

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE INFORMÁTICA  
CURSO DE CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

FILIPE DA SILVA ECHEVENGUA

**Percepção de velocidade em ambientes  
virtuais imersivos**

Monografia apresentada como requisito parcial para  
a obtenção do grau de Bacharel em Ciência da  
Computação

Orientador: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Luciana Nedel

Porto Alegre  
2015

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Reitor: Prof. Carlos Alexandre Netto

Vice-Reitor: Prof. Rui Vicente Oppermann

Pró-Reitor de Graduação: Prof. Sérgio Roberto Kieling Franco

Diretor do Instituto de Informática: Prof. Luis da Cunha Lamb

Coordenador do Curso de Ciência de Computação: Prof. Raul Fernando Weber

Bibliotecária-chefe do Instituto de Informática: Beatriz Regina Bastos Haro

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família por terem me cuidado e me educado, fazendo eu me transformar no que sou hoje. Tudo que tenho é por causa de vocês. Obrigado por terem incentivado meus estudos e principalmente me apoiado. Um agradecimento especial ao meu pai que esteve sempre ao meu lado em toda essa jornada, lá do céu.

Agradeço a minha namorada Bruna Teixeira de Oliveira, por ter me incentivado desde o início a minha trajetória acadêmica, me carregando nos momentos difíceis e me apoiando em toda e qualquer empreitada. Obrigado por ter me aguentado em todos os momentos de sufoco e tensão, sem você eu com certeza não estaria aqui hoje.

À professora Luciana Nedel por todo o suporte e paciência com as minhas preocupações e nervosismos.

Ao colega Mateus Bisotto por ter ajudado no desenvolvimento de algumas etapas do meu trabalho que foram cruciais.

Aos amigos que conheci dentro e fora da universidade. A força e carinho de vocês me ajudaram a concluir com sucesso mais uma fase da minha vida.

## RESUMO

O grande problema que envolve a realidade virtual é a percepção da movimentação humana dentro de um ambiente virtual (AV) e, conseqüentemente, a aproximação dessa percepção à realidade. Atualmente, muitas técnicas tentam alcançar determinada aproximação, no entanto, não há um entendimento pleno sobre como um AV e suas características afetam nossa percepção. Assim sendo, o presente trabalho de graduação tem como objetivo estudar e analisar a percepção da locomoção do ser humano dentro de um AV, visando encontrar padrões nesses movimentos.

Para a realização do estudo foram executados experimentos com um AV utilizando um head-mounted display (Oculus Rift) e uma esteira, onde um conjunto de hipóteses, que serão apresentadas na Seção 3.2, foram exploradas. Cada experimento se baseava na análise da percepção do participante em relação a sua velocidade de marcha real e sua locomoção no AV.

Os resultados nos mostraram que a grande maioria dos participantes superestimam sua velocidade de marcha quando utilizam uma esteira ergométrica. Também foi demonstrada a relação entre a frequência de uso de jogos eletrônicos e a percepção do participante em relação a sua velocidade em AVs. Por último, nós apresentamos uma análise da velocidade percebida quando partimos de uma velocidade virtual lenta e quando iniciamos com uma rápida. Esse resultado nos mostrara que existe um intervalo entre essas duas velocidades percebidas.

**Palavras-chave:** Realidade virtual. percepção. locomoção.

## Speed perception in immersive virtual environments

### ABSTRACT

The great problem concerning virtual reality is the perception of human movement inside a virtual environment (VE) and, therefore, the approximation of this perception to reality. Nowadays, many techniques try to achieve a certain level of approximation, however there is no full understanding about how a VE and its characteristics affect our perception. Hence, the present paper has the objective studying and analyzing the perception of locomotion of the human being inside a VE, searching for patterns in those movements.

To carry out the study experiments with a VE were performed using a head-mounted display (Oculus Rift) and a treadmill, where a group of hypothesis that will be presented in the section 3.2 was explored. Each experiment was based in the analysis of the perception of the participant about his real walking speed and his locomotion inside de VE.

The results showed us that the majority of participants overestimate their walking speed when using a treadmill. It also showed the relation between the frequency of the use of electronic games and the perception of the participant concerning his speed in the VE. Finally, we present an analysis between the speed perceived when we start from a slow virtual speed and when we star with a fast one. This result will show us that an interval exist between these two speeds.

**Keywords:** virtual reality, locomotion, perception.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 Participante caminhando utilizando o HMD. Ao lado, o modelo virtual exato da sala como vista pelo participante no display. ....	13
Figura 2.2 Participante com HMD e ambiente virtual. ....	14
Figura 2.3 Interface de locomoção Virtusphere. ....	16
Figura 2.4 Ambiente virtual utilizado no experimento das três técnicas de locomoção. ....	17
Figura 3.1 Oculus Rift kit de desenvolvimento 2. ....	19
Figura 3.2 Aberrações óticas. ....	20
Figura 3.3 Arduino, sensor e imã utilizado no experimento. ....	21
Figura 3.4 Ambiente virtual desenvolvido. ....	22
Figura 3.5 Câmera em ambiente virtual acompanhando movimentos do Oculus Rift. ....	22
Figura 3.6 Medidas do modelo virtual do corredor utilizado nas simulações de caminhada. .	23
Figura 3.7 Medidas dos objetos encontrados no modelo virtual do corredor. ....	23
Figura 3.8 Frequência do uso de jogos eletrônicos. ....	24
Figura 3.9 Frequência de uso do Oculus Rift ....	24
Figura 3.10 Corredor percorrido pelos participantes na primeira etapa do experimento. ....	25
Figura 3.11 Parte do experimento onde o participante visualiza o ambiente virtual sentado. .	26
Figura 3.12 Participante em esteira ergométrica utilizando o Oculus Rift. ....	27
Figura 4.1 Comparação entre a velocidade no mundo virtual e a frequência com que o participante joga. ....	30
Figura 4.2 Comparação entre a velocidade média de marcha no corredor e a velocidade média no mundo virtual. ....	31
Figura 4.3 Comparação entre a velocidade média de marcha na esteira ergométrica e a velocidade média no mundo virtual. ....	31
Figura 4.4 Velocidade de Marcha dos participantes na esteira e no corredor. ....	33
Figura 4.5 Comparação entre os resultados da simulação com o participante caminhando na esteira com a velocidade de marcha coletada na esteira no início do experimento e velocidade do AV iniciando em 0,4 e 3 m/s. ....	34
Figura 4.6 Comparação entre os resultados da simulação com o participante caminhando na esteira com a velocidade de marcha coletada no corredor no início do experimento e velocidade do AV iniciando em 0,4 e 3 m/s. ....	34
Figura 4.7 Comparação entre os resultados da simulação com o participante sentado e sua velocidade de marcha. ....	36
Figura 4.8 Dados qualitativos em relação ao nível de realidade do ambiente. ....	37
Figura 4.9 Dados qualitativos em relação ao nível de presença percebida pelo participante. .	38
Figura 4.10 Dados qualitativos em relação ao percepção do participante em relação a sua movimentação. ....	39

## LISTA DE TABELAS

Tabela 4.1	Tabela de tradução de símbolos referentes ao experimento. ....	29
Tabela 4.2	Velocidades encontradas nas simulações na etapa final do experimento. ....	35
Tabela 4.3	Média, variância e desvio padrão dos dados referentes a Figura 4.7 .....	36

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

AV	Ambiente Virtual
RV	Realidade Virtual
HMD	Head-mounted display

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>10</b>
<b>2 TRABALHOS RELACIONADOS</b> .....	<b>12</b>
2.1 Percepção de Movimento em Ambiente Virtual.....	12
2.2 Percepção equivocada da velocidade.....	14
2.3 Desempenho de técnicas de locomoção em ambiente virtual.....	16
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	<b>18</b>
3.1 Variáveis.....	18
3.2 Objetivos e Hipóteses .....	18
3.3 Dispositivos .....	19
3.4 Aplicação.....	21
3.5 Medidas .....	22
3.6 Participantes.....	23
3.7 Protocolo de Testes.....	25
3.8 Log de Dados .....	28
<b>4 RESULTADOS</b> .....	<b>29</b>
4.1 Influência dos jogos em ambiente virtual .....	29
4.2 Velocidade de locomoção do participante .....	32
4.3 Percepção da velocidade em ambiente virtual com locomoção no mundo real.....	33
4.4 Percepção de velocidade em ambiente virtual sem locomoção no mundo real .....	36
4.5 Dados qualitativos do experimento .....	37
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>41</b>
<b>APÊNDICE A — QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE</b> .....	<b>42</b>
<b>APÊNDICE B — QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE</b> .....	<b>44</b>
<b>APÊNDICE C — TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO</b> .....	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em realidade virtual (RV), inúmeras pesquisas vem sendo desenvolvidas com o objetivo de obter um maior realismo tanto nos cenários como nas animações e interações. Este realismo é fundamental para que consigamos reproduzir um efeito ideal em simulações virtuais. A locomoção é uma das peças-chave para alcançar o realismo desejado, pois para algumas aplicações existentes, a caminhada natural consegue fornecer um nível de fidelidade que não é alcançado por dispositivos de controle, tais como um joystick (USOH et al., 1999). O alto realismo na movimentação em ambientes virtuais pode resultar na amplificação dos sinais proprioceptivos, gerando melhoras na imersão do participante e na percepção do espaço e suas variáveis.

Uma das aplicações mais influenciadas pela forma de locomoção em RV é o treinamento de pessoas para situações reais. Atualmente, algumas corporações utilizam a RV como uma forma de avaliar os participantes em diferentes momentos. O trabalho mostrado por Zeltzer e Pioch (ZELTZER; PIOCH, 1996) é um exemplo de uso de RV em situações reais e consiste em treinar oficiais da marinha para guiar submarinos utilizando um simulador. Um outro exemplo muito importante é a simulação de condução de veículos, utilizada como uma preparação do condutor com as ruas da cidade, obtendo uma maior segurança e treino das habilidades do motorista antes de colocá-lo em prática. Como podemos ver (MUJBER; SZECSI; HASHMI, 2004), a grande maioria dos simuladores não utilizam formas naturais de controle para permitir a caminhada do participante, pois esta área ainda precisa de uma melhora significativa na correspondência dos movimentos reais com os movimentos virtuais.

Cada ser humano tem uma maneira de se movimentar, sendo que sua percepção e locomoção sobre um determinado ambiente difere uns dos outros. Os próximos tópicos abordarão um experimento desenvolvido no Instituto de Informática da UFRGS com intuito de compreendermos melhor a locomoção em AV utilizando simulações virtuais juntamente com uma esteira ergométrica, que terá como objetivo simular a caminhada do participante dentro de um AV imersivo. Neste trabalho, a imersão visual é facilitada pelo uso de um head-mounted display (HMD).

Os capítulos a seguir apresentarão todo o conteúdo referente ao processo de preparação, execução e avaliação dos experimentos. No Capítulo 2 serão apresentados trabalhos relacionados à locomoção em RV. Cada seção explicará de forma resumida os objetivos e experimentos realizados com seus respectivos resultados. O Capítulo 3 detalhará o experimento desenvolvido durante este trabalho de conclusão de curso, citando os materiais e métodos utilizados. O Capítulo 4 mostrará a análise dos resultados obtidos após o experimento. No Capítulo 5

apresentaremos as conclusões sobre o trabalho.

## 2 TRABALHOS RELACIONADOS

Ao pesquisar sobre trabalhos relacionados ao tema, foram encontrados diversos artigos que abordavam a locomoção e suas peculiaridades no mundo virtual. Dentre os artigos analisados, alguns se destacaram como mais importantes para o desenvolvimento desse trabalho e por isso serão apresentados com maior detalhamento a seguir.

### 2.1 Percepção de Movimento em Ambiente Virtual

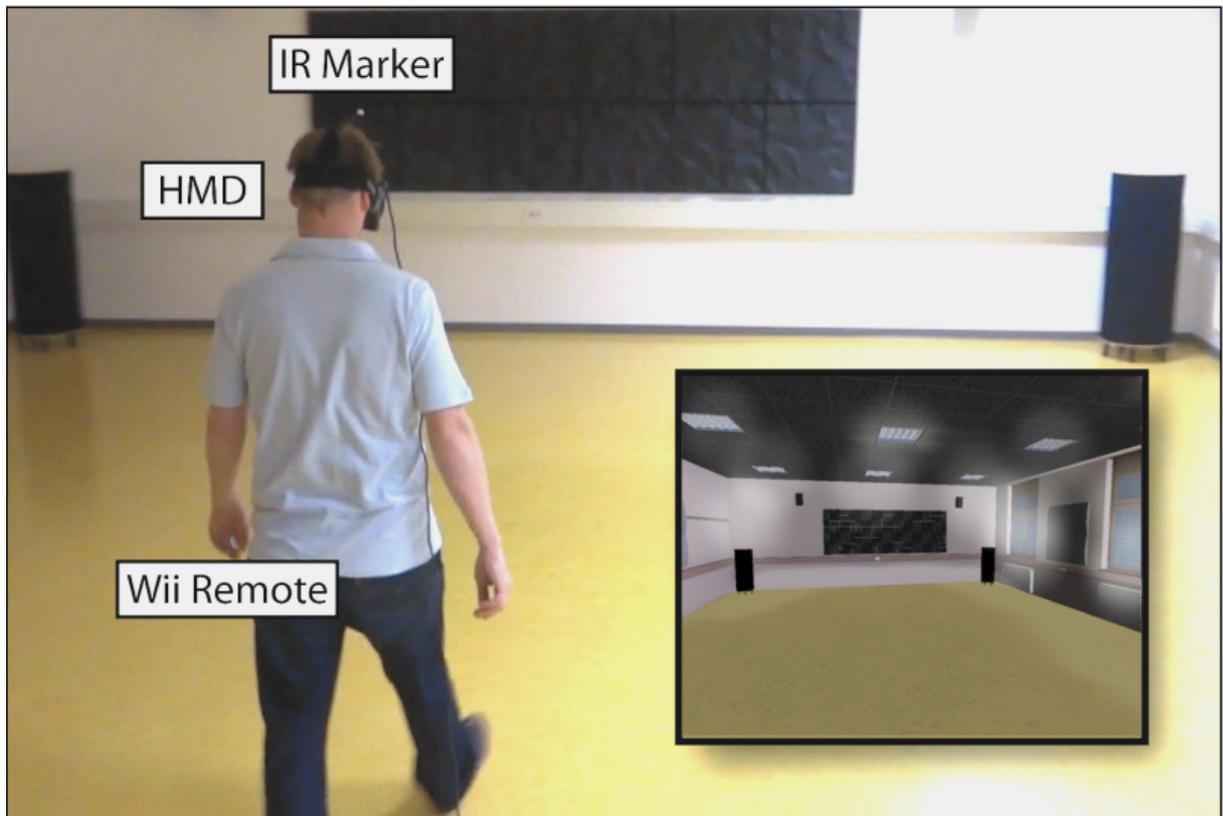
A movimentação no mundo real e no mundo virtual é de grande importância para muitas áreas de investigação e de aplicação. No mundo real podemos nos locomover de várias formas diferentes e essas formas podem ser definidas pelas seguintes variáveis da Física:

$$v = \frac{d}{t} \quad (2.1)$$

onde  $v$  é a velocidade,  $d$  é a distância, e  $t$  é o tempo. Essa equação foi utilizada como base para a análise da percepção da movimentação dentro de ambientes imersivos. No trabalho desenvolvido por Bruder e Steinecke ((BRUDER; STEINICKE, 2014)) foram executados diferentes experimentos, visando analisar cada uma das variáveis apresentadas anteriormente.

Normalmente, temos problemas em perceber e diferenciar a distância dentro de um mundo virtual. A percepção da distância em um AV é explorada de inúmeras formas, e ainda hoje a solução para esse problema é desconhecida. Para tentar avaliar a percepção de distância em um AV, foi realizado um experimento utilizando um HMD. Como AV foi utilizado o modelo da própria sala onde foram feitos os testes. Foram também utilizados um marcador infravermelho para ajudar a mapear a posição do participante dentro da sala e um controle do videogame Nintendo Wii para o participante julgar sua percepção no momento da simulação pressionando os botões (ver Figura 2.1).

Figura 2.1 – Participante caminhando utilizando o HMD. Ao lado, o modelo virtual exato da sala como vista pelo participante no display.



Fonte: Bruder and Steinicke (2014, p. 3).

Inicialmente o usuário caminhou em direção a pontos marcados no AV. Após o participante ter memorizado esses pontos no AV, o HMD foi retirado e, em seguida, o participante foi posicionado novamente para o ponto de origem. Por último, o participante foi incentivado a caminhar até as posições que ele havia memorizado, mas no ambiente real. Como resultado, houve a confirmação de que os participantes subestimaram a distância dos alvos do AV.

O segundo experimento teve como objetivo verificar a diferença da percepção da velocidade entre o mundo virtual e o mundo real. O experimento consiste em comparar a velocidade de caminhada no mundo real e a velocidade de caminhada no mundo virtual. O participante foi inicialmente guiado a caminhar a uma velocidade padrão entre 1m/s, 1.25m/s ou 1.5m/s. Para poder calcular o valor da velocidade e alcançar o intervalo da velocidade indicada anteriormente, foi utilizado um velocímetro junto ao HMD. Após, o participante caminhou dentro do AV com a velocidade próxima a alcançada pelo participante inicialmente. Ao analisar os resultados do experimento, foi encontrado que, em média, os participantes acreditam ser a velocidade correta no mundo virtual quando a velocidade virtual é 5.7% maior que a velocidade real.

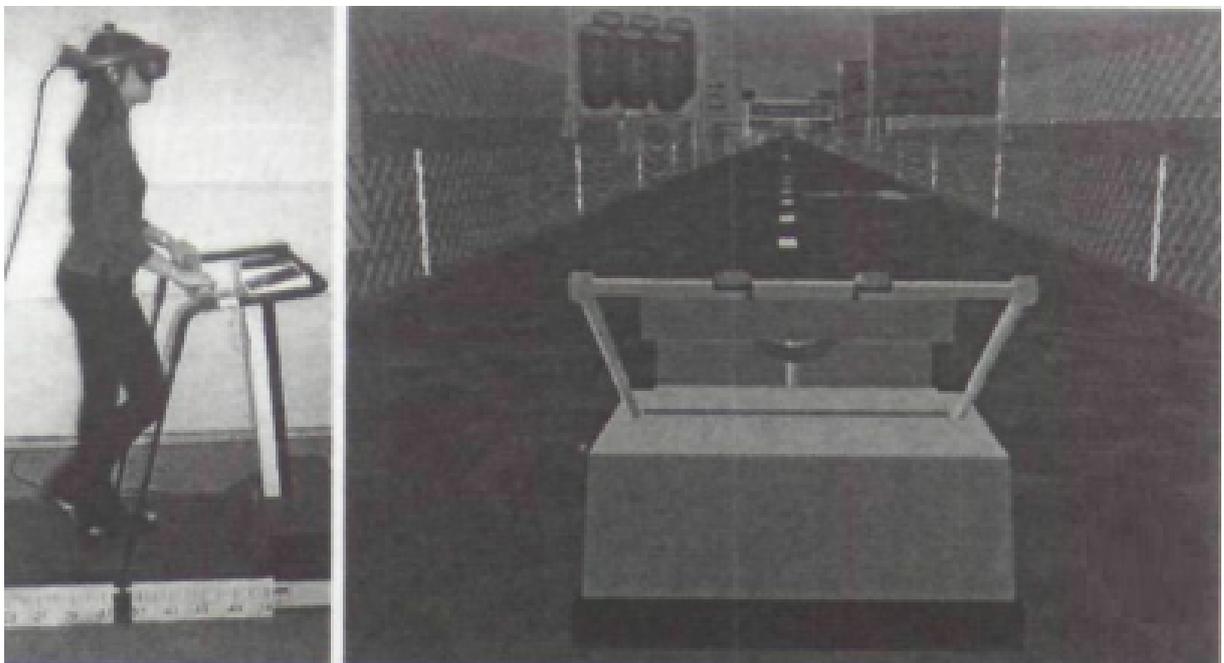
O terceiro e último experimento estudou a variável tempo, comparando o tempo decorrido em uma caminhada virtual e real. O procedimento foi feito utilizando a mesma sala virtual citada anteriormente, fazendo com que o candidato ande até um ponto no ambiente até ouvir um breve barulho. O mesmo experimento foi feito sem o HMD para conseguir comparar a diferença que o participante sentiu entre o tempo decorrido da caminhada no mundo real e o tempo decorrido no mundo virtual. O resultado obtido foi que os candidatos conseguiram estimar o tempo decorrido na caminhada em ambiente real sem muitos problemas, mas ocorreu um aumento de 4.8% na estimativa dos candidatos sobre o tempo decorrido no mundo virtual.

## 2.2 Percepção equivocada da velocidade

O trabalho (BANTON et al., 2005) apresenta experimentos que tentam encontrar a causa da percepção equivocada da velocidade no mundo virtual e está dividido em quatro partes.

Uma esteira ergométrica e um HMD foram utilizados no experimento. O AV se baseava em uma pequena estrada e o participante se localizava dentro de um carro de golf(Figura 2.2).

Figura 2.2 – Participante com HMD e ambiente virtual.



Fonte: Banton et al. (2005, p. 396).

O primeiro experimento avaliou a percepção da velocidade virtual em relação a velocidade real aplicada na esteira. O participante foi vendado, para não ocorrer nenhuma influência externa, e posicionado na esteira. Após, o HMD foi colocado no participante e, em seguida,

a movimentação no ambiente virtual e na esteira foi iniciada com a velocidade de 3 mph. O fluxo óptico foi ajustado em incrementos de 0,5 mph e a cada incremento foram feitas perguntas em relação a velocidade percebida, se estava rápida ou devagar. Quando obtida duas respostas reversas (de mais lento para mais rápido e de mais rápido para mais lento, por exemplo), a média das duas velocidades no momento das reversões eram calculadas e considerada como a velocidade do fluxo óptico que mais se comparava a velocidade de caminhada do participante.

Em média, os participantes perceberam que a velocidade da esteira (3 mph) melhor combinava com uma velocidade de 4,6 mph no AV. O que é significativamente maior do que 3mph. Sendo assim, a velocidade percebida no AV é mais lenta em comparação a velocidade de caminhada na esteira.

O segundo experimento foi dividido em dois e analisou a causa dessa percepção mais lenta no AV, mostrada no primeiro experimento, avaliando a diferença causada quando o participante trocava o foco de visão para outros pontos do cenário.

Nos dois experimentos, o participante foi vendado e posicionado na esteira. A velocidade inicial da esteira e do AV foram escolhidas randomicamente dentre os valores 1, 2, e 3 mph. O primeiro experimento avaliou os efeitos causados ao mudar a direção do olhar para baixo e o segundo, para 90 graus a esquerda. As mesmas variações de velocidade e perguntas, apresentadas no experimento 1, foram feitas com o objetivo de alcançar a média.

Os resultados mostraram que a mudança na direção do olhar influenciaram a percepção de velocidade do participante. As velocidades percebidas pelo participante no AV e medidas na esteira quando o participante olhou para baixo e para esquerda foram bem próximas.

O terceiro experimento avaliou se percepção do participante era influenciada pela forma de caminhar na esteira. O experimento realizado foi exatamente o mesmo apresentado no experimento 1, as diferenças foram que os passos do participante foram filmados e variados entre passos normais e passos de bebê. Os resultados mostraram que a percepção da velocidade no AV em comparação com a da esteira foi ligeiramente mais precisa quando foi utilizado os passos menores.

Os resultados dos experimentos dois e três indicaram que nem a direção do olhar e nem a passos menores influenciam na perda de percepção da velocidade na simulação.

O último experimento verificou se a causa da perda de percepção foi causada pelo jitter da imagem. O procedimento utilizado foi o mesmo apresentado no experimento 1, com a diferença de que foi desligado o mapeamento dos movimentos da cabeça no HMD. O resultado mostrou que o jitter na imagem não ocasiona perda de percepção da velocidade, pois o resultado encontrado foi muito próximo ao apresentado quando o rastreamento da cabeça estava ativado.

### 2.3 Desempenho de técnicas de locomoção em ambiente virtual

O trabalho desenvolvido por Nabiyouni et al. ((NABIYOUNI et al., 2015)) tem como objetivo comparar três técnicas de locomoção em AV, que são a locomoção natural (real locomoção a pé), não-natural (com base em controles de jogos) e semi-natural (utilizando o dispositivo VirtuSphere, mostrado na Figura 2.3).

Os experimentos realizados utilizaram as três técnicas juntamente com um AV visualizado em um HMD. A tarefa dos participantes era caminhar em linha reta e em um caminho perpendicular no AV (ver Figura 2.4) utilizando as três técnicas de locomoção.

Foi descoberto que a técnica semi-natural foi a mais lenta e menos precisa dentre as testadas. Baseado no resultado visto após a realização do experimento e em outros da mesma área, especula-se que as técnicas de locomoção semi-naturais têm desempenho inferior às técnicas naturais e não-naturais.

Figura 2.3 – Interface de locomoção Virtosphere.



Figura 2.4 – Ambiente virtual utilizado no experimento das três técnicas de locomoção.



Fonte: Nabiyouni et al. (2015, p. 5).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com o intuito de explorar o conhecimento sobre o uso de técnicas de locomoção mais realistas em ambientes virtuais, projetamos e aplicamos um experimento para comparar a percepção de velocidade que temos no mundo real com o que temos em um mundo virtual. O experimento foi composto pelo preenchimento de questionários e simulações com o AV utilizando uma esteira ergométrica. Os questionários e as simulações serão detalhados na Seção 3.7.

#### 3.1 Variáveis

Foram estabelecidas como variáveis independentes a velocidade de marcha do participante na esteira e no corredor e a variável dependente é a velocidade percebida pelo usuário no AV.

#### 3.2 Objetivos e Hipóteses

O objetivo é comparar a nossa velocidade de marcha em diferentes meios visando encontrar dados que reflitam a diferença de percepção de velocidade entre estes ambientes. As hipóteses que tentaremos provar são as seguintes:

- H1. Quando utilizam formas não-naturais de locomoção em ambientes virtuais imersivos, os usuários buscam atingir velocidades superiores a sua velocidade de marcha no mundo real. Isso se dá por influência dos jogos eletrônicos. De forma geral, pode-se dizer que as pessoas subestimam sua velocidade de marcha nestas situações.
- H2. A percepção da velocidade de marcha no mundo real é superestimada pelo participante quando este caminha em uma esteira ergométrica. O motivo seria pelo fato da esteira forçar a caminhada, deixando a velocidade constante e difícil de diferenciar.
- H3. Quando se utiliza formas naturais ou semi-naturais de locomoção, a percepção de velocidade no mundo virtual é inexata. Existe um intervalo de velocidades que quando aplicadas no mundo virtual o participante julga ser equivalente a sua velocidade no mundo real.

### 3.3 Dispositivos

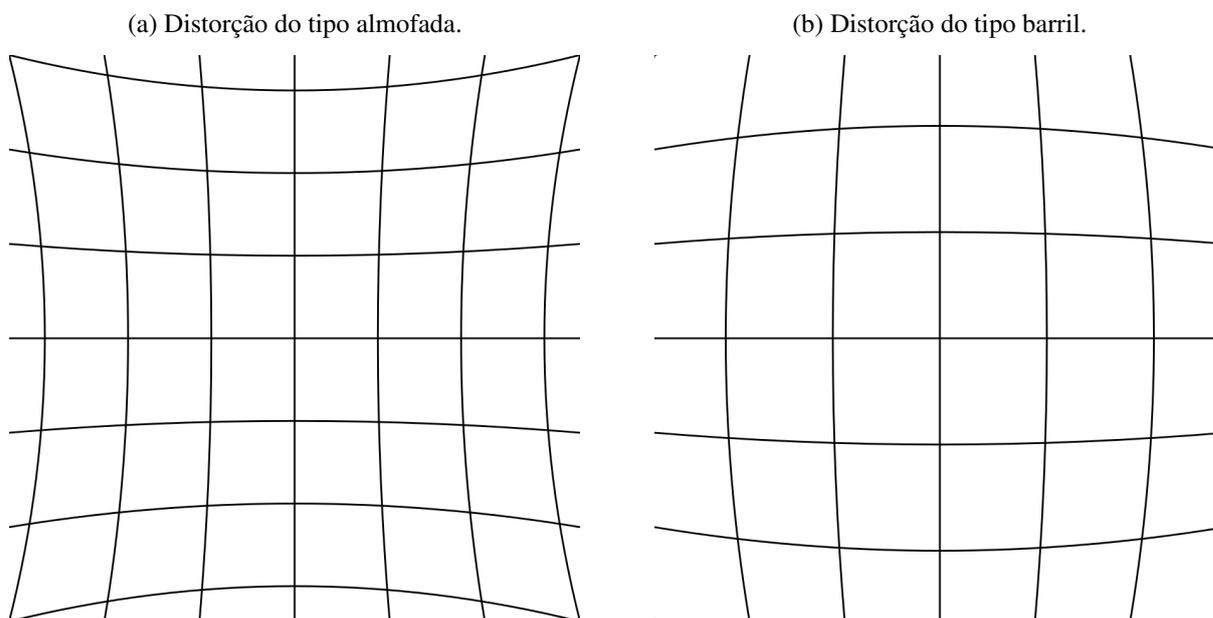
Figura 3.1 – Oculus Rift kit de desenvolvimento 2.



Fonte: Produção de minha autoria.

Nos procedimentos de teste utilizamos o hardware Oculus Rift versão DK2 (Kit de desenvolvimento 2) para permitir a visualização imersiva (Figura 3.1). Basicamente, trata-se de um sistema visual do tipo HMD, com uma resolução de 960x1080 pixels por olho (1920x1080 pixels quando combinadas) e render estereoscópico. As lentes do Oculus Rift utilizam uma distorção do tipo almofada (Figura 3.2a). Esta aberração ótica deixa o perímetro da imagem aumentado e o centro da imagem diminuído. Essa distorção tem o efeito de fazer com que a tela de visualização do Oculus Rift pareça ocupar um maior campo de visão. No entanto, quanto mais longe do centro da imagem olharmos, mais distorcida a imagem ficará. Para corrigir esse problema o Oculus Rift utiliza um shader, cujo objetivo é corrigir esta distorção aplicando uma outra aberração ótica chamada de distorção em barril (Figura 3.2b). Utilizando a distorção em barril, garantimos o aumento do campo de visão obtido pela distorção do tipo almofada e diminuímos o problema de distorção na periferia da imagem.

Figura 3.2 – Aberrações óticas.



Fonte: Optical... (2015, p. 5).

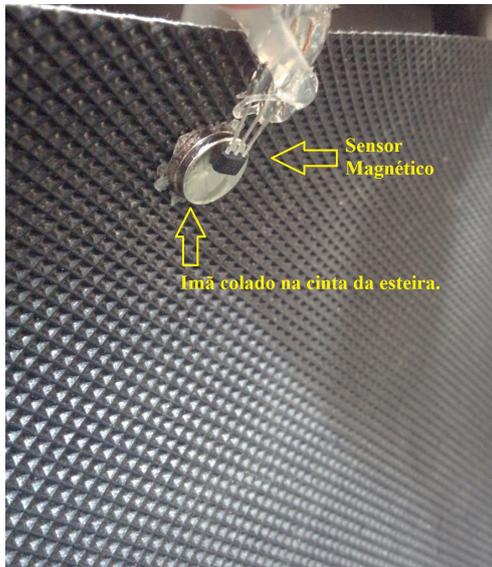
Para simular a movimentação dentro do ambiente virtual utilizamos uma esteira ergométrica com superfície de caminhada medindo 237 cm x 40 cm de largura. O computador utilizado no experimento para renderização da aplicação no Oculus Rift e comunicação com a esteira tinha como configuração uma placa de vídeo GTX750TI de 2 gigabytes de RAM, um processador Core I7 com 3.80 GHz e memória RAM de 16 GiB DDR5.

O AV foi modelado utilizando o software Sketchup Pro 2014 versão 14.0.4900. Este software foi utilizado para alcançar maior proximidade nas medidas dos objetos virtuais em relação ao mundo real. O motor de jogos 3D Unity 5.0.0 foi utilizado no desenvolvimento da lógica da aplicação.

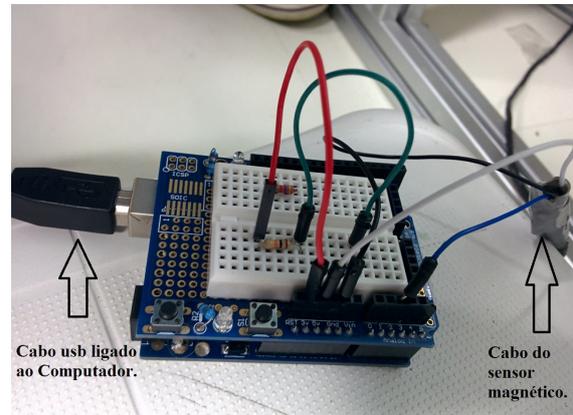
A coleta de dados da esteira foi realizada utilizando um Arduino que, a partir de um sensor localizado na cinta da esteira ergométrica, enviava as informações da esteira para o computador. O sensor captava a interferência magnética obtida por um ímã colocado na cinta da esteira. A cada contato do ímã com o sensor era salvo o valor do tempo decorrido desde a última volta do ímã. A partir de uma aplicação desenvolvida em QT (framework de desenvolvimento de interfaces gráficas em C++) o valor do tempo decorrido era coletado e utilizado em um cálculo feito pela aplicação para obter a velocidade da esteira naquele momento. A Figura 3.3 mostra o Arduino, o sensor e o ímã que foram usados no experimento.

Figura 3.3 – Arduino, sensor e imã utilizado no experimento.

(a) Imã e sensor utilizados no experimento.



(b) Arduino utilizado no experimento.

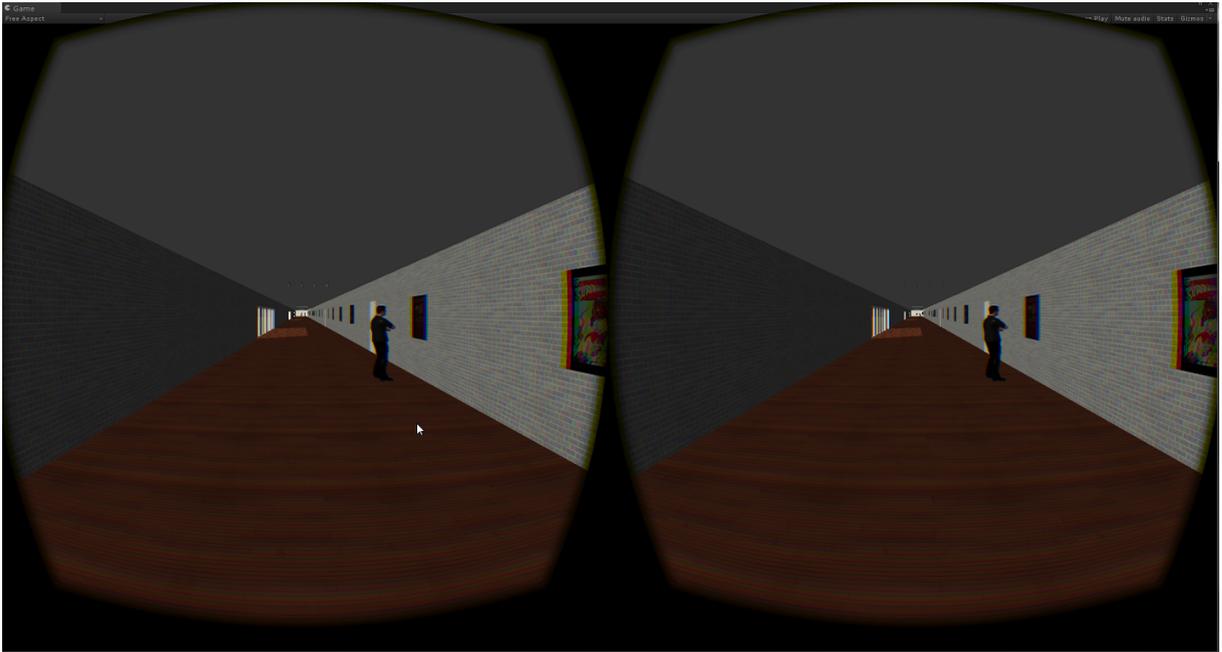


Fonte: Produção de minha autoria.

### 3.4 Aplicação

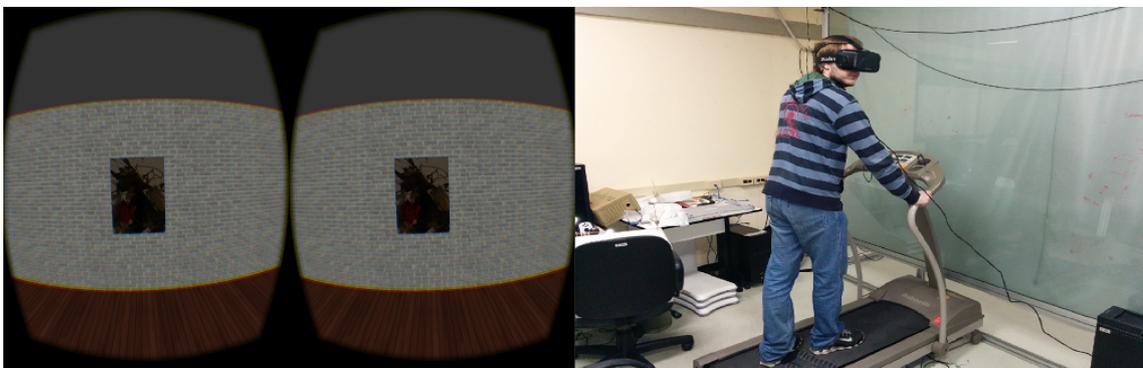
A aplicação foi desenvolvida utilizando scripts na linguagem C#, uma das opções disponíveis no motor de jogos Unity. O cenário resume-se a um corredor virtual (Figura 3.4) com a aparência de uma exposição de quadros e com personagens estáticos espalhados pelo ambiente. O motivo por trás dos quadros e dos personagens é trazer uma melhora na percepção de velocidade do usuário em relação ao AV. A câmera pertencente ao personagem do participante foi adaptada para utilizarmos o Oculus Rift como interface. Para isso, foi necessário importar bibliotecas fornecidas pela empresa fornecedora do Oculus Rift ao Unity para que os movimentos da câmera do personagem sejam os mesmos movimentos realizados pela cabeça do usuário e detectados pelo Oculus Rift. A Figura 3.5 exibe a câmera do personagem no corredor virtual juntamente com a movimentação do Oculus Rift pelo participante. As interações do participante com a simulação foram feitas através de um teclado de computador. As ações permitidas pela aplicação foram o aumento e diminuição da velocidade, reinício da simulação, marcação de velocidade adequada (ao pressionar uma tecla, era salvo no log da aplicação que a velocidade atual aplicada no sistema era adequada ao participante) e finalização da aplicação. Os sistemas de logs serão detalhados em uma seção posterior.

Figura 3.4 – Ambiente virtual desenvolvido.



Fonte: Produção de minha autoria.

Figura 3.5 – Câmera em ambiente virtual acompanhando movimentos do Oculus Rift.



Fonte: Produção de minha autoria.

### 3.5 Medidas

Tendo como objetivo medir a velocidade de marcha de cada participante no ambiente real, foi utilizado um corredor localizado no Instituto de Informática da UFRGS, com 48,6 metros de comprimento e 4,8 metros de largura. No aplicativo de RV foi utilizado um modelo 3D de um corredor com 250 metros de comprimento, 5 metros de largura e 3 metros de altura, como mostrado na Figura 3.6. No modelo foram inseridos objetos como portas, quadros e

personagens de tamanho real para aumentar o senso de presença do usuário no ambiente. A Figura 3.7 exibe as medidas dos demais objetos incluídos no ambiente.

Figura 3.6 – Medidas do modelo virtual do corredor utilizado nas simulações de caminhada.



Fonte: Produção de minha autoria.

Figura 3.7 – Medidas dos objetos encontrados no modelo virtual do corredor.



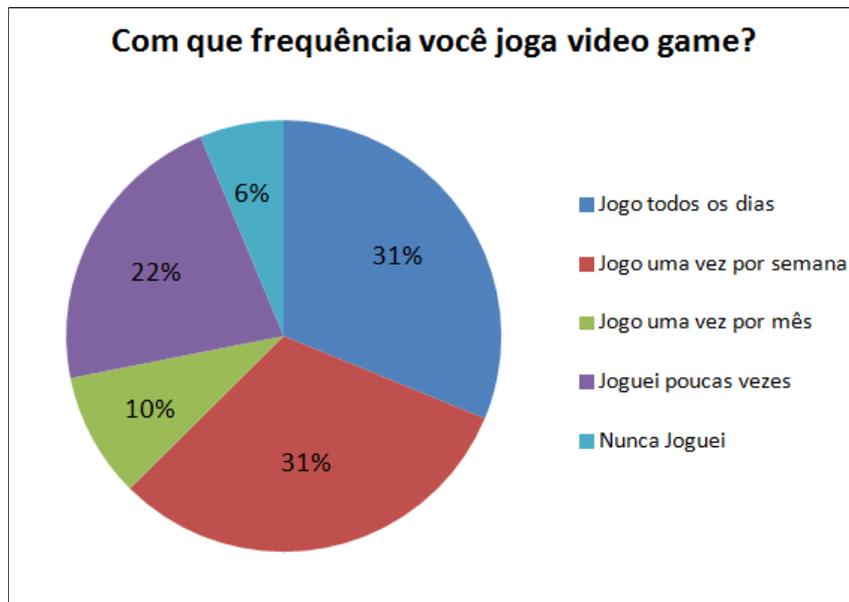
Fonte: Produção de minha autoria.

### 3.6 Participantes

O número total de participantes foi 30 (25 participantes do sexo masculino e 5 do sexo feminino), todos estudantes da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. A maioria dos

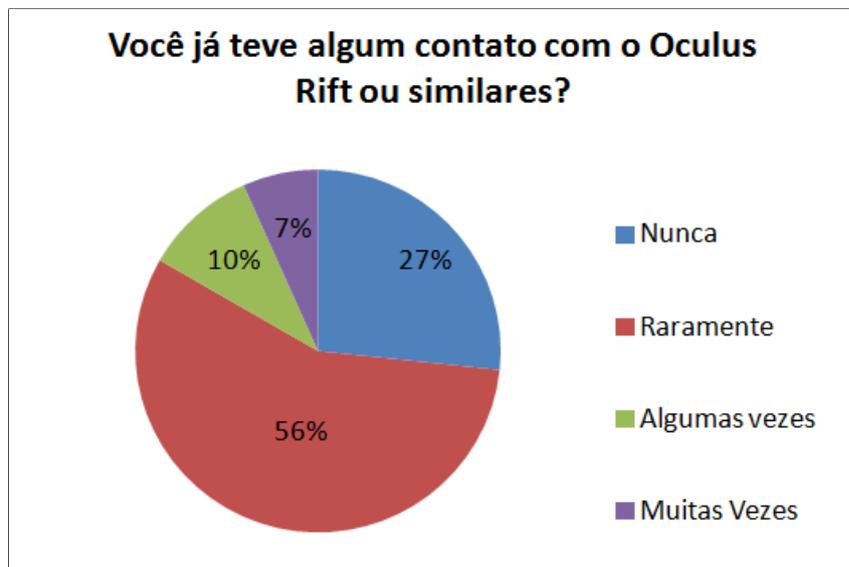
participantes foram recrutados na disciplina de Interação Homem-Computador. A faixa etária dos participantes foi de 19 a 50 anos. Foram excluídas pessoas com peso maior que 120 quilos, pois este era o limite de peso que a esteira ergométrica suportava. As pessoas com doenças oculares severas ou com distúrbios refrativos que a impossibilitam de enxergar sem óculos não puderam fazer o experimento, pois o Oculus Rift ainda não tem suporte para esse tipo de condição.

Figura 3.8 – Frequência do uso de jogos eletrônicos.



Fonte: Produção de minha autoria.

Figura 3.9 – Frequência de uso do Oculus Rift .



Fonte: Produção de minha autoria.

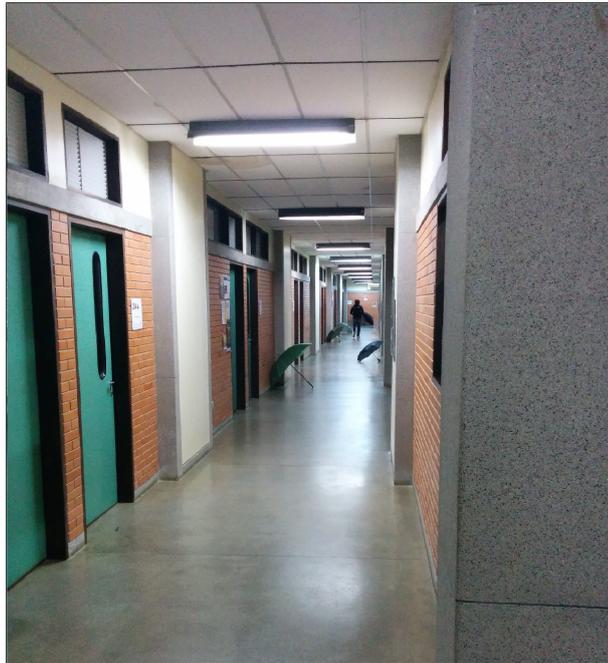
O perfil dos participantes foi obtido através dos dados coletados através de um pré-questionário que eles responderam, onde continham as informações referentes a experiência do participante com jogos eletrônicos, Oculus Rift ou semelhantes.

Com relação ao perfil dos participantes, podemos ver que a maioria tem contato com jogos eletrônicos com uma frequência diária ou semanal, como é mostrado na Figura 3.8. Também podemos notar na Figura 3.9 que a maior parte dos participantes teve muito pouco ou nenhum contato com o Oculus Rift. Com isso, podemos inferir que os participantes tem pouca familiaridade com RV.

### 3.7 Protocolo de Testes

Os testes com usuários tiveram duração média de 30 minutos e seguiram o seguinte protocolo.

Figura 3.10 – Corredor percorrido pelos participantes na primeira etapa do experimento.



Fonte: Produção de minha autoria.

Inicialmente, o participante assinou o termo de consentimento (Apêndice C) e respondeu um pré-questionário (Apêndice A). Esse pré-questionário consiste em perguntas em relação a problemas de visão do participante e quanto contato ele teve com jogos virtuais 3D e com o Oculus Rift. Após o preenchimento do pré-questionário, o participante foi levado até o corredor visto na Figura 3.10 e orientado a caminhar até o final do corredor e voltar. Para regular a velocidade de caminhada do participante, foi pedido para ele tentar caminhar no corredor e ler os cartazes e placas encontrados nele. O objetivo desta etapa era capturar a velocidade de caminhada do participante. O tempo para completar o percurso foi medido e a velocidade calculada.

Figura 3.11 – Parte do experimento onde o participante visualiza o ambiente virtual sentado.



Fonte: Produção de minha autoria.

A próxima etapa do experimento consistiu em alcançar uma velocidade de marcha na esteira ergométrica que o participante julgasse ser parecida com a sua velocidade de marcha no corredor real. O participante foi posicionado na esteira e instruído a regular a velocidade da mesma até que ele julgasse que a velocidade estava parecida com a sua velocidade de caminhada no corredor. O display de velocidade da esteira foi coberto para que o participante utilizasse somente a sua percepção como fator de julgamento. No final, os valores das velocidades foram salvos no computador utilizando um Arduino ligado a esteira para que o participante

não soubesse qual a velocidade que foi atingida por ele.

Figura 3.12 – Participante em esteira ergométrica utilizando o Oculus Rift.



Fonte: Produção de minha autoria.

O Oculus Rift foi utilizado na terceira etapa com o objetivo de encontrar a velocidade no AV mais adequada à velocidade de marcha do participante. Foi feito um experimento onde o participante foi instruído a ficar sentado utilizando o Oculus Rift (Figura 3.11). O Oculus Rift foi encaixado no participante e ele foi encorajado a olhar a sua volta e familiarizar-se com o ambiente. O deslocamento ao longo do corredor foi iniciado com uma velocidade de 0,4 m/s. Esta velocidade era incrementada de 0,2 m/s a cada iteração. A cada aumento de velocidade, perguntava-se ao usuário se ele achava que a velocidade deveria ser aumentada, diminuída ou se ela estava adequada a velocidade de marcha do participante. Ao alcançar a velocidade adequada, o valor encontrado era salvo em um documento e a etapa finalizada.

A última etapa do experimento foi executada com o Oculus Rift e a esteira ergométrica simultaneamente (Figura 3.12). O participante foi instruído a subir na esteira e encaixar o Oculus Rift em sua cabeça. Em seguida foi aplicada uma velocidade na esteira e uma velocidade no AV. Primeiramente, a velocidade aplicada na esteira foi a mesma velocidade encontrada no corredor durante a primeira etapa do experimento e a velocidade do mundo virtual foi de 0,4 m/s. Ocorreram as mesmas iterações vistas no passo anterior, acompanhadas pelas mesmas

perguntas. Após encontrada uma velocidade julgada adequada pelo usuário, a aplicação foi reiniciada e a velocidade no mundo virtual foi alterada para 3 m/s. As iterações e perguntas foram repetidas com essa nova velocidade, que era decrementada em 0,2 m/s iterativamente. Após encontrarmos uma velocidade adequada, o participante fez uma pausa. O intervalo de descanso foi utilizado para o participante perder a referência de velocidade da esteira e do AV. Após a pausa, o participante foi posicionado na esteira novamente e repetiu todo o processo com a velocidade da esteira modificada, onde o valor utilizado foi o mesmo adquirido na esteira na segunda etapa do experimento.

Por fim, o participante respondeu um pós-questionário (Apêndice B) para apresentar sua opinião e percepção sobre todo o experimento.

### **3.8 Log de Dados**

Para análise posterior de cada etapa da simulação foram salvas informações relevantes relacionadas ao experimento. As velocidades dos participantes obtidas na esteira e no corredor foram registradas manualmente. Na etapa em que o Oculus Rift foi empregado, todas as variações de velocidade do AV comandadas pelo teclado foram salvas em um arquivo juntamente com os tempos de execução no momento em que as teclas foram pressionadas. A opinião dos participantes (se a velocidade mostrada no AV estava adequada, muita rápida ou muito devagar) referente a cada velocidade mostrada no AV também foi registrada.

## 4 RESULTADOS

Neste capítulo, apresentaremos os resultados coletados durante o experimento com o objetivo de provar as hipóteses apresentadas na Seção 3.2. Sendo assim, primeiramente apresentaremos os resultados obtidos em relação as hipóteses H1, H2 e H3 respectivamente. Após, apresentaremos um resultado interessante analisado não pertencente ao conjunto de hipóteses. Por último, veremos os dados qualitativos do experimento.

### 4.1 Influência dos jogos em ambiente virtual

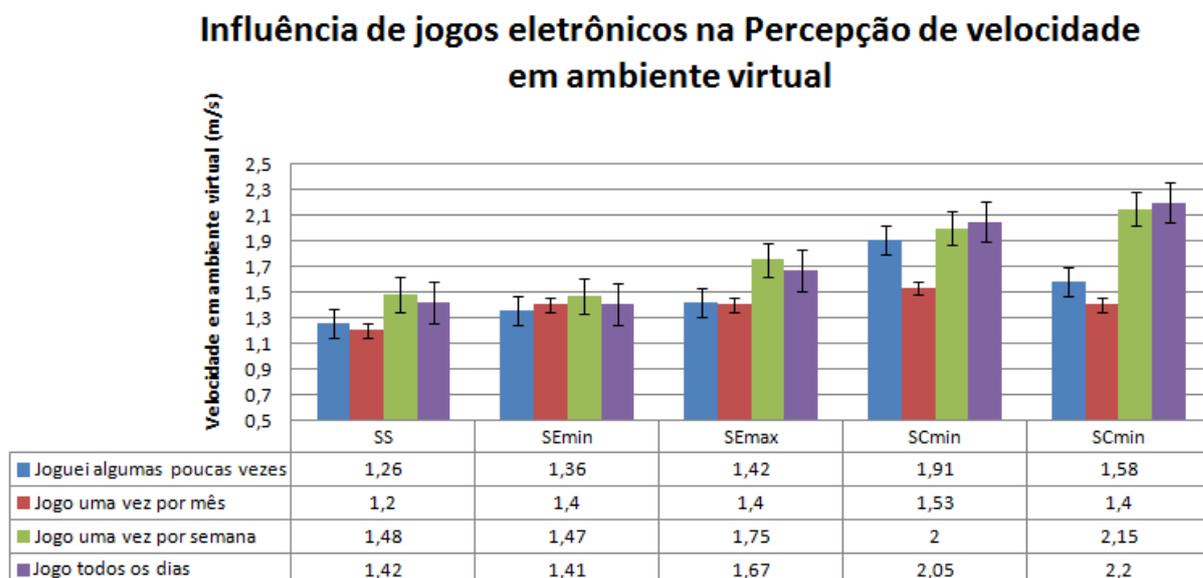
Um dos pontos principais do trabalho era verificar se os jogos eletrônicos influenciam na percepção de velocidade dos participantes em RV. Os resultados obtidos sobre essa hipótese utilizaram dados fornecidos pelos participantes no questionário pré-teste. Como visto na Seção 3.6, a maioria dos participantes apresentou um contato frequente com jogos eletrônicos. Os níveis de frequência em que os participante jogam videogame foram separados e comparados com cada simulação feita utilizando o AV. A Figura 4.1 reúne as médias de velocidades medidas nas etapas das simulações envolvendo o AV em cada nível de frequência do uso de jogos eletrônicos juntamente com seus desvios-padrões. A Tabela 4.1 serve como tradução para os termos encontrados na Figura 4.1 que refere-se as etapas das simulações apresentadas na Seção 3.7.

Tabela 4.1 – Tabela de tradução de símbolos referentes ao experimento.

Símbolo	Descrição
VC	Velocidade de marcha medida no corredor
VE	Velocidade de marcha medida na esteira ergométrica
SS	Refere-se a simulação onde o participante permaneceu sentado.
SEmin	Simulação utilizando VE na esteira e 0,4 m/s inicial no ambiente virtual.
SEmax	Simulação utilizando VE na esteira e 3 m/s inicial no ambiente virtual.
SCmin	Simulação utilizando VC na esteira e 0,4 m/s inicial no ambiente virtual.
SCmax	Simulação utilizando VC na esteira e 3 m/s inicial no ambiente virtual.

Fonte: Produção de minha autoria.

Figura 4.1 – Comparação entre a velocidade no mundo virtual e a frequência com que o participante joga.

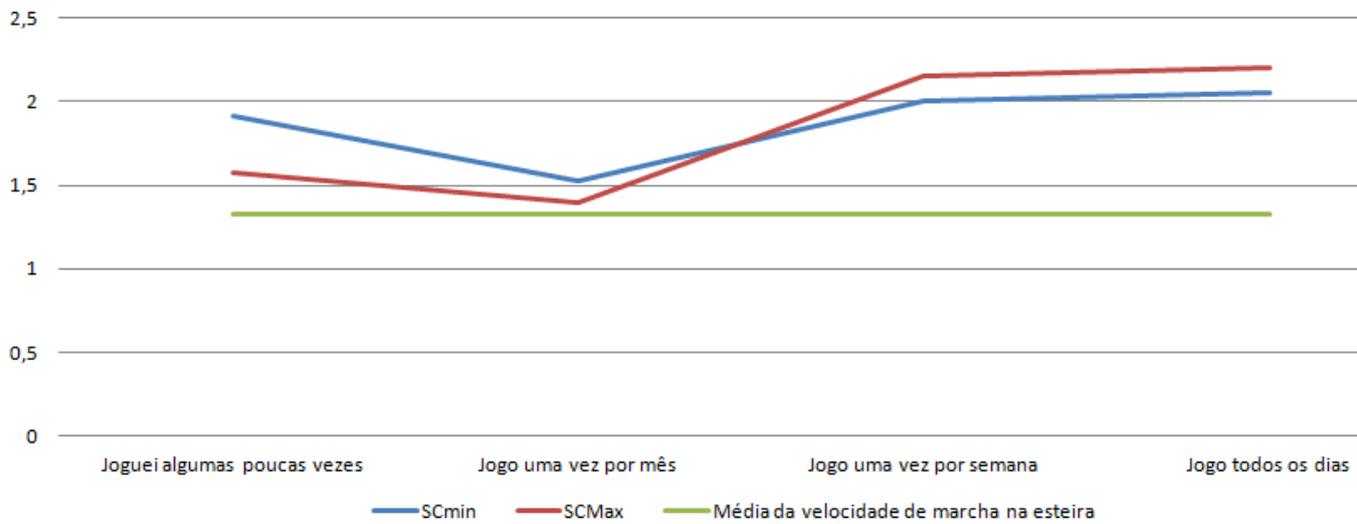


Fonte: Produção de minha autoria.

Como podemos ver na Figura 4.1, os participantes que disseram ter um menor contato com jogos eletrônicos obtiveram uma média de velocidade menor em relação aos participantes que tem uma maior frequência de uso de jogos eletrônicos. Esse resultado indica que pessoas que jogam jogos eletrônicos diariamente ou semanalmente tendem a perceber uma velocidade maior do que as pessoas que jogam com menos frequência.

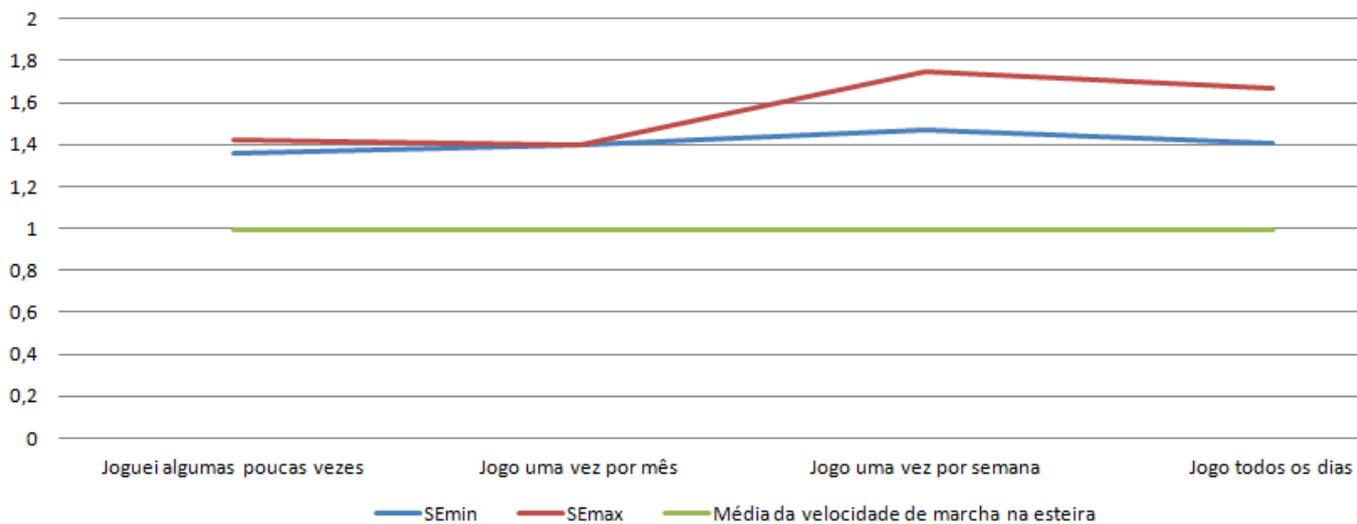
Para demonstrar que os resultados anteriores obtiveram um desempenho regular foram calculadas as variâncias e a partir delas foram extraídos os desvios-padrões. Como podemos ver na Figura 4.1, o desvio-padrão se manteve baixo em relação as médias. Isso indica que a percepção de velocidade do grupo de participantes de cada nível não teve uma variação muito relevante, resultando em valores regulares.

Figura 4.2 – Comparação entre a velocidade média de marcha no corredor e a velocidade média no mundo virtual.



Fonte: Produção de minha autoria.

Figura 4.3 – Comparação entre a velocidade média de marcha na esteira ergométrica e a velocidade média no mundo virtual.



Fonte: Produção de minha autoria.

Se compararmos os valores obtidos em cada nível de frequência de uso de jogos eletrônicos com a média das velocidades medidas no mundo real veremos que a diferença entre a velocidade percebida pelo participante no AV e sua velocidade de marcha no corredor e na esteira ergométrica tendem a ser maior quando o participante tem maior contato com jogos, como visto na Figura 4.2 e na Figura 4.3. Isso indica que, por influência dos jogos, as pessoas querem se locomover mais rápido em mundos virtuais do que no mundo real. No mundo virtual,

as pessoas subestimam sua velocidade real, o que confirma a hipótese H1 (Quando utilizam formas não-naturais de locomoção em ambientes virtuais imersivos, os usuários buscam atingir velocidades superiores a sua velocidade de marcha no mundo real.).

#### 4.2 Velocidade de locomoção do participante

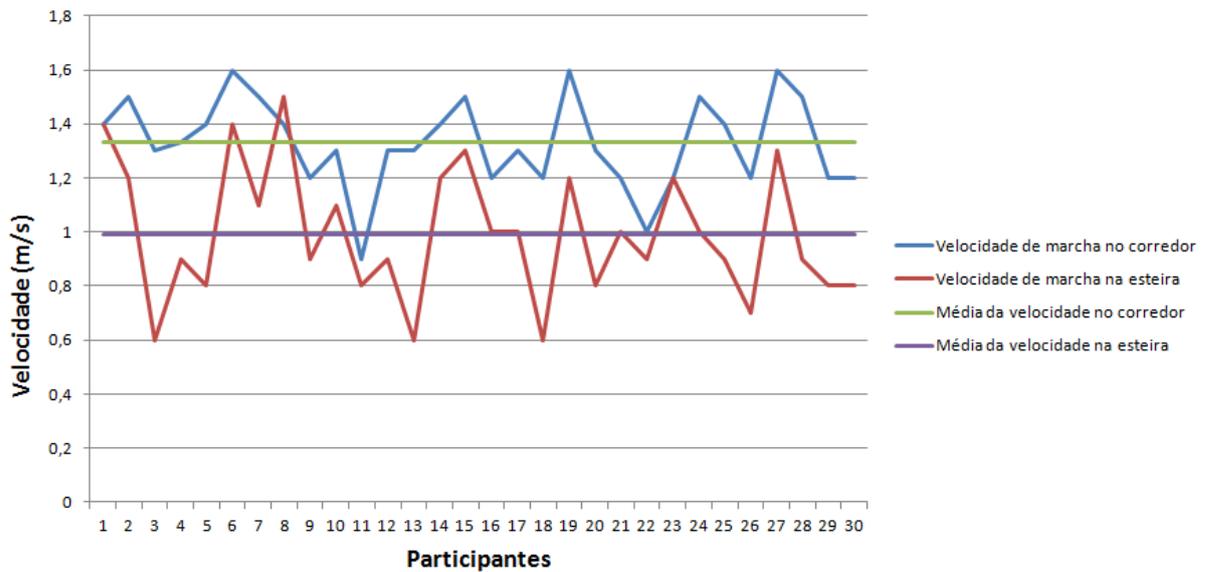
Um dos resultados obtidos com o experimento refere-se a velocidade de locomoção dos participantes em um corredor, sem utilização do Oculus Rift. Esse resultado foi utilizado como *base line*. Também confirmar se a hipótese de que o participante superestima sua velocidade de marcha real é verdadeira.

A Figura 4.4 mostra que os participantes caminharam no corredor simulando uma velocidade de marcha próxima da velocidade de conforto apresentada por Bohannon ((BOHANNON, 1997)), que é de aproximadamente 1,4 m/s. A média da velocidade no corredor foi de 1,331 m/s com um desvio padrão de 0,168, enquanto que a média da velocidade na esteira foi de 0,993 m/s com um desvio padrão de 0,246. Foi aplicado o teste t de Student com  $p = 0,00000006369$ , indicando a significância estatística do resultado obtido. A análise estatística foi aplicada aos dados de 30 participantes. O participante 31 foi considerado como *outlyer*, pois os resultados do participante ficaram muito afastados dos valores obtidos por outros participantes.

Esse resultado indica que os participantes conseguiram realizar a simulação de sua caminhada de maneira próxima a realidade. Um dado interessante também visto na mesma figura é que todos os participantes obtiveram uma velocidade de marcha menor utilizando a esteira ergométrica em comparação com a velocidade do corredor. Isso indica que os participantes tiveram a impressão de que quando estavam na esteira tentando simular a sua velocidade de marcha, a velocidade exercida pela esteira parecia ser próxima a velocidade de marcha do participante, ou seja, os participantes superestimaram sua velocidade de marcha na esteira.

Portanto, a hipótese H2 (a percepção da velocidade de marcha no mundo real é superestimada pelo participante quando este caminha em uma esteira ergométrica) é verdadeira.

Figura 4.4 – Velocidade de Marcha dos participantes na esteira e no corredor.



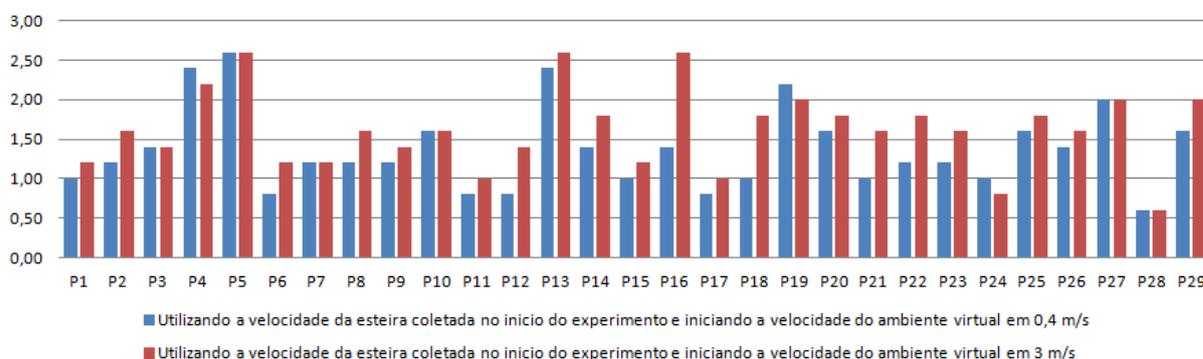
Fonte: Produção de minha autoria.

### 4.3 Percepção da velocidade em ambiente virtual com locomoção no mundo real

Nessa seção apresentaremos os dados analisados em relação as simulações utilizando a esteira ergométrica e o Oculus Rift, onde variamos a velocidade inicial da esteira e do AV, como descrita na Seção 3.7.

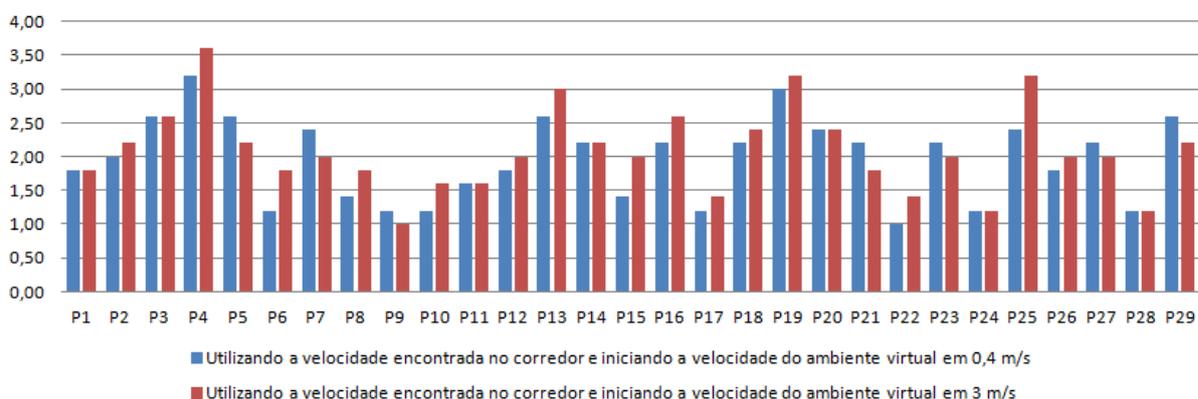
Os próximos resultados apresentarão os dados sobre a última etapa do experimento, onde os participantes caminharam na esteira imersos em RV. Esta etapa apresentou as diferenças na percepção do participante quando partimos de uma velocidade baixa no AV e quando partimos de uma velocidade alta, utilizando as duas velocidades coletadas na primeira etapa do experimento e aplicando-as na esteira ergométrica. As Figuras 4.5 e 4.6 demonstram a diferença percebida pelo participante ao iniciar a movimentação virtual com uma velocidade de 0,4 m/s e 3 m/s.

Figura 4.5 – Comparação entre os resultados da simulação com o participante caminhando na esteira com a velocidade de marcha coletada na esteira no início do experimento e velocidade do AV iniciando em 0,4 e 3 m/s.



Fonte: Produção de minha autoria.

Figura 4.6 – Comparação entre os resultados da simulação com o participante caminhando na esteira com a velocidade de marcha coletada no corredor no início do experimento e velocidade do AV iniciando em 0,4 e 3 m/s.



Fonte: Produção de minha autoria.

Como podemos ver nas Figuras 4.5 e 4.6, o participante optou, na maioria das vezes, por uma velocidade virtual maior na simulação iniciada por 3,0 m/s do que na simulação onde iniciamos por 0,4 m/s. Esse resultado gerou um intervalo entre essas duas velocidades, que é apresentado na Tabela 4.2. Dentre os 30 participantes, 10 foram considerados *outliers* para obtermos esse resultado. As siglas SEmin, SEmax, SCmin e SCmax tem o mesmo significado anteriormente citado na Tabela 4.1.

Com esse resultado, podemos afirmar que se partirmos de velocidades diferentes em uma simulação tentando alcançar um mesmo resultado, que nesse caso é a velocidade de marcha do participante em AV, há uma grande chance de não chegarmos no mesmo resultado, produzindo um intervalo entre essas duas velocidades.

A partir desses resultados sabemos que as duas velocidades encontradas foram adequadas ao participante em relação a sua velocidade de marcha. Logo, podemos também inferir que o intervalo entre essas duas velocidades compõe um conjunto de valores adequados ao participante. Provar essa hipótese seria um ótimo ponto para um trabalho futuro, pois os testes não cobriram esse experimento.

Tabela 4.2 – Velocidades encontradas nas simulações na etapa final do experimento.

SEmin	SEmax	Intervalo SE	SCmin	SCmax	Intervalo SC
1,00	1,20	0,20	1,80	1,80	0,00
1,20	1,60	0,40	2,00	2,20	0,20
1,40	1,40	0,00	2,60	2,60	0,00
0,80	1,20	0,40	1,20	1,80	0,60
1,20	1,60	0,40	1,40	1,80	0,40
1,60	1,60	0,00	1,20	1,60	0,40
0,80	1,00	0,20	1,60	1,60	0,00
0,80	1,40	0,60	1,80	2,00	0,20
2,40	2,60	0,20	2,60	3,00	0,40
1,40	1,80	0,40	2,20	2,20	0,00
1,00	1,20	0,20	1,40	2,00	0,60
1,40	2,60	1,20	2,20	2,60	0,40
0,80	1,00	0,20	1,20	1,40	0,20
1,00	1,80	0,80	2,20	2,40	0,20
2,20	2,20	0,00	3,00	3,20	0,20
1,60	1,80	0,20	2,40	2,40	0,00
1,20	1,80	0,60	1,00	1,40	0,40
1,60	1,80	0,20	2,40	3,20	0,80
1,40	1,60	0,20	1,80	2,00	0,20
0,60	0,60	0,00	1,20	1,20	0,00

Fonte: Produção de minha autoria.

#### 4.4 Percepção de velocidade em ambiente virtual sem locomoção no mundo real

Os dados abaixo apresentados referem-se a um resultado interessante, mas fora do escopo das hipóteses apresentadas.

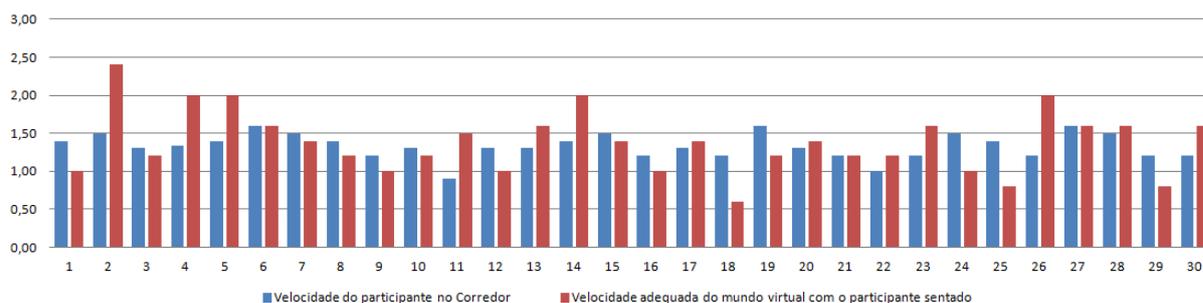
Podemos ver na Figura 4.7 uma semelhança entre os valores obtidos no corredor e na simulação em AV sentado. Mesmo com alguns picos de diferença entre as duas velocidades, a maioria dos participantes optou por uma velocidade no mundo virtual parecida com a sua velocidade de marcha no corredor. Na Tabela 4.3 percebemos que a média entre as duas velocidades foi muito parecida, diferenciando em apenas 0,02. A variância e o desvio padrão resultaram em valores próximos em relação a velocidade no corredor e na simulação sentado. Verificando o valor de P concluímos que os dois grupos analisados de velocidades são valores muito próximos, pois P acabou resultando em um valor alto. Dentre os 30 participantes, 9 foram considerados *outlyer* para obtermos esse resultado.

Tabela 4.3 – Média, variância e desvio padrão dos dados referentes a Figura 4.7

	Velocidade no Corredor	Velocidade na simulação em ambiente virtual sentado
Média	1,36	1,35
Variância	0,02	0,04
Desvio Padrão	0,146808145	0,201311489
P-value	0,9289608	

Fonte: Produção de minha autoria.

Figura 4.7 – Comparação entre os resultados da simulação com o participante sentado e sua velocidade de marcha.



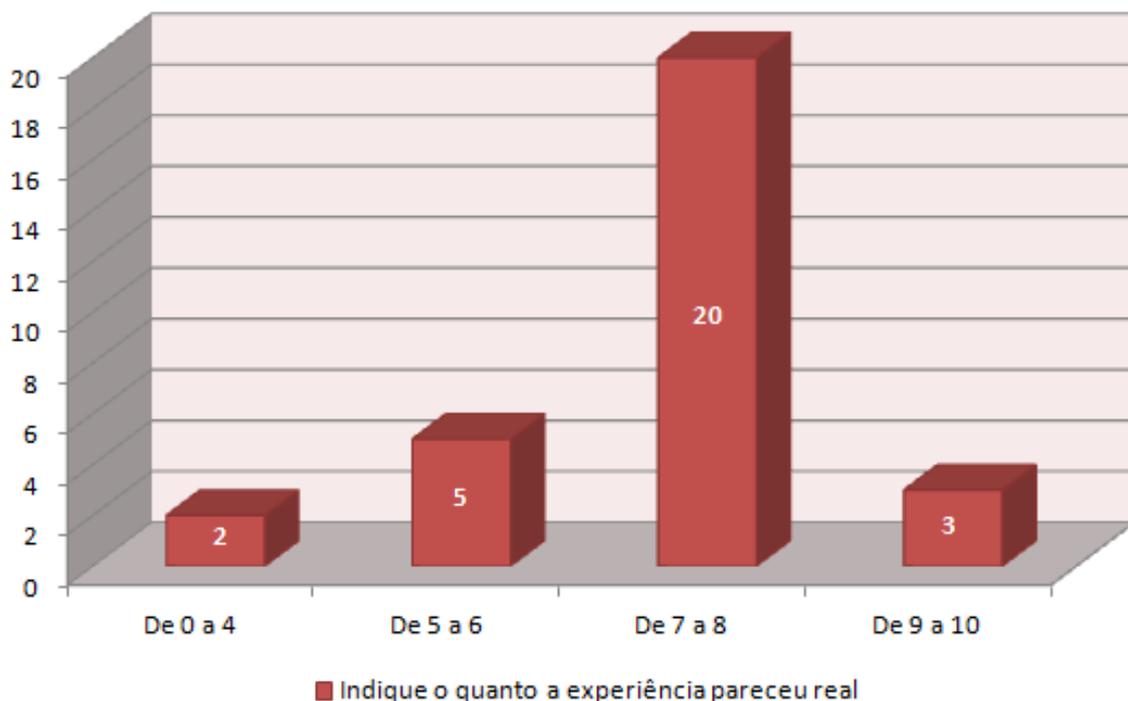
Fonte: Produção de minha autoria.

#### 4.5 Dados qualitativos do experimento

Os resultados que serão apresentados nesta seção estão relacionados com as respostas dos participantes no pós-questionário.

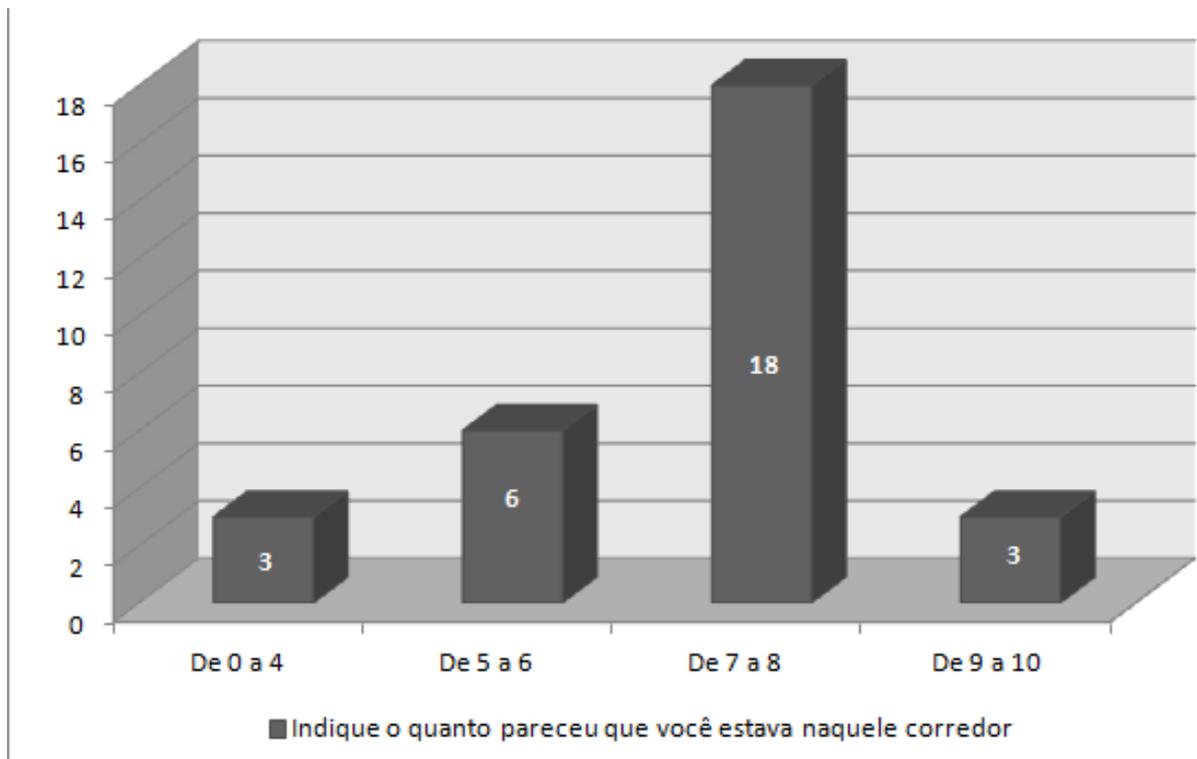
O pós-questionário B manteve o foco em quão imersivo o experimento foi para o participante. Os resultados qualitativos se dividem em 3 tópicos: nível de realidade do ambiente, nível de imersão dentro de ambiente, nível de percepção da locomoção dentro do ambiente. As respostas dos participantes foram quantificadas dentro de um intervalo de 1 (ineficiente) a 10 (eficiente). As Figuras 4.8, 4.9 e 4.10 mostram os tópicos e o índice de notas dadas pelos participantes sobre o experimento em relação aos tópicos citados anteriormente.

Figura 4.8 – Dados qualitativos em relação ao nível de realidade do ambiente.



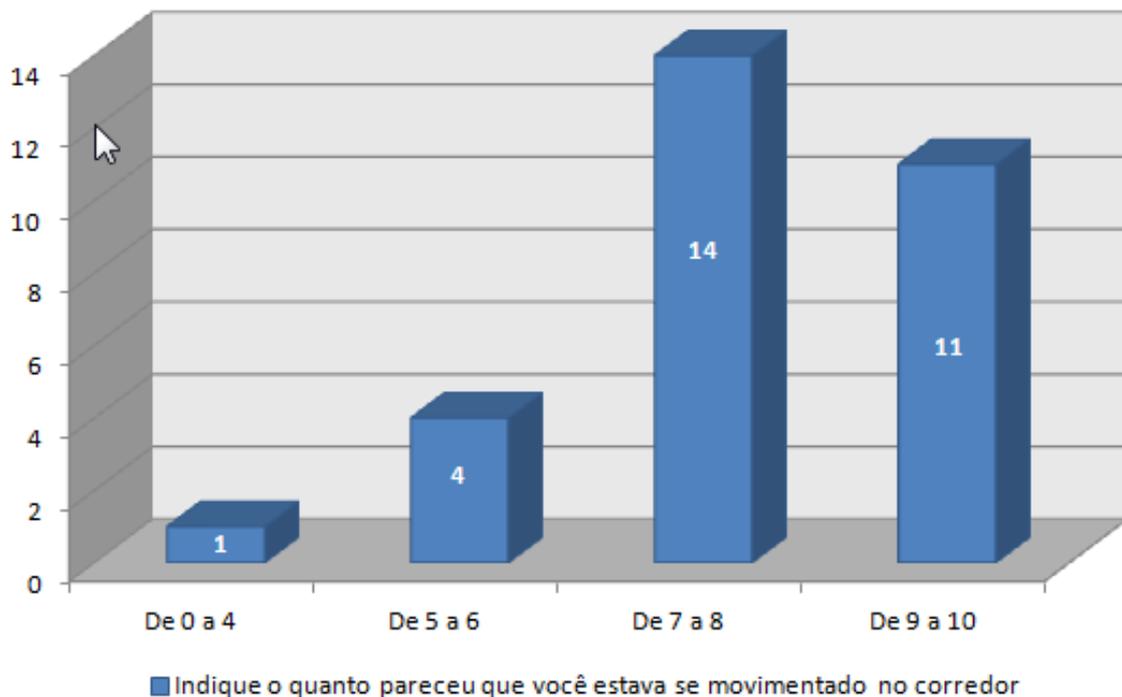
Fonte: Produção de minha autoria.

Figura 4.9 – Dados qualitativos em relação ao nível de presença percebida pelo participante.



Fonte: Produção de minha autoria.

Figura 4.10 – Dados qualitativos em relação ao percepção do participante em relação a sua movimentação.



Fonte: Produção de minha autoria.

Os resultados acima mostraram que a maioria dos participantes qualificaram o experimento dentro do intervalo de 7 a 10. Isso indica que os resultados proporcionaram uma experiência satisfatória em relação a imersão e realidade dentro do ambiente virtual.

Em relação aos comentários dos participantes, determinados pontos se destacaram: a maioria não sentiu enjôo durante grande parte do experimento. O único momento em que os participantes sentiram vertigem foi quando estavam em movimento (na esteira e no ambiente virtual) e a velocidade da esteira foi diminuída até parar, deixando apenas o ambiente virtual em movimento. Em determinado momento alguns participantes perderam o equilíbrio e inclinaram-se para frente.

Um comentário que foi repetido por vários participantes foi que a diminuição da velocidade é melhor percebida do que o aumento da mesma.

## 5 CONCLUSÃO

Neste trabalho foi apresentado um experimento visando analisar a percepção de velocidade no ambiente virtual em relação a velocidade real de marcha de diferentes participantes, com objetivo de aumentar o realismo da locomoção em ambientes virtuais.

Ao final da análise dos resultados verificou-se que as hipóteses H1, H2 eram verdadeiras e H3 era parcialmente verdadeira. Portanto, conseguimos alcançar uma análise proveitosa em relação a percepção de velocidade em ambientes virtuais.

O experimento em questão foi motivado principalmente por ser uma área atual, com novas tecnologias e estudos em desenvolvimento. A locomoção em ambiente virtual se tornou um assunto frequente em vários meios, tanto empresariais quanto de entretenimento, proporcionando uma maior credibilidade para esse tipo de estudo.

Em relação aos trabalhos futuros, seriam necessários testes específicos em relação ao intervalo de conforto apresentado na Seção 4.3. Esse seria um ponto crucial para avançarmos em relação a locomoção em AV, podendo trazer uma maneira de calibrar a velocidade dentro de um AV em relação ao mundo real com maior fidelidade. A troca da esteira unidirecional por uma esteira omnidirecional, bem como a adição de diferentes estímulos (ventos, ruídos, etc) são pontos interessantes a serem avaliados, pois proporcionariam diferentes aspectos a serem analisados.

## REFERÊNCIAS

- BANTON, T. et al. The perception of walking speed in a virtual environment. **Presence**, v. 14, n. 4, p. 394–406, 2005. Available from Internet: <<http://dblp.uni-trier.de/db/journals/presence/presence14.html#BantonSDFP05>>.
- BOHANNON, R. W. Comfortable and maximum walking speed of adults aged 20—79 years: reference values and determinants. **Age and ageing**, Br Geriatrics Soc, v. 26, n. 1, p. 15–19, 1997.
- BRUDER, G.; STEINICKE, F. **Threefolded Motion Perception During Immersive Walkthroughs**. ACM Press, 2014. (accepted) p. Available from Internet: <<http://basilic.informatik.uni-hamburg.de/Publications/2014/BS14a>>.
- MUJBER, T. S.; SZECSI, T.; HASHMI, M. S. Virtual reality applications in manufacturing process simulation. **Journal of materials processing technology**, Elsevier, v. 155, p. 1834–1838, 2004.
- NABIYOUNI, M. et al. Comparing the performance of natural, semi-natural, and non-natural locomotion techniques in virtual reality. In: **IEEE 3D User Interfaces (3DUI)**. [S.l.: s.n.], 2015.
- OPTICAL aberration. In: WIKIPEDIA, the free encyclopedia. Wikipedia, 2015. Available from Internet: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Optical\\_aberration](https://en.wikipedia.org/wiki/Optical_aberration)>. Accessed in: 17 jun. 2015.
- USOH, M. et al. Walking > walking-in-place > flying, in virtual environments. In: ACM PRESS/ADDISON-WESLEY PUBLISHING CO. **Proceedings of the 26th annual conference on Computer graphics and interactive techniques**. [S.l.], 1999. p. 359–364.
- ZELTZER, D.; PIOCH, N. J. Validation and verification of virtual environment training systems. In: IEEE. **Virtual Reality Annual International Symposium, 1996., Proceedings of the IEEE 1996**. [S.l.], 1996. p. 123–130.

## APÊNDICE A — QUESTIONÁRIO PRÉ-TESTE

### Pré-Questionário

Por favor, desligue o seu celular ou outro dispositivo sonoro antes de iniciar os testes. É importante que você esteja concentrado para que a qualidade dos resultados seja a melhor possível.

\*Obrigatório

**Qual o seu nome? \***

**Qual a sua idade? \***

**Qual o seu curso? \***

**Você tem algum problema de visão? Se sim, qual?**

**Caso você tenha problema de visão, qual o grau do problema?**

**Você costuma jogar videogame? \***

- Nunca joguei
- Joguei algumas vezes
- Jogo uma vez por mês
- Jogo uma vez por semana
- Jogo todos os dias

**Você costuma jogar jogos 3D? \***

- Nunca joguei
- Joguei algumas poucas vezes
- Jogo uma vez por mês
- Jogo uma vez por semana
- Jogo todos os dias

**Você já teve algum contato com jogos em primeira pessoa?**

- Nunca joguei
- Joguei algumas poucas vezes
- Jogo uma vez por mês
- Jogo uma vez por semana
- Jogo todos os dias

**Você já teve contato com o oculus rift ou similares?**

- Nunca
- Raramente
- Algumas vezes
- Muitas vezes
- Sempre

**Enviar**

*Nunca envie senhas em Formulários Google.*

100% concluído

## APÊNDICE B — QUESTIONÁRIO PÓS-TESTE

## Pós-Questionário

\*Obrigatório

**Nome \***

Informe seu nome da mesma forma que informou no questionário pré-teste.

**Indique o quanto pareceu que você estava naquele corredor \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Pouco            Muito

**Indique o quanto pareceu que você estava se movimentado no corredor \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Pouco            Muito

**Indique o quanto a experiência pareceu real. \***

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Pouco            Muito

**O que você achou positivo nessa simulação? \***

**O que você achou negativo nessa simulação? \***

**Se tiver algum comentário adicional, por favor, insira logo abaixo.**

**Enviar**

*Nunca envie senhas em Formulários Google.*

100% concluído.

## APÊNDICE C — TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você é convidado para participar de um experimento imersivo, baseado no uso de uma esteira e de um head-mounted display (Oculus Rift), onde você deverá se locomover em um ambiente virtual 3D. Este documento tem o propósito de explicar os objetivos do estudo, os procedimentos, os riscos e como serão conduzidos os testes. Pedimos que leia este documento atentamente e esclareça todas as dúvidas antes de consentir na sua participação.

**Objetivo:** Este estudo visa verificar e comparar as velocidades de movimento de cada participante no mundo real e em um ambiente virtual. Trata-se de um estudo da percepção do participante sobre sua velocidade no mundo virtual.

**Procedimentos:** Ocorrerá, inicialmente, a medida da velocidade de marcha do participante em um corredor. Após, será feita medida semelhante em uma esteira. Os últimos experimentos serão feitos utilizando o Oculus Rift, onde primeiro o usuário utilizará apenas o Oculus Rift, utilizando botões no teclado do computador para se movimentar no ambiente virtual. O experimento final será feito com a esteira e o Oculus Rift. Durante este experimento, o participante responderá algumas perguntas enquanto caminha na esteira. Antes e após o conjunto de experimentos o participante é convidado a responder um questionário sobre o mesmo.

**Riscos e benefícios:** Como benefício o participante terá o contato com novas tecnologias de imersão virtual e auxiliará no presente trabalho. Em relação a riscos, o uso do Oculus Rift pode causar tontura e náusea.

A aplicação do experimento deve durar em torno de 30 minutos. Os seus dados serão sempre tratados confidencialmente, você não será identificado(a) por nome. Os resultados deste estudo serão usados de forma anônima e unicamente para fins científicos.

### CONSENTIMENTO DE PARTICIPAÇÃO

Eu, \_\_\_\_\_, abaixo assinado(a), concordo em participar do estudo. Fui devidamente informado(a) e esclarecido(a) pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido o sigilo das informações e que posso retirar meu consentimento a qualquer momento. Reconheço que estou em bom estado de saúde e não tenho problemas médicos que me restringiriam de participar deste experimento.

Local e data: \_\_\_\_\_

Assinatura: \_\_\_\_\_