estímulos com adição de calor e olfativos, é notória a mudança comportamental dos participantes perante situações de incêndios, como desvios daqueles que esperaríamos na vida real (por exemplo, ações pré- evacuação), mas também comportamentos válidos como evitar incêndios (Brooks et al., 2020; Shaw et al., 2019).

Outros aspectos relacionados a criação ou validação de conceitos de novas sinaléticas de emergência deveriam ser testadas, de preferência isolando as variáveis em análise com uma situação neutra. Testando cores, animações, distanciamentos dentre outros aspectos morfológicos para melhorar a compreensão e leitura dos sinais de emergência, considerando também o contexto em uso e eventuais imprevistos contidos no ambiente. Uma falha bastante comum nas sinaléticas atuais, são a má visibilidade devido as condições atuais do ambiente decorrentes da situação de emergência (como a exemplo, fumaça) e obstrução de caminhos de rota de fuga evacuação.

## Referências Bibliográficas

- Adams, A., Bochner, S., & Bilik, L. (1998). The effectiveness of warning signs in hazardous work places: cognitive and social determinants. *Applied Ergonomics*, 29(4), 247–254. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(97\)00047-1](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(97)00047-1)
- Ahmad, N. S. H. N., Wan, T. R., & Jiang, P. (2011). Immersive environment courseware evaluation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 15, 1667–1676. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2011.03.350>
- Aliyu, Z., Wang, X., & Schnabel, M. A. (2009). Mixed Reality In Architecture, Design And Construction. In X. Wang & M. A. Schnabel (Eds.), *Applied Mechanics and Materials* (Vol. 820). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-9088-2>
- Argelaguet, F., Kulik, A., Kunert, A., Andujar, C., & Froehlich, B. (2011). See-through techniques for referential awareness in collaborative virtual reality. *International Journal of Human-Computer Studies*, 69(6), 387–400. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2011.01.003>
- Ashford, B. (2019). *Dynamic emergency exit signage*.
- Aven, T. (2017). Improving risk characterisations in practical situations by highlighting knowledge aspects, with applications to risk matrices. *Reliability Engineering & System Safety*, 167(Supplement C), 42–48. <https://doi.org/10.1016/j.ress.2017.05.006>
- Banakou, D., Hanumanthu, P. D., & Slater, M. (2016). Virtual Embodiment of White People in a Black Virtual Body Leads to a Sustained Reduction in Their Implicit Racial Bias. *Frontiers in Human Neuroscience*, 10(NOV2016), 601. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2016.00601>
- Biondi, F., Strayer, D. L., Rossi, R., Gastaldi, M., & Mulatti, C. (2017). Advanced driver assistance systems: Using multimodal redundant warnings to enhance road safety. *Applied Ergonomics*, 58, 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.06.016>

- Brooks, J., Nagels, S., & Lopes, P. (2020, April 21). Trigeminal-based Temperature Illusions. *Conference on Human Factors in Computing Systems - Proceedings*. <https://doi.org/10.1145/3313831.3376806>
- Bulu, S. T. (2012). Place presence, social presence, co-presence, and satisfaction in virtual worlds. *Computers and Education*, 58(1), 154–161. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.08.024>
- Burdea, G., & Coiffet, P. (2003). Virtual Reality Technology. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 12(6), 663–664. <https://doi.org/10.1162/105474603322955950>
- Calore, E. (2013). *Towards Steady-State Visually Evoked Potentials Brain-Computer Interfaces for Virtual Reality environments explicit and implicit interaction*. (Unpublished doctoral thesis). Università Degli Studi di Milano, Italy.
- Casasanto, D., & Jasmin, K. (2010). Good and bad in the hands of politicians: Spontaneous gestures during positive and negative speech. *PLoS ONE*, 5(7), 1–5. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011805>
- Castelli, L., Latini Corazzini, L., & Geminiani, G. C. (2008). Spatial navigation in large-scale virtual environments: Gender differences in survey tasks. *Computers in Human Behavior*, 24(4), 1643–1667. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2007.06.005>
- Chris Calori, D. V.-E. (2015). *Signage and Wayfinding Design* (T. Geismar & I. Chermayeff, Eds.; 2nd ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Clemes, S. A., & Howarth, P. A. (2005). The menstrual cycle and susceptibility to virtual simulation sickness. *Journal of Biological Rhythms*, 20(1), 71–82. <https://doi.org/10.1177/0748730404272567>
- Cobb, S. V. G., D’Cruz, M. D., & Wilson, J. R. (1995). Integrated manufacture: A role for virtual reality? *International Journal of Industrial Ergonomics*, 16(4–6), 411–425. [https://doi.org/10.1016/0169-8141\(95\)00022-9](https://doi.org/10.1016/0169-8141(95)00022-9)
- Deniaud, C., Honnet, V., Jeanne, B., & Mestre, D. (2015). An investigation into physiological responses in driving simulators: An objective measurement of presence. In Giuseppe Riva & Carlo Galimberti (Eds.) (Ed.), *2015 Science and Information Conference (SAI)* (pp. 739–748). IEEE. <https://doi.org/10.1109/SAI.2015.7237225>

- Deutsch, M., & Gerard, H. B. (1955). A study of normative and informational social influences upon individual judgment. *The Journal of Abnormal and Social Psychology*, 51(3), 629–636. <https://doi.org/10.1037/h0046408>
- Dijkstra, J., de Vries, B., & Jessurun, J. (2014). Wayfinding Search Strategies and Matching Familiarity in the Built Environment through Virtual Navigation. *Transportation Research Procedia*, 2, 141–148. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.09.018>
- Farra, S., Miller, E. T., Hodgson, E., Cosgrove, E., Brady, W., Gneuchs, M., & Baute, B. (2016). Storyboard Development for Virtual Reality Simulation. *Clinical Simulation in Nursing*, 12(9), 392–399. <https://doi.org/10.1016/j.ecns.2016.04.002>
- Fox, J., Ahn, S. J. G., Janssen, J. H., Yeykelis, L., Segovia, K. Y., & Bailenson, J. N. (2015). Avatars versus agents: A meta-analysis quantifying the effect of agency on social influence. *Human-Computer Interaction*, 30(5), 401–432. <https://doi.org/10.1080/07370024.2014.921494>
- Gageiro, J. N., & Pestana, M. H. (2005). *Análise de dados para ciências sociais: A COMPLEMENTARIDADE DO SPSS*. SILABO.
- Galea, E. R., Xie, H., Deere, S., Cooney, D., & Filippidis, L. (2017). Evaluating the effectiveness of an improved active dynamic signage system using full scale evacuation trials. *Fire Safety Journal*, 91(03797112), 908–917. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.03.022>
- Gamberini, L., Chittaro, L., Spagnolli, A., & Carlesso, C. (2015). Psychological response to an emergency in virtual reality: Effects of victim ethnicity and emergency type on helping behavior and navigation. *Computers in Human Behavior*, 48, 104–113. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2015.01.040>
- Gamberini, L., Cottone, P., Spagnolli, A., Varotto, D., & Mantovani, G. (2003). Responding to a fire emergency in a virtual environment: different patterns of action for different situations. *Ergonomics*, 46(8), 842–858. <https://doi.org/10.1080/0014013031000111266>
- Gatsou, C. (2015). Design, User Experience, and Usability: Users and Interactions. In A. Marcus (Ed.), *International Conference of Design, User Experience, and Usa-*

- bility (Vol. 9187). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-20898-5>
- Geus, K. D., & Dometerco, J. H. (2004). Visualização Qualitativa em Engenharia Utilizando Realidade Virtual. *Espaço Energia*, 1–7.
- Gonzalez-Franco, M., & Lanier, J. (2017). Model of Illusions and Virtual Reality. *Frontiers in Psychology*, 8(June), 1125. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01125>
- Grajewski, D., Górski, F., Zawadzki, P., & Hamrol, A. (2013). Application of Virtual Reality Techniques in Design of Ergonomic Manufacturing Workplaces. *Procedia Computer Science*, 25, 289–301. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2013.11.035>
- Grigore C. Burdea, P. C. (2003). *Virtual Reality Technology*. Wiley-IEEE Press.
- Gutiérrez, M. A. A., Vexo, F., & Thalmann, D. (2008). *Stepping into Virtual Reality* (L. Switzerland, Ed.; 1st ed.). Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-117-6>
- Haghani, M., & Sarvi, M. (2016). Pedestrian crowd tactical-level decision making during emergency evacuations. *Journal of Advanced Transportation*, 50(8), 1870–1895. <https://doi.org/10.1002/atr.1434>
- Haghani, M., & Sarvi, M. (2017). Following the crowd or avoiding it? Empirical investigation of imitative behaviour in emergency escape of human crowds. *Animal Behaviour*, 124, 47–56. <https://doi.org/10.1016/j.anbehav.2016.11.024>
- Hareli, S., Moran-Amir, O., David, S., & Hess, U. (2013). Emotions as signals of normative conduct. *Cognition & Emotion*, 27(8), 1395–1404. <https://doi.org/10.1080/02699931.2013.791615>
- Hawkins, D. M. (1980). Multivariate outlier detection. In D. M. Hawkins (Ed.), *Identification of Outliers* (pp. 104–114). Springer Netherlands. [https://doi.org/10.1007/978-94-015-3994-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-94-015-3994-4_8)
- Hegarty, M., Montello, D. R., Richardson, A. E., Ishikawa, T., & Lovelace, K. (2006). Spatial abilities at different scales: Individual differences in aptitude-test performance and spatial-layout learning. *Intelligence*, 34(2), 151–176. <https://doi.org/10.1016/j.intell.2005.09.005>

- Hofinger, G., Zinke, R., & Künzer, L. (2014). Human Factors in Evacuation Simulation, Planning, and Guidance. *Transportation Research Procedia*, 2(0), 603–611. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.09.101>
- Jeffries, P. R. ;, Rodgers, B., & Adamson, K. (2015). NLN Jeffries Simulation Theory: Brief Narrative Description. *Nursing Education Perspectives*, 36(5), 292–293.
- Jennifer Whyte. (2002). *Virtual Reality and the built Environment*. Architectural Press.
- Jeon, G.-Y., & Hong, W.-H. (2009). An experimental study on how phosphorescent guidance equipment influences on evacuation in impaired visibility. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 22(6), 934–942. <https://doi.org/10.1016/j.jlp.2009.08.008>
- Jerald, J. (2015). The VR Book: Human-centered Design for Virtual Reality. In M. Tamer Ozsu & J. C. Hart (Eds.), *The VR Book* (1st ed.). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/2792790>
- Kinateder, M., Gromer, D., Gast, P., Buld, S., Müller, M., Jost, M., Nehfischer, M., Mühlberger, A., & Pauli, P. (2015). The effect of dangerous goods transporters on hazard perception and evacuation behavior - A virtual reality experiment on tunnel emergencies. *Fire Safety Journal*, 78(Supplement C), 24–30. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2015.07.002>
- Kinateder, M., Pauli, P., Müller, M., Krieger, J., Heimbecher, F., Rönnau, I., Bergerhausen, U., Vollmann, G., Vogt, P., & Mühlberger, A. (2013). Human behaviour in severe tunnel accidents: Effects of information and behavioural training. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 17, 20–32. <https://doi.org/10.1016/j.trf.2012.09.001>
- Kinateder, M., Ronchi, E., Nilsson, D., Kobes, M., Müller, M., Pauli, P., & Mühlberger, A. (2014). *Virtual Reality for Fire Evacuation Research*. 2, 313–321. <https://doi.org/10.15439/2014F94>
- Kobes, M., Helsloot, I., de Vries, B., & Post, J. (2010). Exit choice, (pre-)movement time and (pre-)evacuation behaviour in hotel fire evacuation — Behavioural analysis and validation of the use of serious gaming in experimental research. *Procedia Engineering*, 3, 37–51. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2010.07.006>

- Kobes, M., Oberijé, N., & Duyvis, M. (2010). Case Studies on Evacuation Behaviour in a Hotel Building in BART and in Real Life. In *Pedestrian and Evacuation Dynamics 2008* (pp. 183–201). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-04504-2\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-642-04504-2_14)
- Kwon, J. H., Powell, J., & Chalmers, A. (2013). How level of realism influences anxiety in virtual reality environments for a job interview. *International Journal of Human-Computer Studies*, 71(10), 978–987. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2013.07.003>
- Laughery, K. R., & Wogalter, M. S. (2014). A three-stage model summarizes product warning and environmental sign research. *Safety Science*, 61, 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2011.02.012>
- Lehto, M. R. (2000). Designing warning signs and warning labels: Part II - Scientific basis for initial guidelines. *Elsevier Ergonomics Book Series*, 1(C), 257–280. [https://doi.org/10.1016/S1572-347X\(00\)80021-X](https://doi.org/10.1016/S1572-347X(00)80021-X)
- Li, X., Yi, W., Chi, H.-L., Wang, X., & Chan, A. P. C. (2018). A critical review of virtual and augmented reality (VR/AR) applications in construction safety. *Automation in Construction*, 86, 150–162. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.11.003>
- Linardi, S. (2016). Peer coordination and communication following disaster warnings: An experimental framework. *Safety Science*, 90, 24–32. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.03.017>
- Liu, R., Jiang, D., & Shi, L. (2016). Agent-based simulation of alternative classroom evacuation scenarios. *Frontiers of Architectural Research*, 5(1), 111–125. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2015.12.002>
- Lovreglio, R., Fonzone, A., Dell'Olio, L., Borri, D., & Ibeas, A. (2014). The Role of Herding Behaviour in Exit Choice During Evacuation. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 160, 390–399. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.12.151>
- Maffei, L., Masullo, M., Pascale, A., Ruggiero, G., & Romero, V. P. (2016). Immersive virtual reality in community planning: Acoustic and visual congruence of simulated vs real world. *Sustainable Cities and Society*, 27(Supplement C), 338–345. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.06.022>

- Makransky, G., Terkildsen, T. S., & Mayer, R. E. (2019). Adding immersive virtual reality to a science lab simulation causes more presence but less learning. *Learning and Instruction*, *60*(May 2017), 225–236. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2017.12.007>
- Mantovani, G., Gamberini, L., Martinelli, M., & Varotto, D. (2001). Exploring the Suitability of Virtual Environments for Safety Training: Signals, Norms and Ambiguity in a Simulated Emergency Escape. *Cognition, Technology & Work*, *3*(1), 33–41. <https://doi.org/10.1007/PL00011519>
- Martins, D. R. (2005). Gestão de Identidade Corporativa: do signo ao código. In *Universidade de Aveiro*. Universidade de Aveiro.
- Marzano, A., Friel, I., Erkoyuncu, J. A., & Court, S. (2015). Design of a Virtual Reality Framework for Maintainability and Assemblability Test of Complex Systems. *Procedia CIRP*, *37*, 242–247. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.067>
- McCauley, M. E., & Sharkey, T. J. (1992). Cybersickness: Perception of Self-Motion in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, *1*(3), 311–318. <https://doi.org/10.1162/pres.1992.1.3.311>
- Moffat, S. D., Hampson, E., & Hatzipantelis, M. (1998). Navigation in a “Virtual” Maze: Sex Differences and Correlation With Psychometric Measures of Spatial Ability in Humans. *Evolution and Human Behavior*, *19*(2), 73–87. [https://doi.org/10.1016/S1090-5138\(97\)00104-9](https://doi.org/10.1016/S1090-5138(97)00104-9)
- Motamedi, A., Wang, Z., Yabuki, N., Fukuda, T., & Michikawa, T. (2017). Signage visibility analysis and optimization system using BIM-enabled virtual reality (VR) environments. *Advanced Engineering Informatics*, *32*, 248–262. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2017.03.005>
- Moussaid, M. (2013). Opinion Formation and the Collective Dynamics of Risk Perception. *PLoS ONE*, *8*(12), e84592. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084592>
- Moussaïd, M., Kapadia, M., Thrash, T., Sumner, R. W., Gross, M., Helbing, D., & Hölscher, C. (2017). Crowd behaviour during high-stress evacuations in an immersive virtual environment. *Journal of The Royal Society Interface*, *13*(122), 8. <https://doi.org/10.1098/rsif.2016.0414>

- Munari, B. (2016). Diseño y Comunicación visual. In Editorial Gustavo Gili (Ed.), *Diseño y comunicación visual* (03 ed., p. 368). Editorial Gustavo Gili, SA.
- Murphy, L. A., Robertson, M. M., & Huang, Y.-H. (2012). The development of a conceptual model regarding the role of social modelling in safety behaviour: an integrated literature review. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 13(3), 286–302. <https://doi.org/10.1080/1463922X.2010.506557>
- NBR 7195. (2018). NBR 7195. In *Mendeley Desktop* (2nd ed., pp. 1–5).
- Netto, A. V., Tahara, C. S., Porto, A. J. V., & Gonçalves Filho, E. V. (1998). Realidade virtual e suas aplicações na área de manufatura, treinamento, simulação e desenvolvimento de produto. *Gestão & Produção*, 5(2), 104–116. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X1998000200002>
- Neurauter, M., Blanco, M., Smith-Jackson, T., Kleiner, B., October, P., Th, Blackburg, & Virginia. (2004). *Multidimensional Warnings: Determining an Appropriate Stimulus for a Curve-Warning Device*. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute.
- Nilsson, D., & Johansson, A. (2009). Social influence during the initial phase of a fire evacuation—Analysis of evacuation experiments in a cinema theatre. *Fire Safety Journal*, 44(1), 71–79. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.03.008>
- Nilsson, D., Johansson, M., & Frantzich, H. (2009). Evacuation experiment in a road tunnel: A study of human behaviour and technical installations. *Fire Safety Journal*, 44(4), 458–468. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.09.009>
- NR 26. (1978). NR26.
- Occhialini, M., Bernardini, G., Ferracuti, F., Iarlori, S., D’Orazio, M., & Longhi, S. (2016). Fire exit signs: The use of neurological activity analysis for quantitative evaluations on their perceptiveness in a virtual environment. *Fire Safety Journal*, 82, 63–75. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2016.03.003>
- Pan, Z., Cheok, A. D., Yang, H., Zhu, J., & Shi, J. (2006). Virtual reality and mixed reality for virtual learning environments. *Computers & Graphics*, 30(1), 20–28. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2005.10.004>
- Parsons, T. D. (2015). Virtual Reality for Enhanced Ecological Validity and Experimental Control in the Clinical, Affective and Social Neurosciences. *Frontiers in*

*Human Neuroscience*, 9(December), 660.  
<https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00660>

Peña, J., Khan, S., & Alexopoulos, C. (2016). I Am What I See: How Avatar and Opponent Agent Body Size Affects Physical Activity Among Men Playing Exergames. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 21(3), 195–209. <https://doi.org/10.1111/jcc4.12151>

Pires, A. M., & Branco, J. A. (2007). Introdução aos métodos estatísticos robustos. *XV Congresso Anual Da Sociedade Portuguesa de Estatística*, 249–261.

Rebenitsch, L., & Owen, C. (2016). Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Reality*, 20(2), 101–125. <https://doi.org/10.1007/s10055-016-0285-9>

Ren, A., Chen, C., Shi, J., & Zou, L. (2006). Application of virtual reality technology to evacuation simulation in fire disaster. *Proceedings of the 2006 International Conference on Computer Graphics & Virtual Reality*, 15–21.

Ronchi, E., Kinateder, M., Müller, M., Jost, M., Nehfischer, M., Pauli, P., & Mühlberger, A. (2015). Evacuation travel paths in virtual reality experiments for tunnel safety analysis. *Fire Safety Journal*, 71, 257–267. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2014.11.005>

Schnall, S., Hedge, C., & Weaver, R. (2012). The Immersive Virtual Environment of the digital fulldome: Considerations of relevant psychological processes. *International Journal of Human-Computer Studies*, 70(8), 561–575. <https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2012.04.001>

Shaw, E., Roper, T., Nilsson, T., Lawson, G., Cobb, S. V. G., & Miller, D. (2019). The Heat is On. *Proceedings of the 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1–13. <https://doi.org/10.1145/3290605.3300856>

Sherman, W. R., & Craig, A. B. (2003). Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design. In *Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design*. <https://doi.org/10.1162/105474603322391668>

Sutherland, I. E. (1965). The Ultimate Display. In C. J. Fluke & D. G. Barnes (Eds.), *Proceedings of IFIP Congress* (pp. 506–508).

Tang, X.-X. (2012). *Virtual Reality - Human computer interaction*.

- Tlauka, M., Brolese, A., Pomeroy, D., & Hobbs, W. (2005). Gender differences in spatial knowledge acquired through simulated exploration of a virtual shopping centre. *Journal of Environmental Psychology*, 25(1), 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.12.002>
- Usoh, M., Catena, E., Arman, S., & Slater, M. (2000). Using Presence Questionnaires in Reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 9(5), 497–503. <https://doi.org/10.1162/105474600566989>
- van der Land, S., Schouten, A. P., Feldberg, F., van den Hooff, B., & Huysman, M. (2013). Lost in space? Cognitive fit and cognitive load in 3D virtual environments. *Computers in Human Behavior*, 29(3), 1054–1064. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.09.006>
- Villani, D., Repetto, C., Cipresso, P., & Riva, G. (2012). May I experience more presence in doing the same thing in virtual reality than in reality? An answer from a simulated job interview. *Interacting with Computers*, 24(4), 265–272. <https://doi.org/10.1016/j.intcom.2012.04.008>
- Walkowiak, S., Foulsham, T., & Eardley, A. F. (2015). Individual differences and personality correlates of navigational performance in the virtual route learning task. *Computers in Human Behavior*, 45, 402–410. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.12.041>
- Winkes, P. A., & Aurich, J. C. (2015). Method for an Enhanced Assembly Planning Process with Systematic Virtual Reality Inclusion. *Procedia CIRP*, 37, 152–157. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2015.08.007>
- Witmer, B. G., & Singer, M. J. (1998). Measuring Presence in Virtual Environments: A Presence Questionnaire. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 7(3), 225–240. <https://doi.org/10.1162/105474698565686>
- Wogalter, M. S., DeJoy, D. M., & Laughery, K. R. (1999). *Organizing Theoretical Framework: A Consolidated Communication-Human Information Processing (C-HIP) Model*. Taylor & Francis.
- Xu, Y., Kim, E., Lee, K., Ki, J., & Lee, B. (2013). FDS simulation high rise building model for unity 3d game engine. *International Journal of Smart Home*, 7(5), 263–274. <https://doi.org/10.14257/ijsh.2013.7.5.26>

- Xu, Z., Lu, X. Z., Guan, H., Chen, C., & Ren, A. Z. (2014). A virtual reality based fire training simulator with smoke hazard assessment capacity. *Advances in Engineering Software*, 68(Supplement C), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.10.004>
- Yongzhe, X. U., Lee, K., Kim, E., Ki, J., & Lee, B. (2013). *Simulation of Smoke to Improve Unity 3D Game Engine Particle System based on FDS*. 19, 183–186.

## Apêndice

### Apêndice 1: Termo de consentimento livre e informado (Experimento A e B)



#### Termo de consentimento livre e informado

Participante nº: \_\_\_\_\_  
Data: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

**Título da pesquisa:** Experimentação de um sistema de Realidade Virtual para recolha de dados relativos ao comportamento humano.

**Investigadores:** Carlota Silva, Prof. Antonio Gilson

Foi convidado(a) a participar, como voluntário(a), numa pesquisa, no âmbito de um trabalho de doutoramento, a decorrer no Instituto Superior Técnico e na Faculdade de Arquitectura, da Universidade de Lisboa (FMH/UL), na especialidade de Design. A sua participação representa um importante contributo, não só para o estudo em curso, mas também para o desenvolvimento do conhecimento na área do Design. Ao participar, terá a oportunidade de experimentar equipamentos e tecnologias associadas à Realidade Virtual (RV), que não são de uso comum.

É importante que leia a informação seguinte, antes de concordar em participar nesta pesquisa. Este texto descreve, de forma sucinta, a pesquisa, seus objectivos gerais e o que se espera da sua participação, incluindo a identificação dos procedimentos experimentais, riscos previstos, seus direitos e confidencialidade dos dados. Caso aceite fazer parte deste estudo, deverá assinar as duas vias deste documento, sendo que, uma delas ficará na sua posse e outra com o pesquisador responsável.

#### Explicação do procedimento

Este estudo tem por objetivo avaliar um sistema de Realidade Virtual, para registo de dados relativos ao comportamento humano em ambientes virtuais.

A sessão experimental está dividida em 3 partes: (1) sessão de treino e calibragem dos equipamentos; (2) sessão de simulação em RV e (3) resposta a um questionário. O tempo total estimado para a sua participação é de, aproximadamente, 20 minutos.

A simulação em RV implica o uso de óculos/capacete de RV, sensores de movimento, auscultadores e um gamepad. Terá a possibilidade de experimentar estes equipamentos, numa sessão de treino, até sentir que está apto(a) a participar.

#### Riscos e desconforto

Como é normal em qualquer jogo de computador, nesta simulação terá que realizar algumas tarefas dentro do mundo virtual, para as quais receberá informação detalhada no início da simulação. Naturalmente, pode acontecer que algumas pessoas mais sensíveis possam sentir enjoo do simulador.

#### Abandono da experiência sem qualquer penalização

A participação nesta pesquisa é voluntária, pelo que, pode decidir interromper a sessão e abandonar o estudo a qualquer momento, sem qualquer penalização. Também pode optar por não responder a qualquer questão do questionário.

### Confidencialidade dos dados

Todos os dados recolhidos serão confidenciais, incluindo as suas respostas ao questionário que serão anónimas. Para isso, os participantes serão identificados apenas com um número, que serve para o investigador ter registo da sequência pela qual a experiência decorreu. A sessão de simulação em RV será gravada, para análise posterior.

### Contactos

Para esclarecimentos adicionais ou questões relacionadas com esta pesquisa poderão contactar os investigadores pelo e-mail – carlota.jsilva@gmail.com

### Consentimento

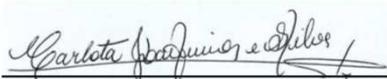
Ao assinar este documento está a declarar que tomou conhecimento das metodologias experimentais envolvidas neste estudo e que nada têm a opor, pelo que está disponível para participar. Declara, também, a manter o sigilo sobre o conteúdo deste trabalho, e não divulgar o seu objecto de estudo aos colegas, para não comprometer a sua participação no estudo (porque eles poderão vir a ser convidados a participar).

### Questões de ética e segurança dos participantes

	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
Sofre de doença cardíaca (ex. arritmias)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sofre de vertigens	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sofre, ou sofreu recentemente, de depressão?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
No caso de ser mulher, está grávida?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Destro	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante

\_\_\_\_\_  
Data



\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

\_\_\_\_\_  
Data

## Apêndice 2: Questionário de Presença (Experimento A)



### Avaliação da presença depois da simulação

Participante nº: \_\_\_\_\_  
Data: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

*Instruções de preenchimento: marque um “x” sobre o número, inscrito na quadrícula da escala, correspondente à sua avaliação, considerando uma escala crescente onde 1 é a avaliação mais baixa e 7 é a mais alta.*

### Qualidade sensorial - grau de imersão

1. Durante a simulação, sentiu que estava “dentro” do ambiente virtual?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

2. Durante a simulação, houve alturas em que sentiu que o ambiente virtual era a **realidade** para você?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

3. Durante a simulação, sentiu como se **tivesse visitado** aquele ambiente e não como se tivesse observado uma imagem?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

4. Durante a simulação, **a sua sensação de estar no ambiente virtual foi mais forte** do que a sensação de estar no ambiente real, i.e., laboratório?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

5. Durante a simulação, **sentiu-se completamente envolvido(a) no ambiente virtual**, e não teve consciência de que estava sentado(a) no laboratório?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

### Qualidade da interação no mundo virtual

6. Com que qualidade conseguiu **navegar ou deslocar-se** no ambiente virtual (i.e., com que facilidade conseguia ir para um determinado ponto do ambiente)?

Difícilmente			Razoavelmente			Facilmente
1	2	3	4	5	6	7

7. Como classifica o grau de **naturalidade da deslocação** no ambiente virtual (i.e., até que ponto achou o seu movimento natural e fluído)?

Nada natural			Razoável			Muito natural
1	2	3	4	5	6	7

8. Qual o grau de **controle** que teve sobre a sua **navegação ou deslocação** no ambiente virtual (i.e., com que facilidade conseguia posicionar e/ou parar, com precisão, no sítio desejado)?

Difícilmente			Razoavelmente			Facilmente
1	2	3	4	5	6	7

9. Como classifica o grau de **naturalidade do comportamento do olhar** (i.e., até que ponto olhava de forma natural e fluida para diferentes detalhes do ambiente)?

Nada natural			Razoável			Muito natural
1	2	3	4	5	6	7

10. Qual o grau de **controle** sobre o **movimento do olhar** (i.e., com que facilidade direcionava a sua “cabeça virtual”, com precisão, para um determinado ponto do ambiente)?

Difícilmente			Razoavelmente			Facilmente
1	2	3	4	5	6	7

11. Com que facilidade conseguiu **visualizar** os agentes virtuais (i.e. os homens a andar ou correr) no ambiente virtual?

Difícilmente			Razoavelmente			Facilmente
1	2	3	4	5	6	7

12. Com que qualidade conseguiu adaptar-se à experiência virtual (i.e., com que facilidade conseguiu entender e aprender como interagir com/no ambiente virtual)?

Difícilmente			Razoavelmente			Facilmente
1	2	3	4	5	6	7

13. No final da simulação, como classifica a sua mestria em interagir (i.e., navegar e olhar) com o ambiente virtual?

Muita má			Razoável			Muito boa
1	2	3	4	5	6	7

### Qualidade sensorial – fatores sensoriais

14. Como classifica o **nível de estimulação sensorial global** experimentado durante a simulação (i.e., até que ponto todos os seus sentidos estiveram envolvidos na experiência virtual)?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

15. Até que ponto os estímulos **visuais** o(a) fizeram sentir-se “dentro” do ambiente virtual?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

16. Até que ponto os estímulos **auditivos** o fizeram sentir-se “dentro” do ambiente virtual?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7



17. Quão convincente foi o seu **sentido de que pessoas se moviam** (i.e., os homens e os funcionários do hotel) no ambiente virtual?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

18. Até que ponto conseguiu **identificar/reconhecer** os sons presentes no ambiente virtual?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

19. Até que ponto conseguiu **localizar os sons** presentes no ambiente virtual?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

20. Até que ponto conseguiu **explorar visualmente** o ambiente virtual?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

21. Quão convincente foi a **sua sensação de movimentação/deslocação** dentro do ambiente virtual?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

22. Até que ponto conseguiu **identificar/reconhecer os estímulos visuais** (i.e., percebeu os seus detalhes) dentro do ambiente virtual?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

23. Com que qualidade conseguiu **percepcionar os estímulos visuais** (i.e., ver/ler os seus detalhes) dentro do ambiente virtual?

Difícilmente			Razoavelmente			Facilmente
1	2	3	4	5	6	7

### Qualidade da interação - factores de distração

24. Até que ponto teve consciência da **presença dos dispositivos de visualização** (i.e., óculos ou projecção) durante a simulação?

Nenhuma			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

25. Até que ponto teve consciência da **presença do dispositivo de controlo** durante a simulação?

Nenhuma			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

26. Até que ponto o **dispositivo de controlo** causou **distração** durante a simulação?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

27. Até que ponto os **dispositivos de visualização** (i.e., óculos ou projecção) causaram **distração** durante a simulação?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

28. Até que ponto o **dispositivo de controlo** interferiu (i.e., incomodou-o) no desempenho das tarefas pedidas?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

29. Até que ponto o **dispositivo de visualização** (i.e., óculos ou projecção) interferiu (i.e., incomodou-o) no desempenho das tarefas pedidas?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

30. Até que ponto a **qualidade da imagem**, exibida do ambiente virtual, interferiu (i.e., incomodou-o(a)) no desempenho das tarefas pedidas?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

31. Até que ponto, durante a simulação, teve **consciência do que se estava a passar em seu redor**, no mundo real (i.e., ter consciência de sons provenientes do mundo real)?

Nenhuma			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

32. Até que ponto conseguiu **concentrar-se nas tarefas** que lhe foram pedidas, em vez de se concentrar nos **dispositivos de interação**?

Muito pouco			Médio			Bastante
1	2	3	4	5	6	7

33. Como classifica o grau de **“poluição” sensorial** (i.e., excesso de estímulos visuais e auditivos) do ambiente virtual?

Muito baixo			Médio			Muito alto
1	2	3	4	5	6	7

34. Até que ponto o grau de **poluição sensorial** (i.e., excesso de estímulos visuais e auditivos) interferiu (i.e., incomodou-o) no desempenho das tarefas pedidas?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7



### Qualidade da interação - factores de distração

35. Qual o **grau de realismo** que atribui à simulação que acabou de experienciar?

Muito baixo			Razoável			Muito alto
1	2	3	4	5	6	7

36. Até que ponto considera a **sua experiência** (i.e., comportamento ou desempenho) no ambiente virtual coerente com a sua experiência (i.e., comportamento ou desempenho) no mundo real?

Nada coerente			Médio			Bastante coerente
1	2	3	4	5	6	7

37. Esteve envolvido(a) na simulação ao ponto de perder a **noção do tempo**?

Nunca			Médio			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

38. Até que ponto se sentiu **confuso ou desorientado** no final da simulação?

Nada confuso			Médio			Bastante confuso
1	2	3	4	5	6	7

39. Durante a simulação, até que ponto se apercebeu de que havia **uma inconsistência entre as suas acções e a imagem projectada** (i.e., notou algum atraso na simulação dos seus movimentos no ambiente virtual)?

Nunca			Às vezes			Sempre
1	2	3	4	5	6	7

Porque seguiu ou não os agentes virtuais (homens/mulheres)?

---

---

Notou alguma coisa estranha? Se sim, o quê e porquê?

---

---

**Obrigada pela colaboração!**

### Apêndice 3: Declaração COVID-19 (Experimento B)



#### Declaração COVID-19

Participante nº: _____ Data: _____ Hora: _____
---

**Título da pesquisa:** Experimentação de um sistema de Realidade Virtual para recolha de dados relativos ao comportamento humano.

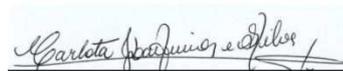
**Investigadores:** Carlota Silva, Prof. Antonio Gilson

Ao assinar, o participante declara que:

- Não saiu do país nos últimos 14 dias;
- Não esteve em contacto com pessoa infetada nos últimos 14 dias,
- Não apresenta nenhum dos seguintes sintomas:
  - Febre
  - Tosse
  - Dificuldade respiratoria
  - Falta de ar
  - Dificuldade em engolir
  - Dores de cabeça
  - Calafrios
  - Náuseas/Vómitos
  - Diarreia e dor abdominal
  - Fadiga e dores musculares sem razão aparente

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Participante

\_\_\_\_\_  
Data



\_\_\_\_\_  
Assinatura do pesquisador

\_\_\_\_\_  
Data

## Apêndice 4: Questionário de Presença (Experimento B)

### Dados Demográficos

---

\*Obrigatório

i) Nome \*

---

ii) Idade \*

---

iii) Género \*

Marcar apenas uma oval.

- Masculino  
 Feminino

iv) Nacionalidade \*

---

v) Nível de instrução \*

Marque todas que se aplicam.

- Ensino Primário  
 Ensino Secundário  
 Licenciatura  
 Mestrado  
 Doutoramento  
 Outro: \_\_\_\_\_

vi) Qual é a sua profissão/ocupação? \*

---

vii) Qual a sua experiência actual com jogos de vídeo (i.e., jogos de computador, x-box, playstation, wii)? \*

Marcar apenas uma oval.

- Nunca joguei  
 Jogo esporadicamente  
 Jogo entre 1 e 10 horas por semana  
 Jogo entre 10 e 20 horas por semana  
 Jogo entre 20 e 30 horas por semana  
 Jogo mais de 30 horas por semana  
 Outro: \_\_\_\_\_

viii) É jogador frequente em jogos de primeira pessoa (mais de 7 horas por semana, nos últimos 2 meses)? \*

Marcar apenas uma oval.

- Sim  
 Não

ix) Se respondeu sim, à questão anterior, indique qual o seu perfil de jogador: \*

Marcar apenas uma oval.

- Prefere jogos de primeira pessoa (i.e., Doom; Half-Life; Portal; BioShock)  
 Prefere jogos de terceira pessoa (i.e., Tomb Raider; World of Warcraft; Grand Theft Auto)  
 Ambos

x) Classifique a sua experiência com simuladores de Realidade Virtual (RV), no último ano: \*

Marcar apenas uma oval.

- Nunca  
 Pelo menos 1 vez  
 Mais de 2 vezes

xi) Experimentou simuladores que recorrem ao uso de óculos para realidade virtual; \*

Marcar apenas uma oval.

- Nunca  
 Pelo menos 1 vez  
 Mais de 2 vezes

xii) Experimentou simuladores que recorrem ao movimento da plataforma/assento sincronizado com imagens projectadas; \*

Marcar apenas uma oval.

- Nunca  
 Pelo menos 1 vez  
 Mais de 2 vezes

xiii) Experimentou simuladores que recorrem a ambos os processos em simultâneo (óculos + movimento); \*

Marcar apenas uma oval.

- Nunca  
 Pelo menos 1 vez  
 Mais de 2 vezes

xiv) Experimentou simuladores que recorrem ao uso de dispositivos sensoriais hápticos (tato) para realidade virtual? \*

Marque todas que se aplicam.

- Nunca  
 Pelo menos 1 vez  
 Mais de 2 vezes

xv) Experimentou simuladores que recorrem ao uso de dispositivos sensoriais olfativos (cheiro) para realidade virtual? \*

Marque todas que se aplicam.

- Nunca  
 Pelo menos 1 vez  
 Mais de 2 vezes

#### Questionário de Presença

Instruções de preenchimento: Escolha o número que melhor representa a sua experiência com o ambiente virtual, correspondente à sua avaliação, considerando uma escala crescente onde 1 é a avaliação mais baixa, o 4 é mediana e 7 é a mais alta.

#### Qualidade Sensorial Grau de imersão

1. Durante a simulação, sentiu que estava "dentro" do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

- 1   2   3   4   5   6   7  
Nunca        Sempre

2. Durante a simulação, houve alturas em que sentiu que o ambiente virtual era a realidade para você? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito Pouco	<input type="radio"/>	Bastante						

3. Durante a simulação, sentiu como se tivesse visitado aquele ambiente e não como se tivesse observado uma fotografia? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

4. Durante a simulação, a sua sensação de estar no ambiente virtual foi mais forte do que a sensação de estar no ambiente real? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

5. Durante a simulação, sentiu-se completamente envolvido (a) no ambiente virtual, e não teve consciência de que estava sentado (a) (Gamepad) ou em pé (KATVR) no laboratório? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

6. Durante a simulação, sentiu-se completamente envolvido (a) no ambiente virtual, que os estímulos sensoriais háptico (tato) o fez sentir fora laboratório? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

7. Durante a simulação, sentiu-se completamente envolvido (a) no ambiente virtual, que os estímulos sensoriais olfativo (cheiro) o fez sentir fora laboratório? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

Qualidade da interação no mundo virtual

8. Com que qualidade conseguiu navegar ou deslocar-se no ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Difícilmente	<input type="radio"/>	Facilmente						

9. Como classifica o grau de naturalidade da deslocação no ambiente virtual (i.e., até que ponto achou o seu movimento natural e fluido)? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nada natural	<input type="radio"/>	Muito natural						

10. Qual o grau de controlo que teve sobre a sua navegação ou deslocação no ambiente virtual (i.e., com que facilidade conseguia posicionar e/ou parar, com precisão, no sítio desejado)? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Difícilmente	<input type="radio"/>	Muito natural						

11. Como classifica o grau de naturalidade do comportamento do olhar (i.e., até que ponto olhava de forma natural e fluida para diferentes detalhes do ambiente)? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nada natural	<input type="radio"/>	Muito natural						

12. Qual o grau de controlo sobre o movimento do olhar (i.e., com que facilidade direcionava a sua "cabeça virtual", com precisão, para um determinado ponto do ambiente)? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Difícilmente	<input type="radio"/>	Facilmente						

13. Com que facilidade conseguiu visualizar os agentes virtuais durante a evacuação (i.e., os funcionários) no ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Difícilmente	<input type="radio"/>	Facilmente						

14. Com que qualidade conseguiu adaptar-se à experiência virtual (i.e., com que facilidade conseguiu entender e aprender como interagir com/no ambiente virtual)? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Difícilmente	<input type="radio"/>	Facilmente						

15. No final da simulação, como classifica a sua mestria em interagir (i.e., navegar e olhar) com o ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito má	<input type="radio"/>	Muito boa						

Qualidade sensorial  
factores sensoriais

16. No final da simulação, como classifica a sua mestria em interagir (i.e., navegar e olhar) com o ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito pouco	<input type="radio"/>	Bastante						

17. Até que ponto os estímulos visuais o (a) fizeram sentir-se "dentro" do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito pouco	<input type="radio"/>	Bastante						

18. Até que ponto os estímulos auditivos o (a) fizeram sentir-se "dentro" do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito pouco	<input type="radio"/>	Bastante						

19. Até que ponto os estímulos háptico (tato) o (a) fizeram sentir-se "dentro" do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito pouco	<input type="radio"/>	Bastante						

20. Até que ponto os estímulos olfativo (cheiro) o (a) fizeram sentir-se "dentro" do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito pouco	<input type="radio"/>	Bastante						

21. Quão convincente foi o seu sentido de que as pessoas se moviam no ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito pouco	<input type="radio"/>	Bastante						

22. Até que ponto conseguiu identificar/reconhecer os sons presentes no ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

23. Até que ponto conseguiu localizar os sons presentes no ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

24. Até que ponto conseguiu explorar visualmente o ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

25. Quão convincente foi a sua sensação de movimentação/deslocação dentro do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

26. Até que ponto conseguiu identificar/reconhecer os estímulos visuais (i.e., perceber os seus detalhes) dentro do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

27. Até que ponto conseguiu identificar/reconhecer os estímulos sensoriais hápticos (tato) (i.e., direção e intensidade do calor) dentro do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

28. Até que ponto conseguiu identificar/reconhecer os estímulos sensoriais olfativo (cheiro) (i.e., identificar cheiro e intensidade) dentro do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

29. Com que qualidade conseguiu perceber os estímulos visuais (i.e., ver/ler os seus detalhes) dentro do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Difícilmente	<input type="radio"/>	Facilmente						

Qualidade da interacção

factores de distração

30. Até que ponto teve consciência da presença dos dispositivos de visualização (i.e., óculos) durante a simulação?

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma	<input type="radio"/>	Bastante						

31. Até que ponto teve consciência da presença do dispositivo de controlo (i.e., KATVR ou Gamepad) durante a simulação? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma	<input type="radio"/>	Bastante						

32. Até que ponto o dispositivo de controlo (i.e., KATVR ou Gamepad) causou distração durante a simulação? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

33. Até que ponto os dispositivos de visualização (i.e., óculos) causaram distração durante a simulação? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

34. Até que ponto o dispositivo de controlo (i.e., KATVR ou Gamepad) interferiu (i.e., incomodou) no desempenho das tarefas pedidas? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

35. Até que ponto o dispositivo de visualização (i.e., óculos) interferiu (i.e., incomodou) no desempenho das tarefas pedidas? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

36. Até que ponto a qualidade da imagem, exibida do ambiente virtual, interferiu (i.e., incomodou) no desempenho das tarefas pedidas? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

37. Até que ponto, durante a simulação, teve consciência do que se estava a passar em seu redor, no mundo real (i.e., ter consciência de sons provenientes do mundo real)? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nenhuma	<input type="radio"/>	Bastante						

38. Até que ponto conseguiu concentrar-se nas tarefas que lhe foram pedidas, em vez de se concentrar nos dispositivos de interação? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito pouco	<input type="radio"/>	Bastante						

39. Como classifica o grau de "poluição" sensorial (i.e., excesso de estímulos visuais, auditivos, háptico e olfativo) do ambiente virtual? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito baixo	<input type="radio"/>	Muito alto						

40. Até que ponto o grau de poluição sensorial (i.e., excesso de estímulos visuais, auditivos, háptico e olfativo) interferiu (i.e., incomodou) no desempenho das tarefas pedidas? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

Qualidade da interacção  
factores de distracção

41. Qual o grau de realismo que atribui à simulação que acabou de experienciar? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Muito baixo	<input type="radio"/>	Muito alto						

42. Até que ponto considera a sua experiência (i.e., comportamento ou desempenho) no ambiente virtual coerente com a sua experiência (i.e., comportamento ou desempenho) no mundo real? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nada coerente	<input type="radio"/>	Bastante coerente						

43. Esteve envolvido (a) na simulação ao ponto de perder a noção do tempo? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

44. Até que ponto se sentiu confuso ou desorientado no final da simulação? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nada confuso	<input type="radio"/>	Bastante Confuso						

45. Durante a simulação, até que ponto se apercebeu de que havia uma inconsistência entre as suas acções e a imagem projectada (i.e., se notou algum atraso na simulação dos seus movimentos no ambiente virtual)? \*

Marcar apenas uma oval.

	1	2	3	4	5	6	7	
Nunca	<input type="radio"/>	Sempre						

46. Porque seguiu ou não os agentes virtuais (homens/mulheres)? \*

---

47. Notou alguma coisa estranha? Se sim, o quê e porquê? \*

---

---

---