

PERCEPÇÃO E INTERAÇÃO NO ESPAÇO PERIPESSOAL DE REALIDADE AUMENTADA UTILIZANDO HMDS *VIDEO SEE- THROUGH* BASEADOS EM *SMARTPHONE* : UM ESTUDO DE CASO

Lucca Vieira Batistão RA: 171024575

Prof. Associado Antonio Carlos Sementille

Sumário



1. Introdução



2. Fundamentação
Teórica



3. Trabalhos
Correlatos



4. Materiais e
Métodos



5. Experimentos e
Análise dos
Resultados



6. Conclusão



Introdução



Introdução

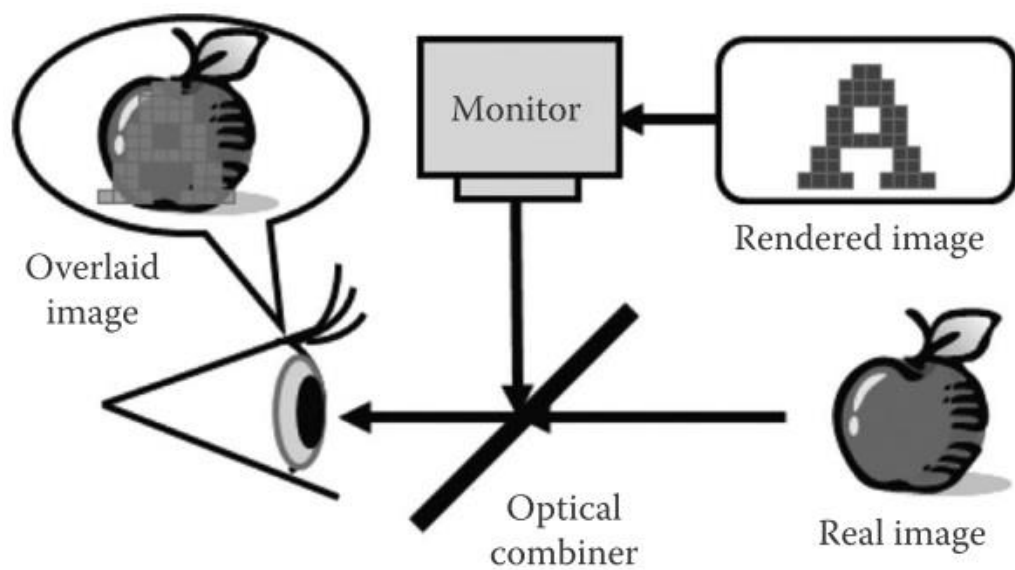
- Segundo Azuma (1997), Realidade Aumentada (RA) possui as seguintes características:
 - Combina conteúdo real e virtual;
 - Executa interativamente em tempo real; e
 - Alinha corretamente objetos reais e virtuais (registro).

Introdução

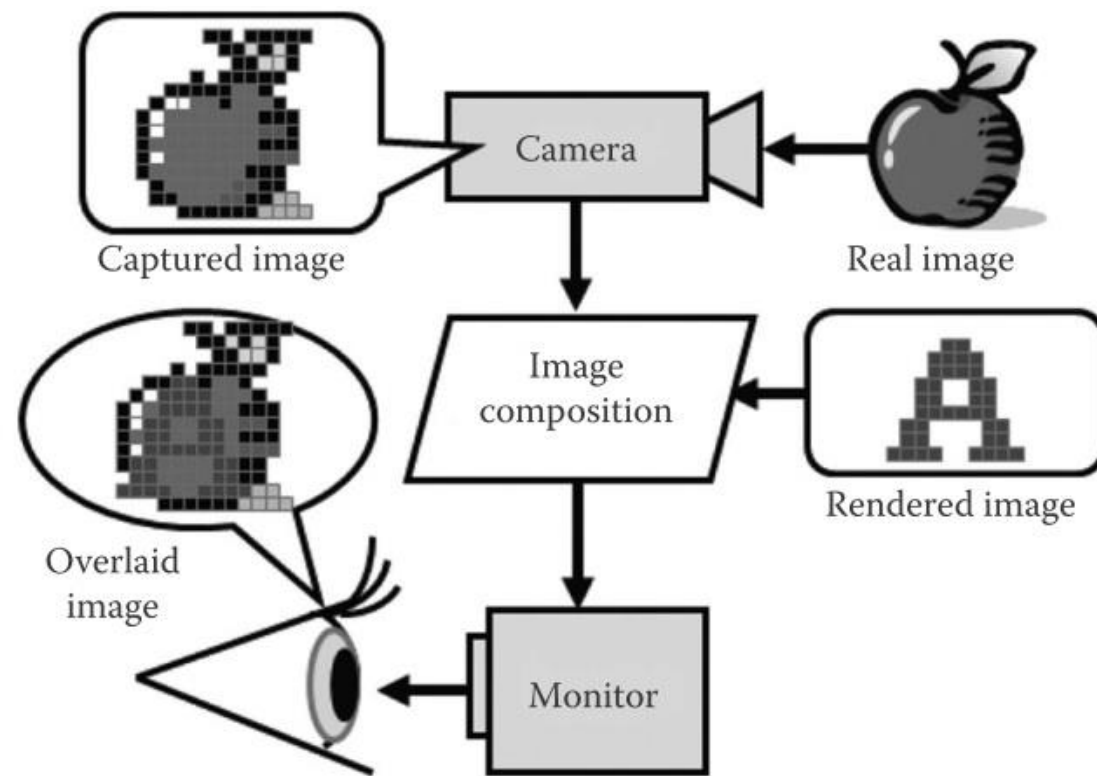
- Em questão de hardware, existem dois tipos principais de tecnologia de visualização direta em RA:
 - Os *Head-Mounted Displays* (HMD) *Optical See-Through* (OST) e
 - Os HMDs *Video See-Through* (VST).
- (KIOKAWA, 2015)

Introdução

Configurações típicas dos HMDs: a) OST e b) VST



(a)



(b)

Introdução

- Problema

- HMDs convencionais possuem custo elevado.
- Surgem HMDs baseados em *smartphone*, que possuem baixo custo, porém são escassas na literatura, informações sobre quais as principais dificuldades no desenvolvimento de aplicações de RA para os mesmos.



VRBOX 2



Haori AR Headset

Introdução

- Objetivo Geral:
 - O objetivo desse projeto é avaliar, por meio da realização de um estudo de caso, como o uso de HMDs Video See-Through baseados em *smartphones*, influenciam a percepção de profundidade e as interações do usuário, via interface baseada em gestos, dentro de seu espaço peripessoal.
- Objetivos Específicos:
 - Desenvolver um sistema que integre um HMD VST para RA baseado em *smartphone* e um sensor de profundidade, a fim de permitir a detecção de gestos do usuário.
 - Estruturar e implementar um ambiente de teste, baseado no sistema desenvolvido, voltado à determinação da influência do uso deste tipo de HMD, na percepção de profundidade e na interação do usuário no espaço peripessoal.
 - Realizar testes e analisar os resultados obtidos, utilizando métricas objetivas (quantitativas).



Fundamentação Teórica

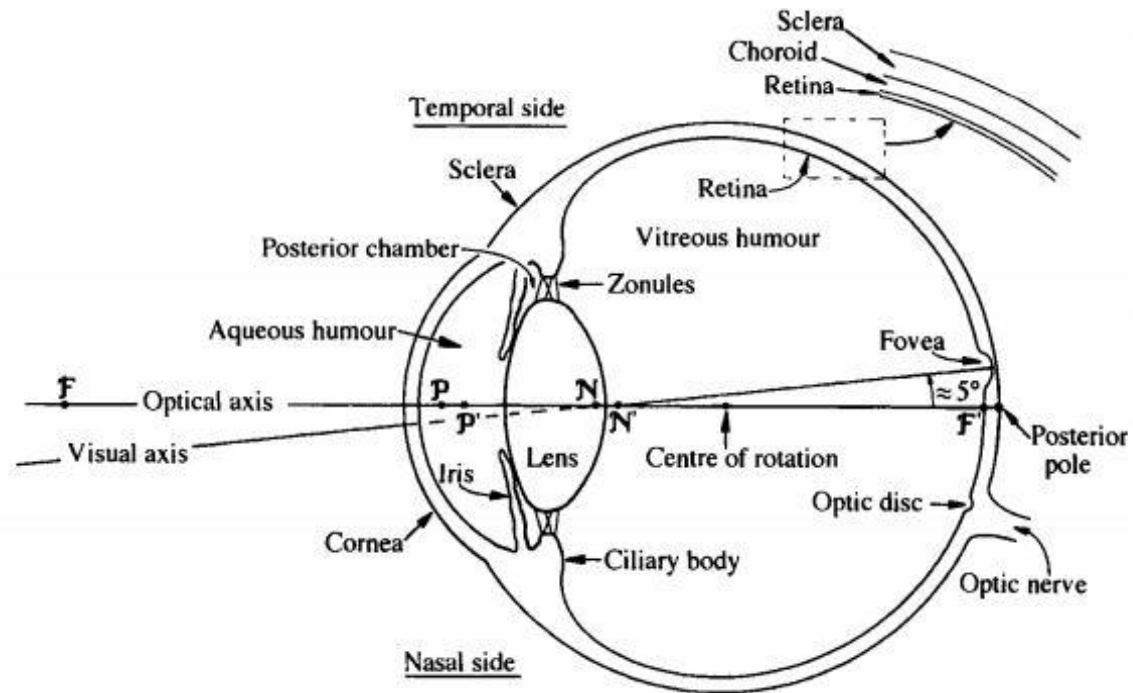


Fundamentação Teórica

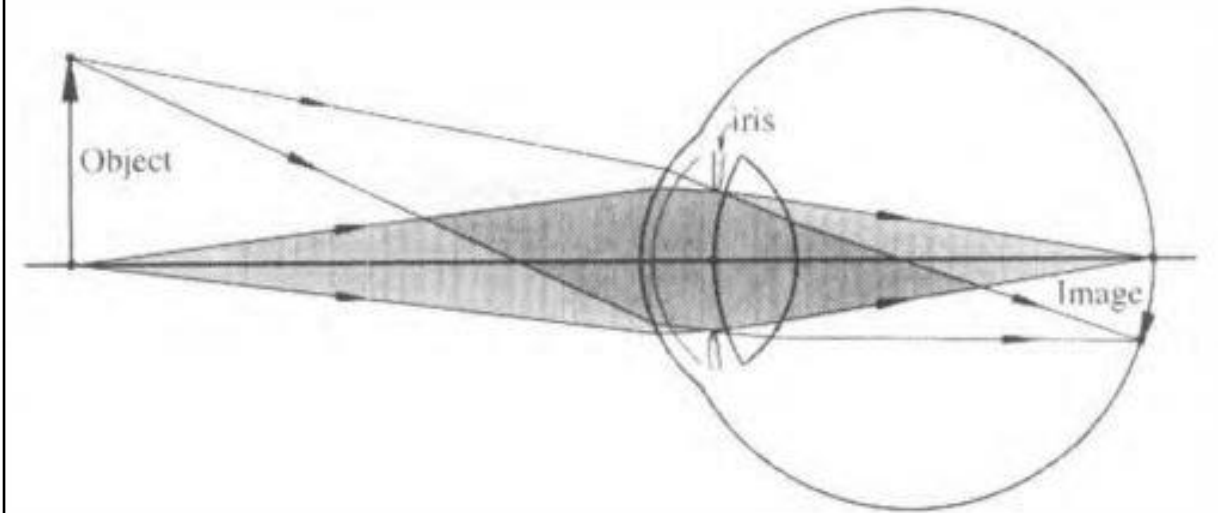
- Desafios de RA:
 - Limitação tecnológica;
 - Falta de padronização;
 - Erro de rastreamento;
 - Aceitação social; e
 - Percepção Visual;

Fundamentação Teórica

Percepção visual humana:



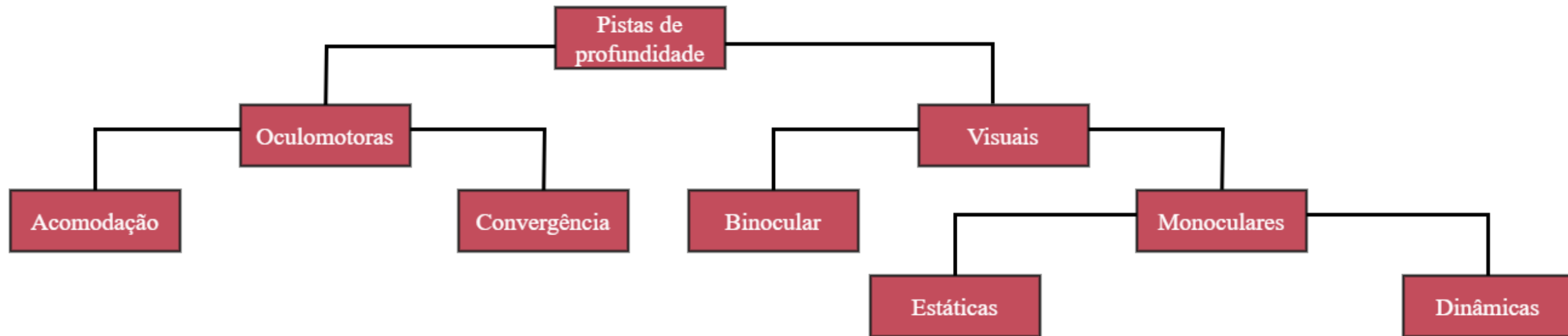
Estrutura do olho



Formação da Imagem no olho

Fundamentação Teórica

- Pistas de profundidade



Fundamentação Teórica

Pistas Oculomotoras

- Vergência
- Acomodação

Pistas Binoculares

- Disparidade Binocular

Pistas Monoculares

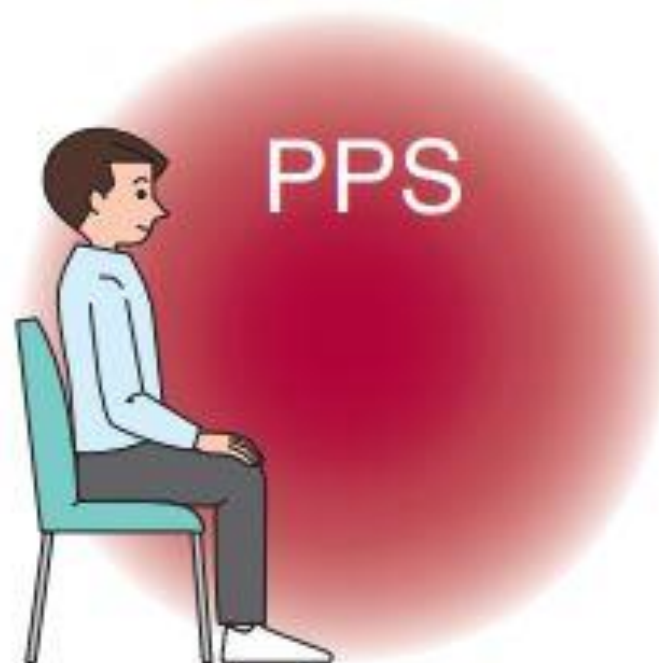
- Estáticas
 - Tamanho Relativo
 - Oclusão
 - Perspectiva Linear
 - Perspectiva Área
 - Brilho Relativo
 - Gradiente de Textura
- Dinâmicas
 - Paralaxe de movimento
 - Efeito de profundidade cinética

- Problema:
 - Algumas pistas de profundidade são eliminadas ao usar HMDs

Fundamentação Teórica

- Espaço Peripessoal
 - Espaço mental de aproximadamente 1m que cerca a pessoa.

PPS = peripersonal space





Trabalhos Correlatos

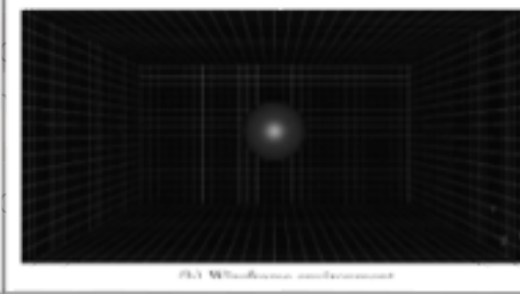
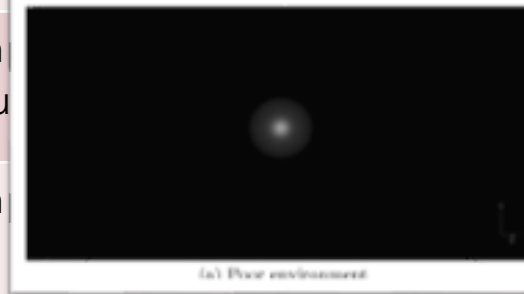


Trabalhos Correlatos

Autores	Características
Naceri, Chellali e Hoinville (2011)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação de percepção no espaço peripessoal em Realidade Virtual (RV), utilizando <i>Head-mounted display</i> (HMD), em três ambientes com diferentes níveis de detalhes (ambiente vazio, <i>wireframe</i> e sala detalhada).
Plopski et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none">• Análise de como os erros de Registro (alinhamento entre os objetos reais e os objetos virtuais) influenciam na percepção e interação do usuário.
Ballestin, Solari e Chessa (2018)	<ul style="list-style-type: none">• Compara a percepção de profundidade no espaço peripessoal em HMD VST e OST de RA, utilizando Kinect como sistema de medição exesterno.
Ping, Liu e Weng (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Compara a percepção de profundidade em sistemas de RA e de RV. Utiliza teclado para interação com o usuário.
Batmaz et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Verifica se as deficiências na reprodução de pistas de profundidade afeta a tarefa de apontar para um alvo corretamente em RV e RA.
Jiménez (2014)	<ul style="list-style-type: none">• Compromete-se a implementar um sistema de RA capaz de realizar interações naturais através de gestos e medir a eficácia do gesto de pinça para tais interações.

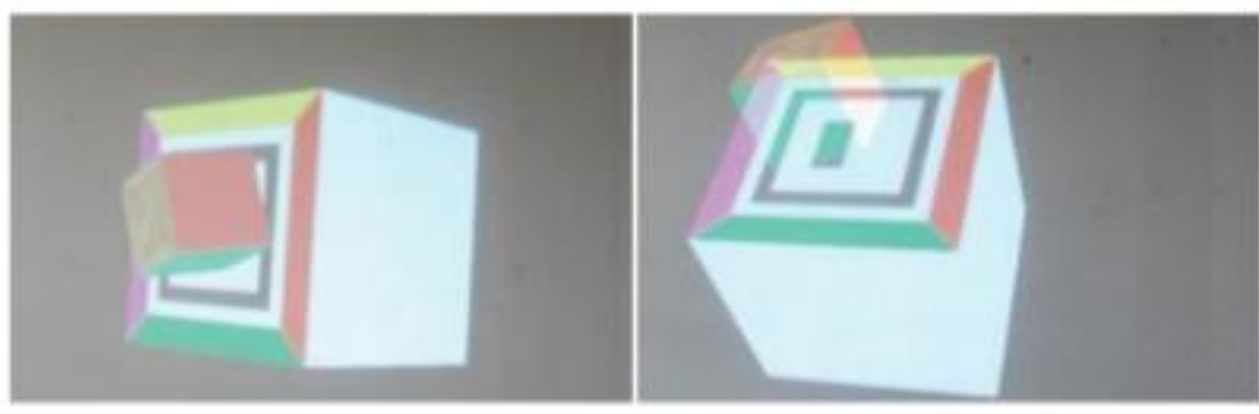
Trabalhos Correlatos

Autores	Características
Naceri, Chellali e Hoinville (2011)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação de percepção no espaço peripessoal em Realidade Virtual (RV), utilizando <i>Head-mounted display</i> (HMD), em três ambientes com diferentes níveis de detalhes (ambiente vazio, <i>wireframe</i> e sala detalhada).
Plopski et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none">• Análise de como os erros de Registro (alinhamento entre os objetos reais e os objetos virtuais) influenciam na percepção e interação do usuário.
Ballestin, Solari e Chessa (2018)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação de percepção de profundidade em RA, VR e RV.
Ping, Liu e Weng (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação de percepção de profundidade em RA, VR e RV.
Batmaz et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Verifica se as deficiências na reprodução de pistas de profundidade afeta a tarefa de apontar para um alvo corretamente em RV e RA.
Jiménez (2014)	<ul style="list-style-type: none">• Compromete-se a implementar um sistema de RA capaz de realizar interações naturais através de gestos e medir a eficácia do gesto de pinça para tais interações.



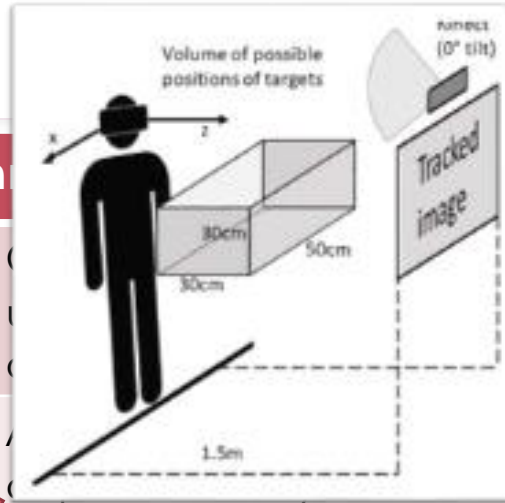
Trabalhos Correlatos

Autores	Características
Naceri, Chellali e Hoinville (2011)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação de percepção no espaço peripessoal em Realidade Virtual (RV), utilizando <i>Head-mounted display</i> (HMD), em três ambientes com diferentes níveis de detalhes (ambiente vazio, <i>wireframe</i> e sala detalhada).
Plopski et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none">• Análise de como os erros de Registro (alinhamento entre os objetos reais e os objetos virtuais) influenciam na percepção e interação do usuário.
Ballestin, Solari e Chessa (2018)	<ul style="list-style-type: none">• Para a percepção de profundidade no espaço peripessoal em HMD VST e OST de RA, uti
Ping, Liu e Weng (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Compa para in
Batmaz et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Verifica aponta
Jiménez (2014)	<ul style="list-style-type: none">• Compa através de gestos e medir a eficácia do gesto de pinça para tais interações.



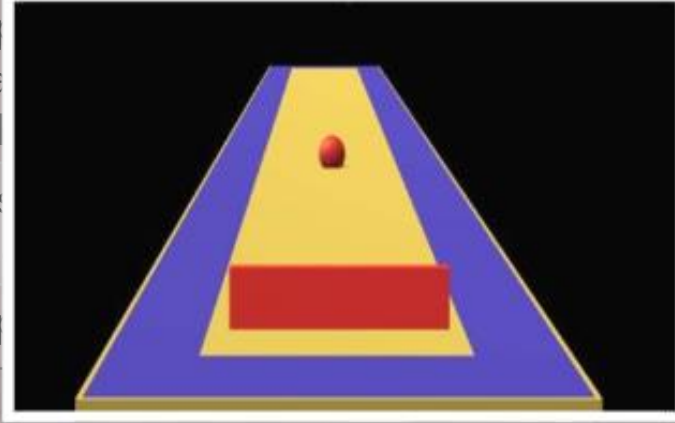
Trabalhos Correlatos

Autores	Contribuição
Naceri, Chellali e Hoinville (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • (Contribuição não legível)
Plopski et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • (Contribuição não legível)
Ballestin, Solari e Chessa (2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Compara a percepção de profundidade no espaço peripessoal em HMD VST e OST de RA, utilizando Kinect como sistema de medição externo.
Ping, Liu e Weng (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Compara a percepção de profundidade em sistemas de RA e de RV. Utiliza teclado para interação com o usuário.
Batmaz et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica se as deficiências na reprodução de pistas de profundidade afeta a tarefa de apontar para um alvo corretamente em RV e RA.
Jiménez (2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Compromete-se a implementar um sistema de RA capaz de realizar interações naturais através de gestos e medir a eficácia do gesto de pinça para tais interações.



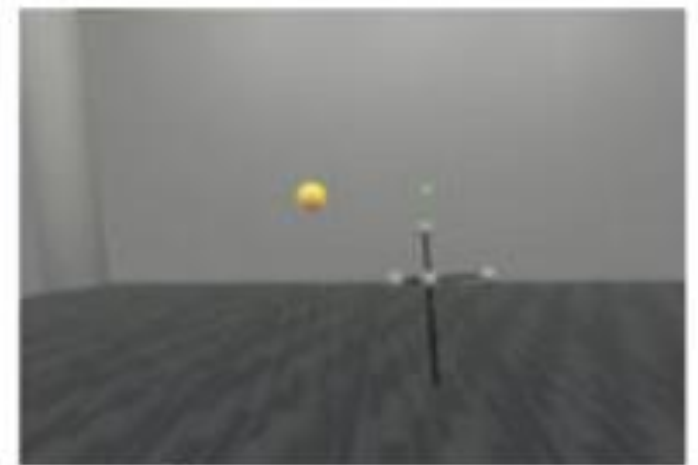
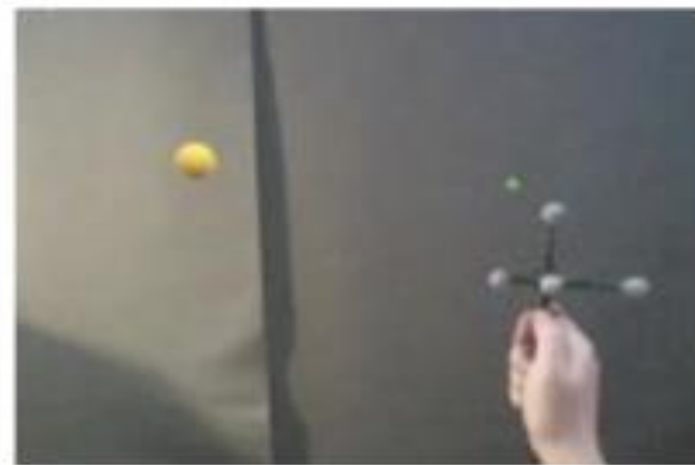
Trabalhos Correlatos

Autores	Características
Naceri, Chellali e Hoinville (2011)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação da percepção de profundidade em Realidade Virtual (RV), em três ambientes com diferentes níveis de detalhamento.
Plopski et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none">• Análise da interação entre os objetos reais e os virtuais e interação do usuário.
Ballestin, Solari e Chessa (2018)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação da percepção de profundidade no espaço peripessoal em HMD VST e OST de edição exesterno.
Ping, Liu e Weng (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação da percepção de profundidade em sistemas de RA e de RV. Utiliza teclado para interação com o usuário.
Batmaz et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Verifica se as deficiências na reprodução de pistas de profundidade afeta a tarefa de apontar para um alvo corretamente em RV e RA.
Jiménez (2014)	<ul style="list-style-type: none">• Compromete-se a implementar um sistema de RA capaz de realizar interações naturais através de gestos e medir a eficácia do gesto de pinça para tais interações.



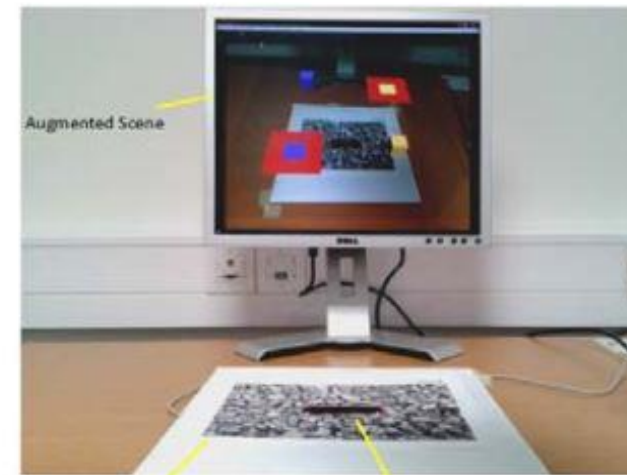
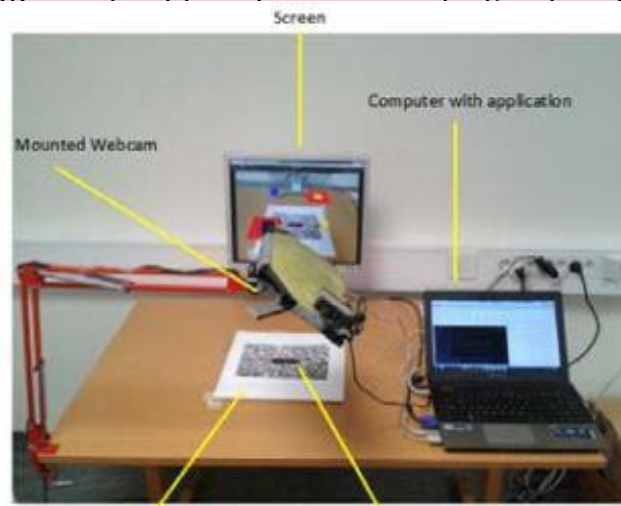
Trabalhos Correlatos

Autores	Características
Naceri, Chellali e Hoinville (2011)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação de desempenho entre usuários em Realidade Virtual (RV) e Realidade Aumentada (RA) utilizando um sistema de interação baseado em gestos para apontar e selecionar objetos virtuais.
Plopski et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none">• Análise de desempenho de usuários em RA para tarefas de apontar e selecionar objetos virtuais.
Ballestin, Solari e Chessa (2018)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação de desempenho de usuários em RA, utilizando um sistema de interação baseado em gestos para apontar e selecionar objetos virtuais.
Ping, Liu e Weng (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Comparação de desempenho de usuários em RA, utilizando um sistema de interação baseado em gestos para apontar e selecionar objetos virtuais.
Batmaz et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none">• Verifica se as deficiências na reprodução de pistas de profundidade afeta a tarefa de apontar para um alvo corretamente em RV e RA.
Jiménez (2014)	<ul style="list-style-type: none">• Compromete-se a implementar um sistema de RA capaz de realizar interações naturais através de gestos e medir a eficácia do gesto de pinça para tais interações.



Trabalhos Correlatos

Autores	Características
Naceri, Chellali e Hoinville (2011)	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação de percepção no espaço peripessoal em Realidade Virtual (RV), utilizando o sistema de realidade virtual da Microsoft e os níveis de
Plopski et al. (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Avaliação da percepção de profundidade em RV e RA, utilizando os
Ballestin, Solari e Chessa (2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação da percepção de profundidade em RV e RA, utilizando o
Ping, Liu e Weng (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Comparação da percepção de profundidade em RV e RA, utilizando o
Batmaz et al. (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Verifica-se as deficiências na reprodução de pistas de profundidade para a tarefa de apontar para um alvo corretamente em RV e RA.
Jiménez (2014)	<ul style="list-style-type: none"> • Compromete-se a implementar um sistema de RA capaz de realizar interações naturais através de gestos e medir a eficácia do gesto de pinça para tais interações.





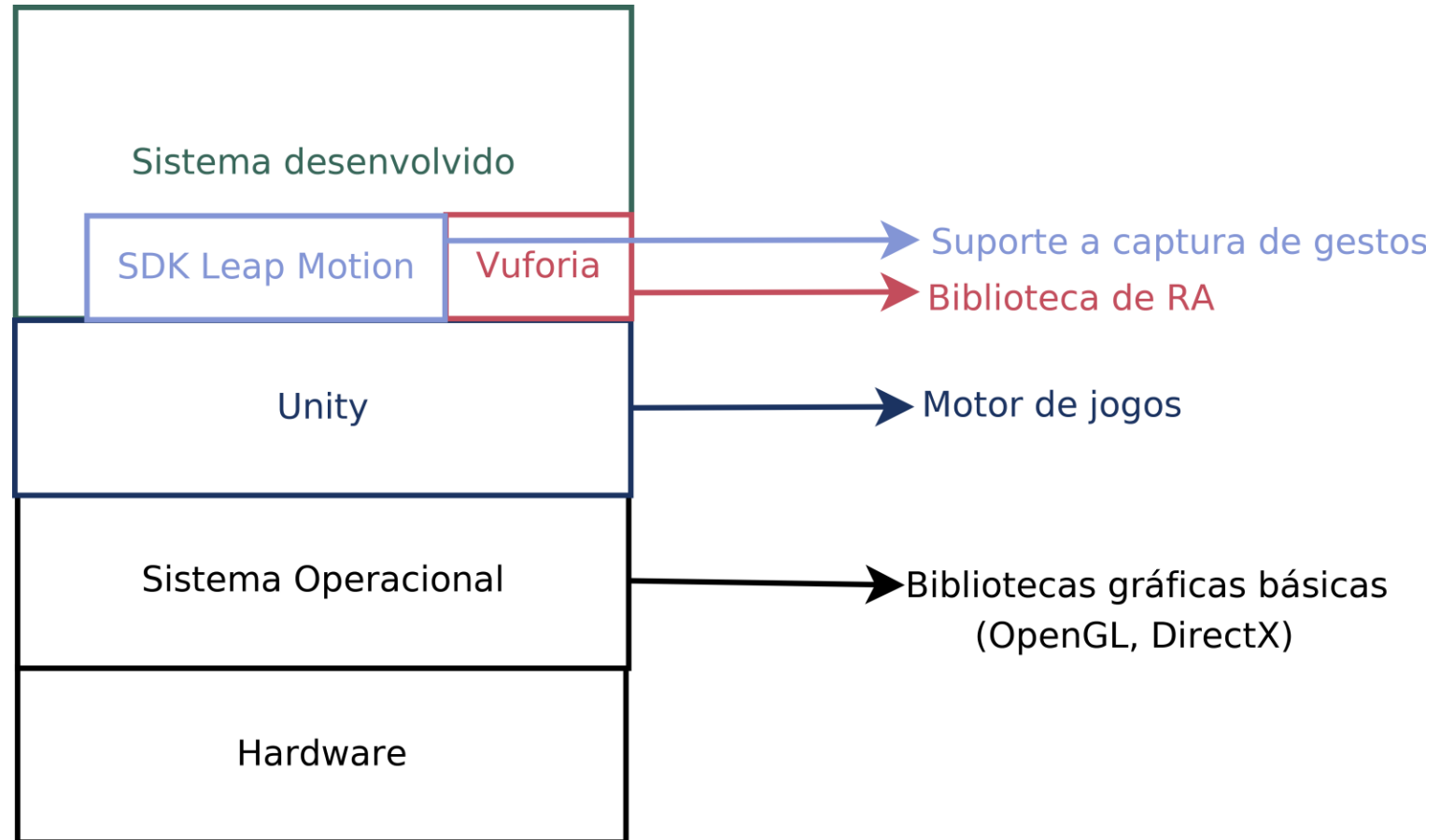
Materiais e Métodos



—

Materiais e Métodos

- Principais ferramentas utilizadas:

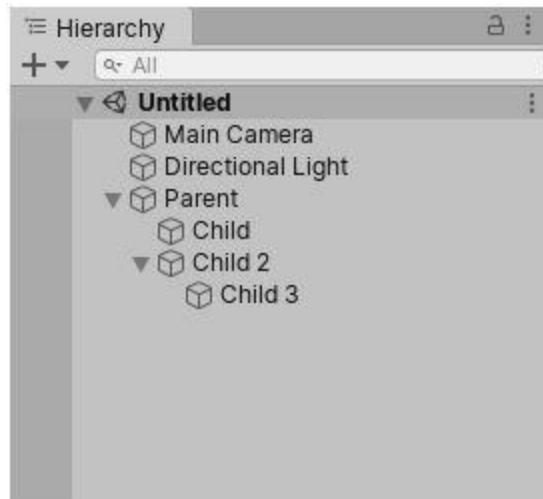


Materiais e Métodos

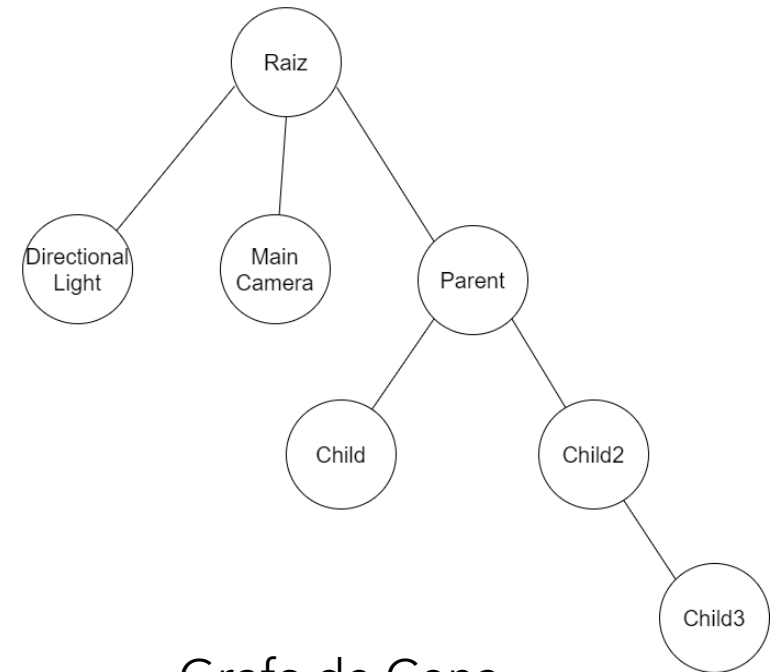
- *Unity*
 - Motor de jogos;
 - Compatível com várias linguagens de programação;
 - Grande comunidade;
 - Suporta desenvolvimento para múltiplas plataformas;
 - Compatibilidade com softwares de modelagem e múltiplos tipos de arquivos.

Materiais e Métodos

- *Unity*
 - Fornece organização da cena de forma hierárquica
 - Grafo de Cena



Painel de hierarquia



Grafo de Cena

Materiais e Métodos

- *Vuforia*
 - SDK mais usado de RA;
 - Fácil integração com o Unity;
 - Também suporta o desenvolvimento para múltiplas plataformas;
 - Fornece soluções para rastreamento óptico baseado em luz visível;
 - Rastreamento através de imagens, modelos 3D, superfícies e mapeamento de ambiente.



—

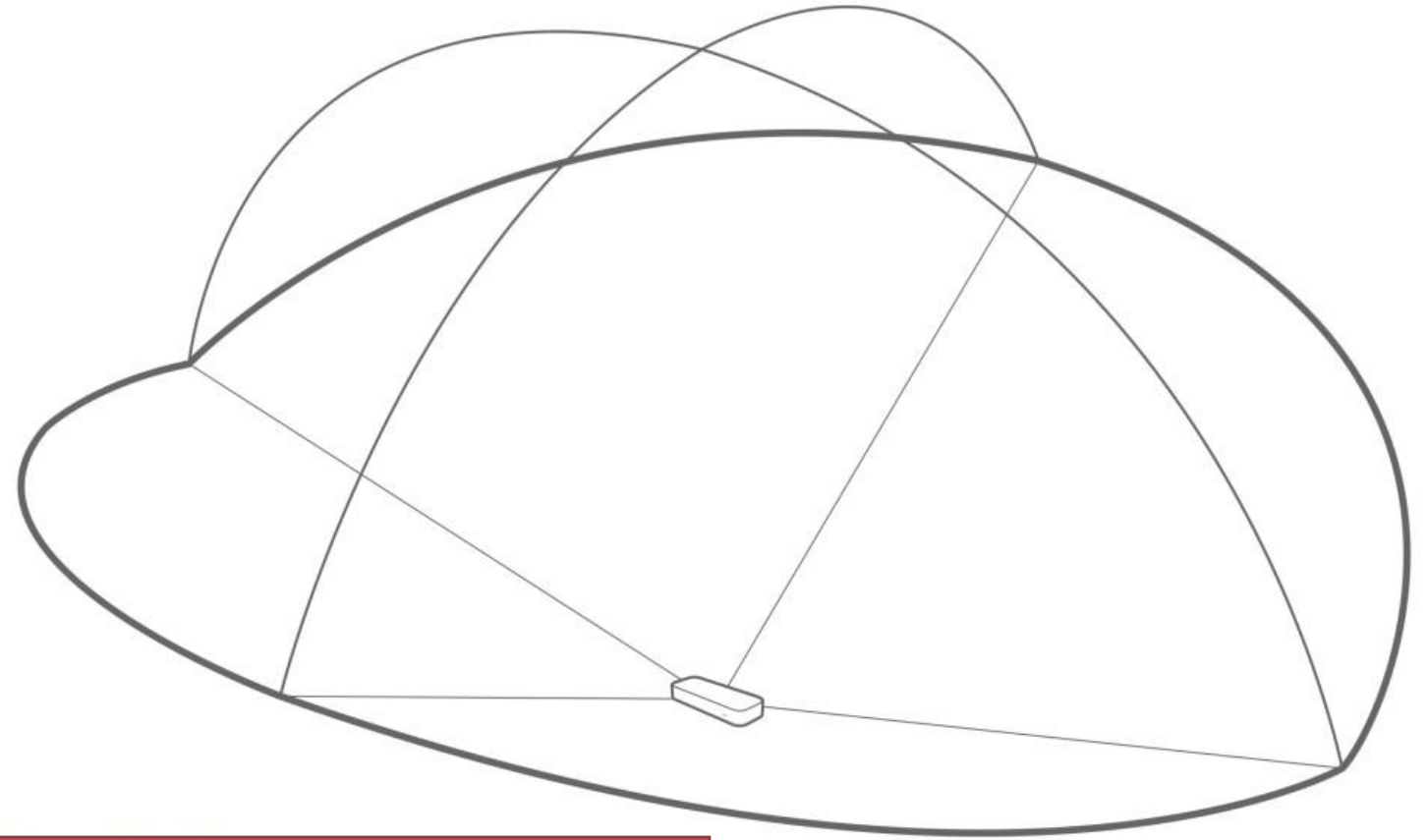
Materiais e Métodos

- *Leap Motion*
 - Sensor de profundidade;
 - Permite reconhecimento de gestos em uma região próxima ao usuário;
 - Possui 2 câmeras e 3 LEDs infravermelhos;
 - PROBLEMA: não há maneira de conectar diretamente ao *smartphone*.



Materiais e Métodos

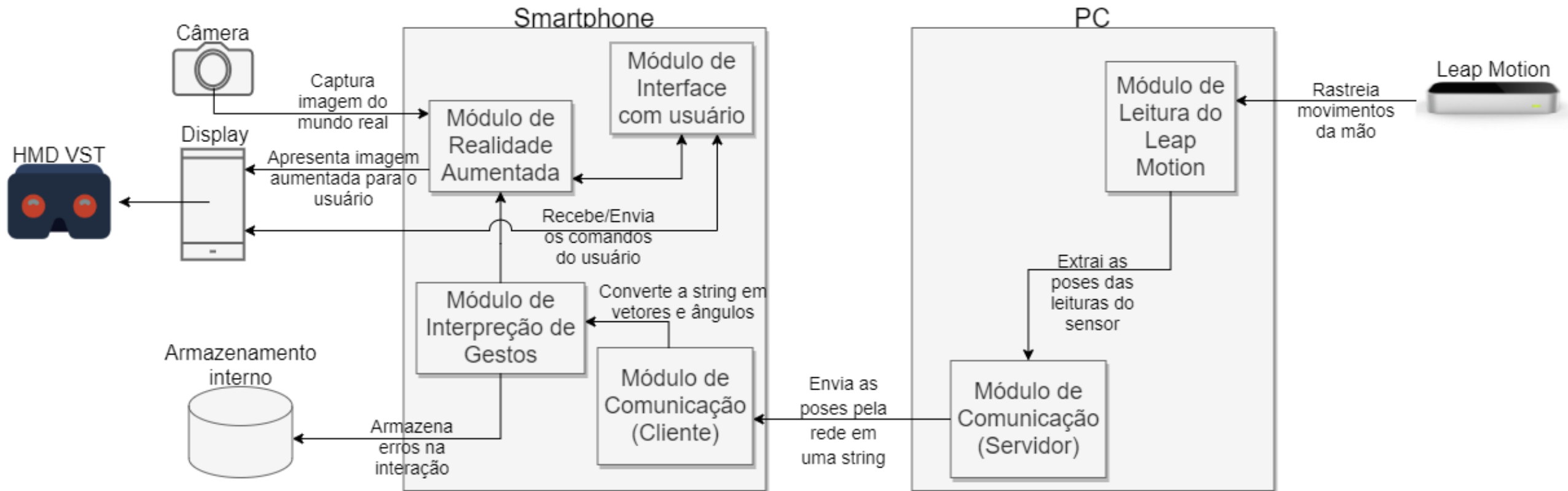
- *Leap Motion*
 - Pirâmide de cabeça para baixo;
 - Software trata as imagens e coleta as informações.



Área de Interação

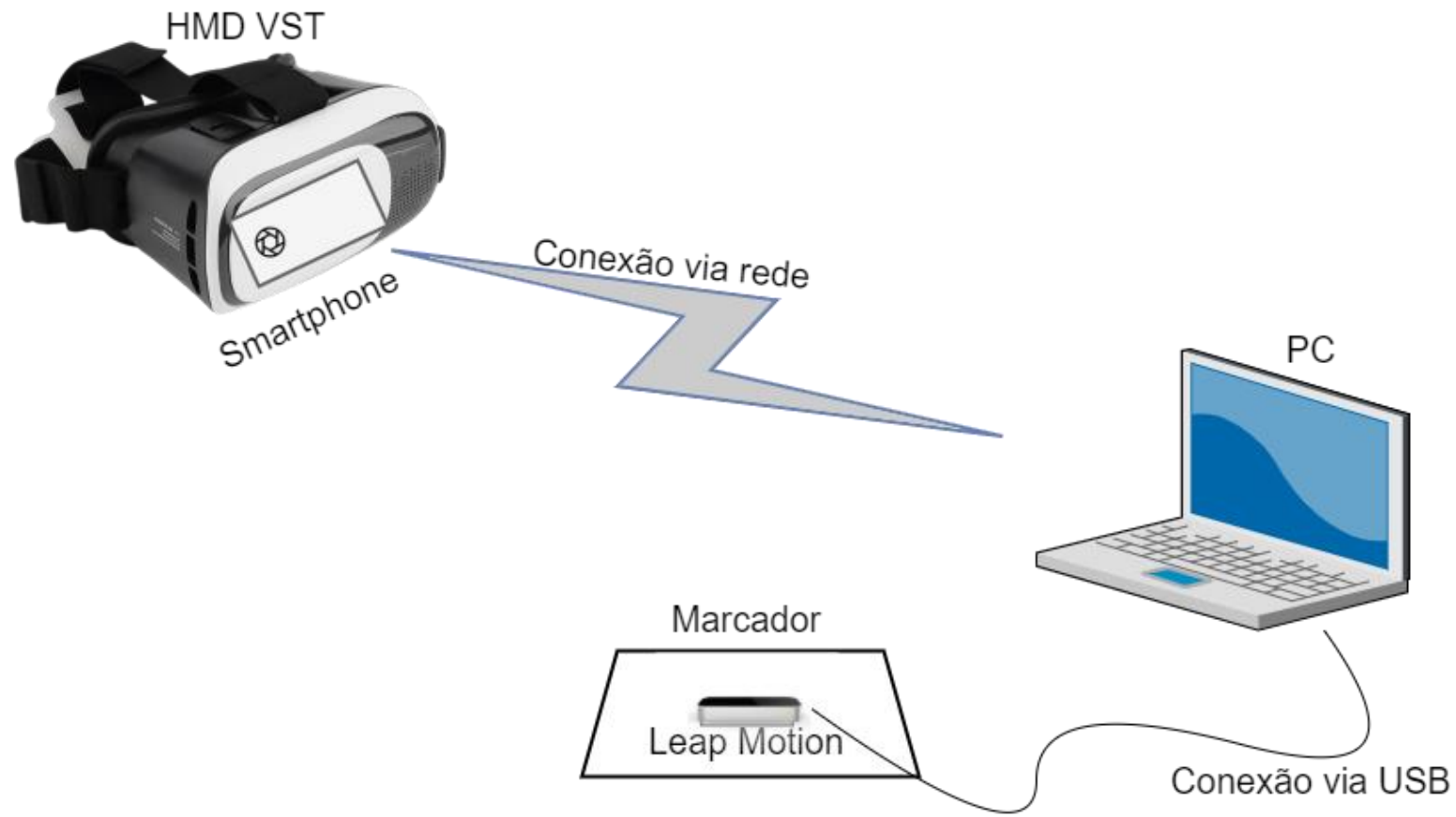
Materiais e Métodos

- Arquitetura Lógica



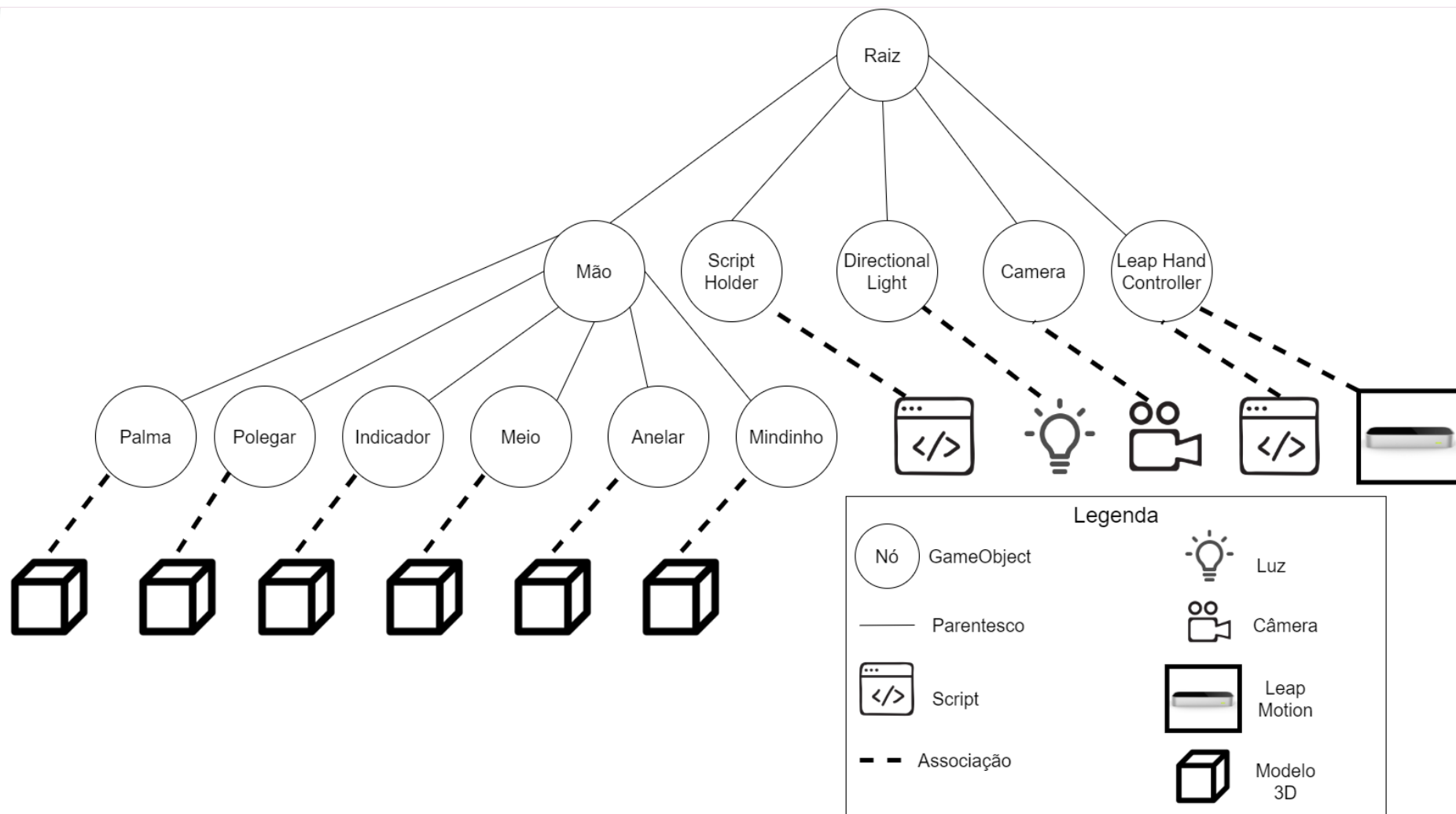
Materiais e Métodos

- Arquitetura Física



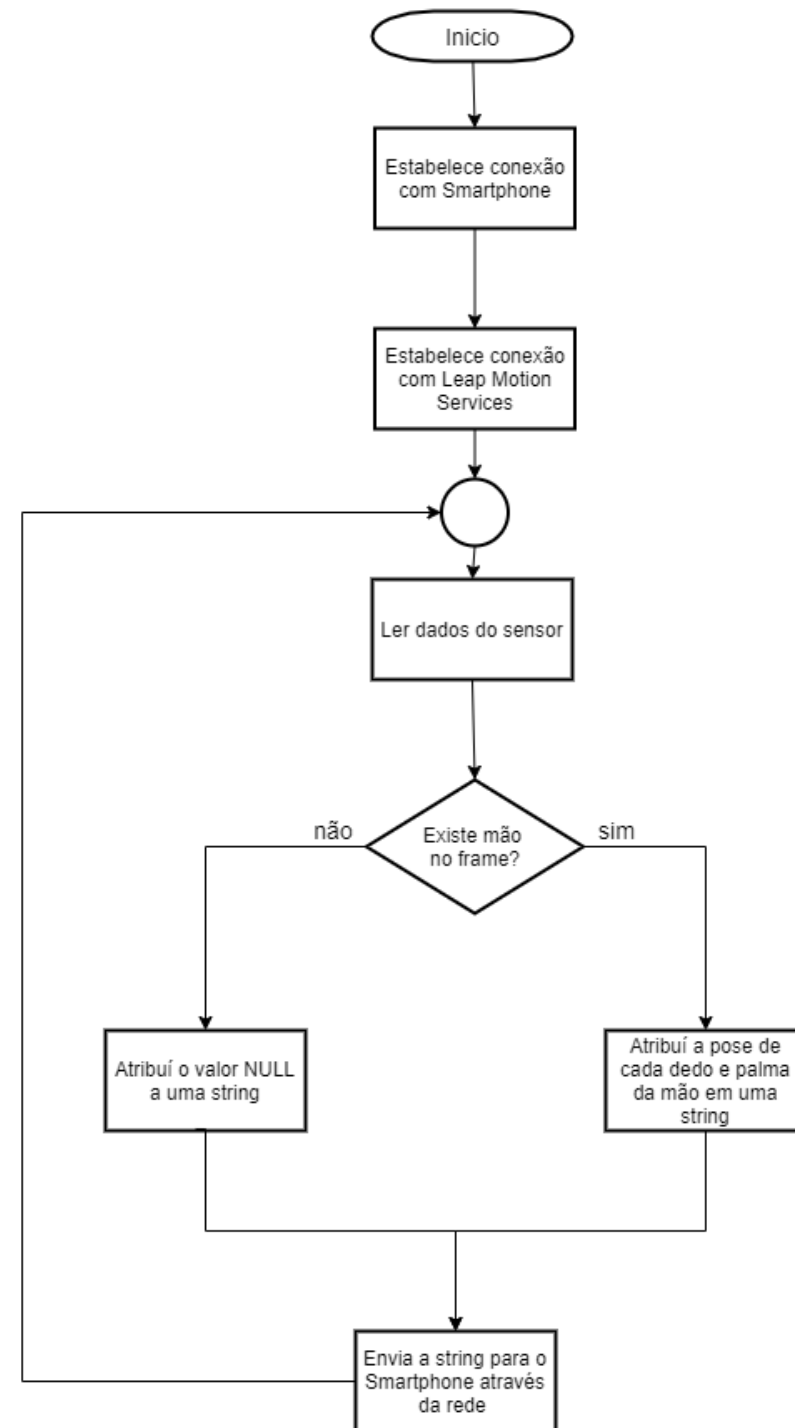
Materiais e Métodos

- Grafo de Cena do *LeapServer*



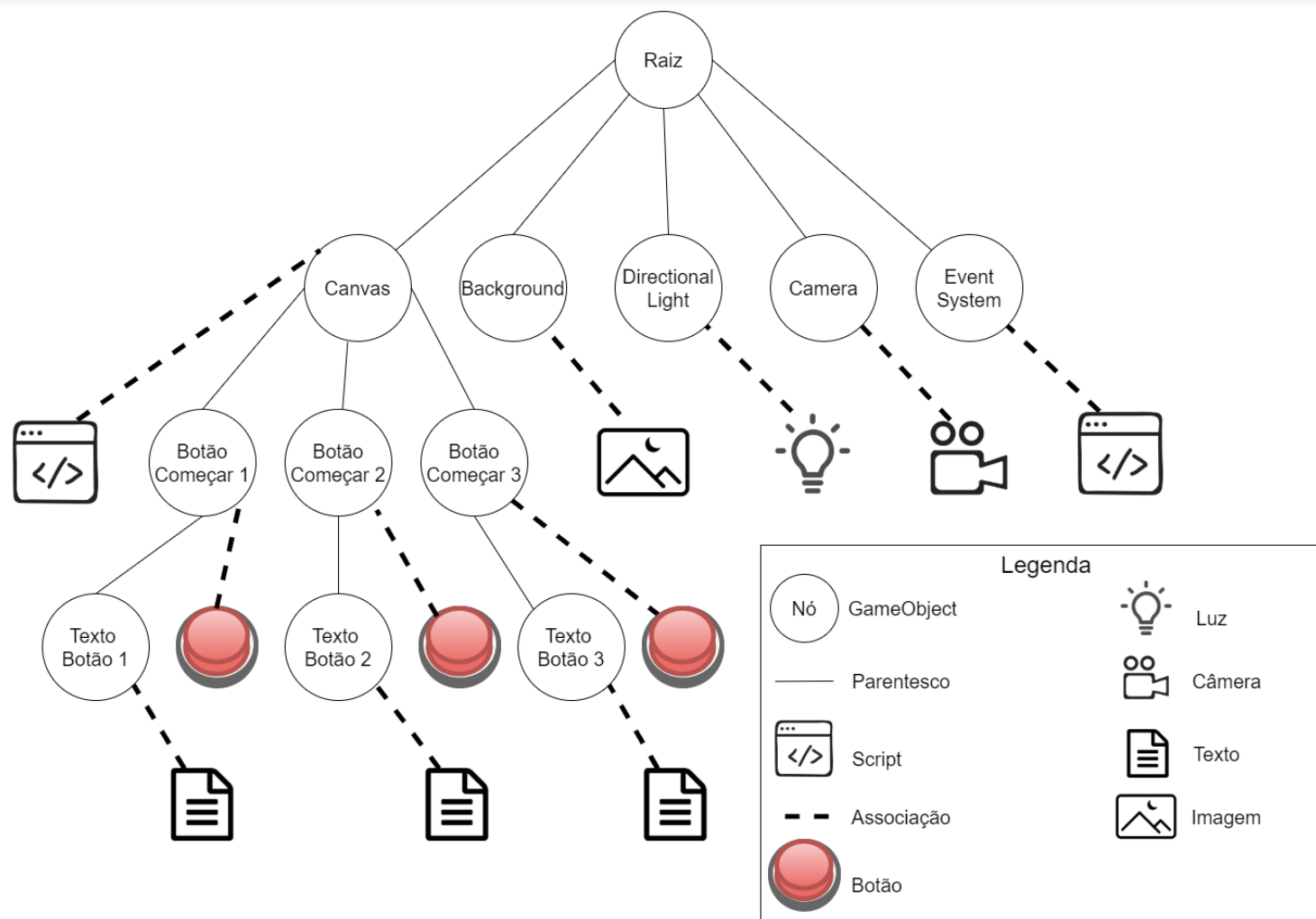
Materiais e Métodos

Fluxograma do *ServerVuforia2*



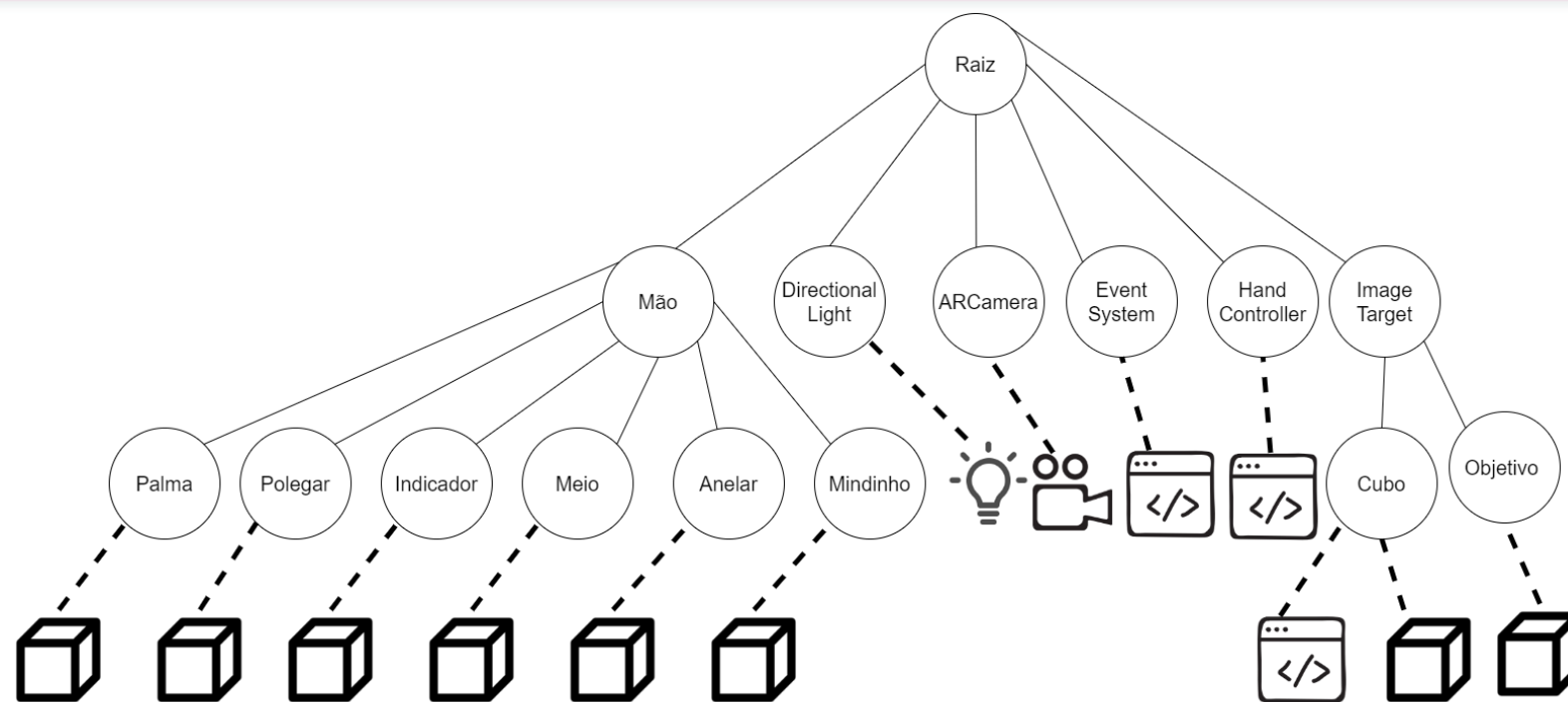
Materiais e Métodos

- Grafo de Cena do Menu Principal



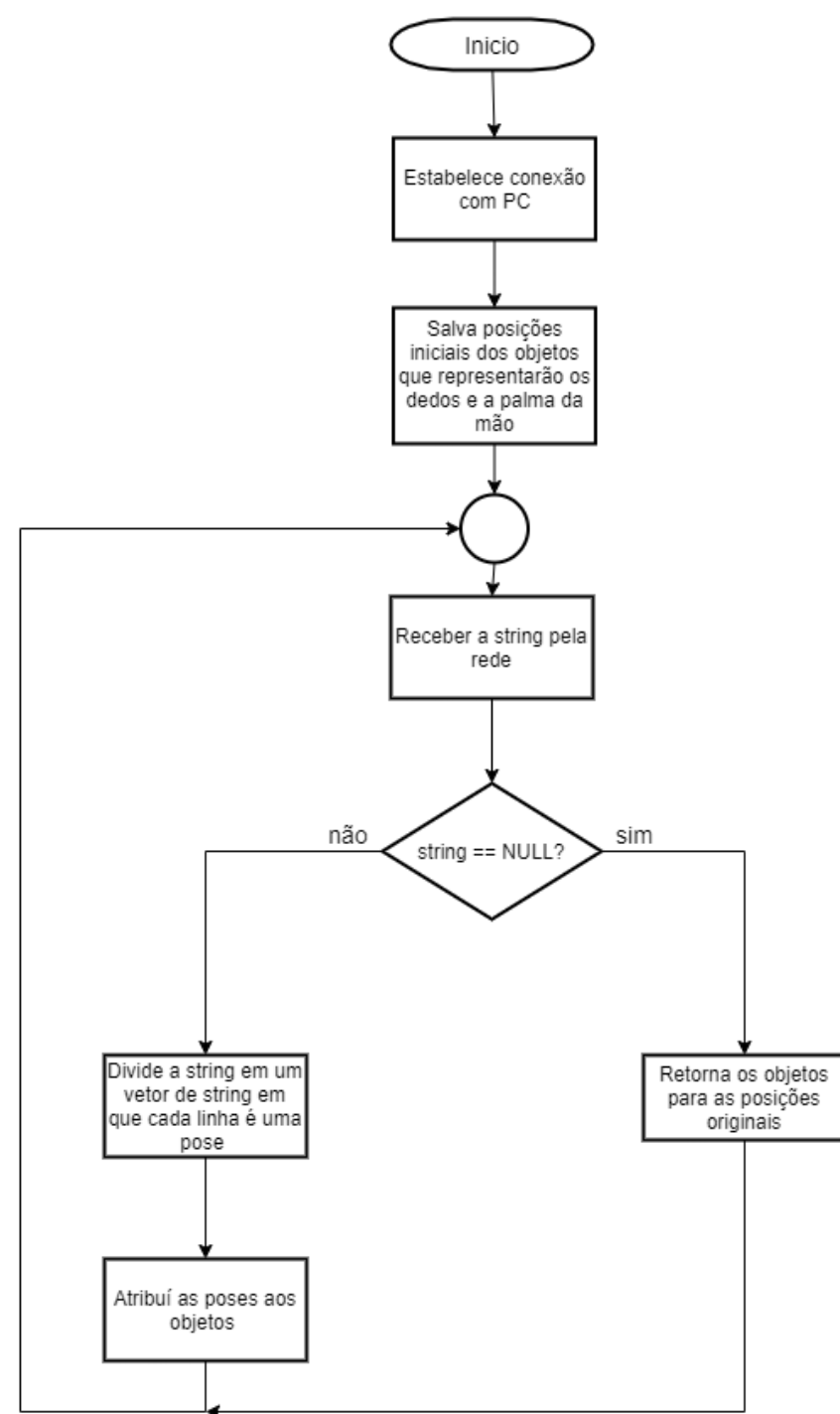
Materiais e Métodos

- Grafo de Cena do *LeapClient*



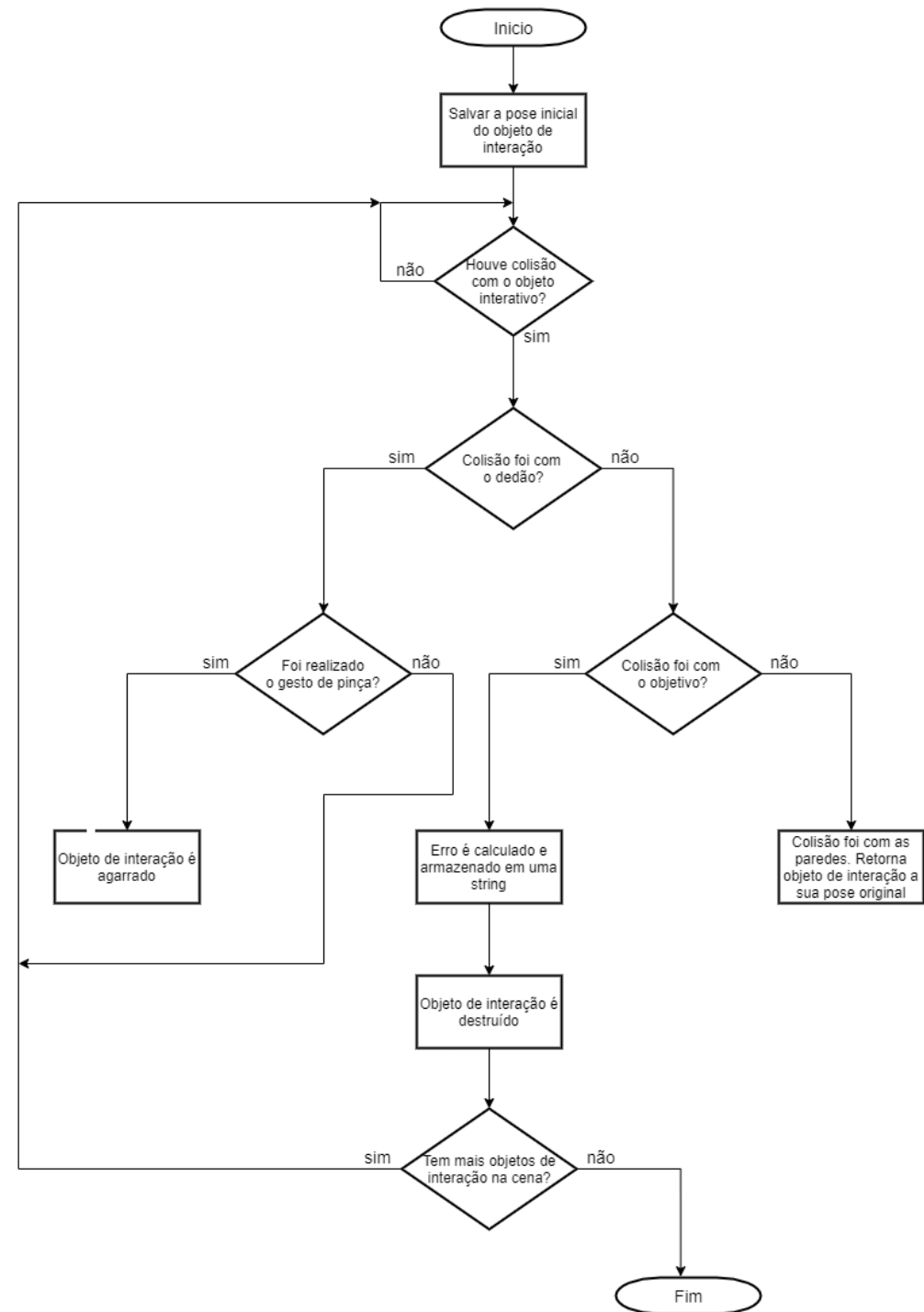
Materiais e Métodos

Fluxograma do ClientVuforia2



Materiais e Métodos

Fluxograma do *InteractionCube*

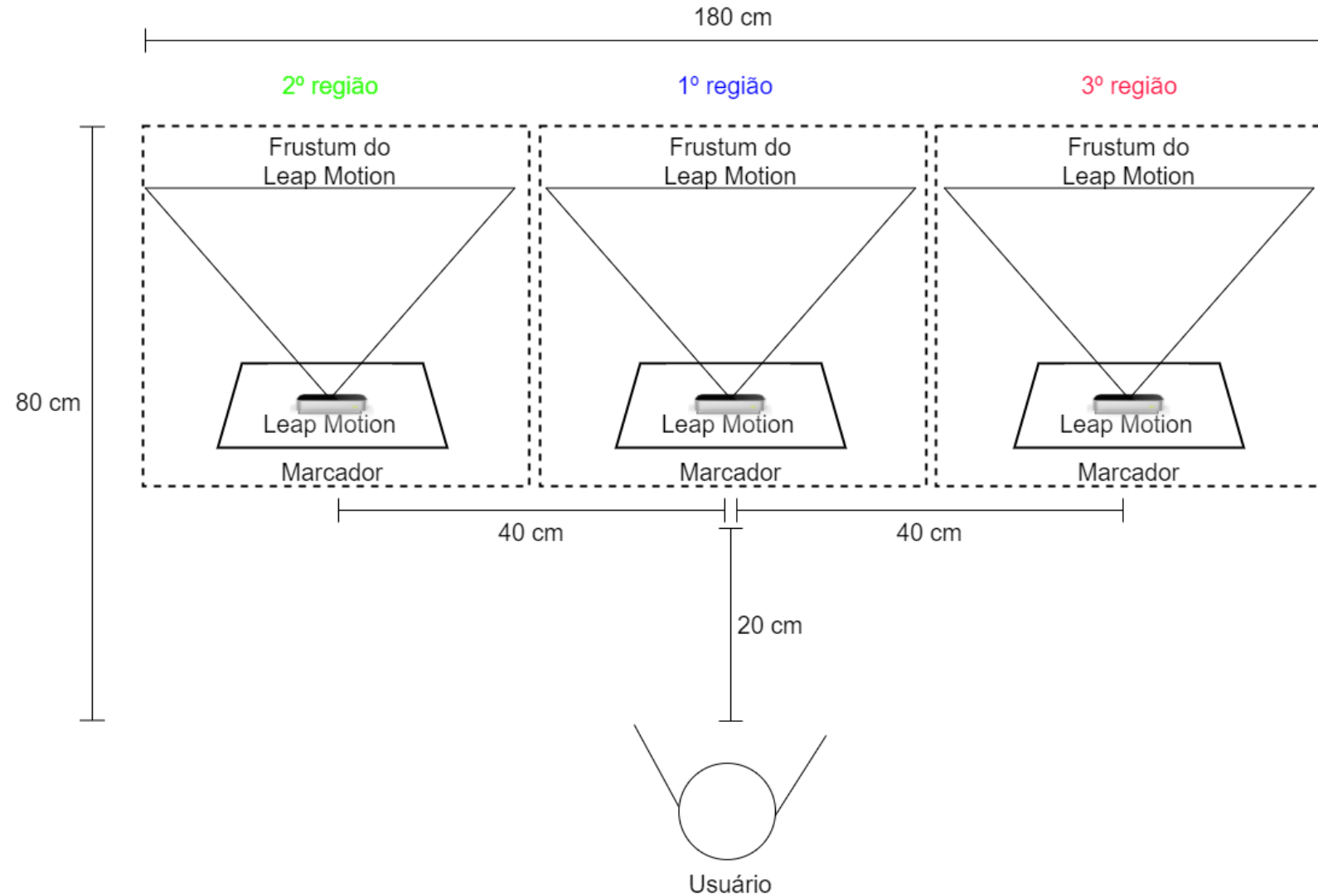




Experimentos e Análise dos Resultados

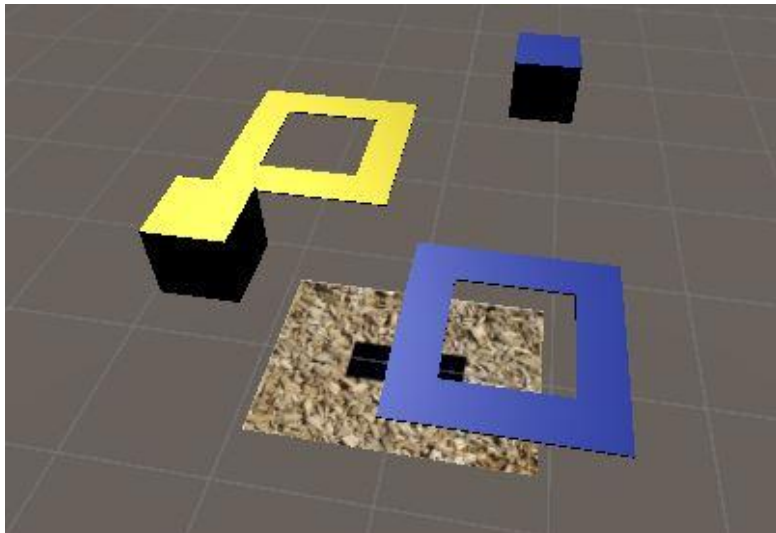
Experimentos e Análise dos Resultados

- 3 casos de teste
- 1 sessão = 5 testes
- 3 regiões
- Cada sessão é executada 7 vezes em cada região
- Volume de interação (L x P x A) = 180cm x 80cm x 60cm)

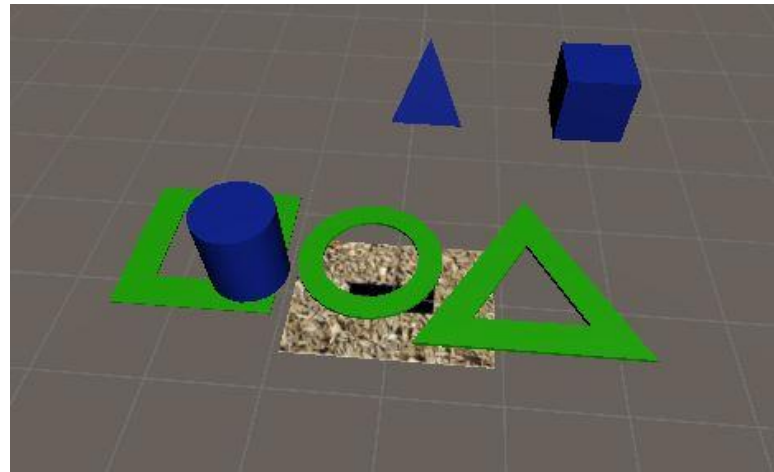


Experimentos e Análise dos Resultados

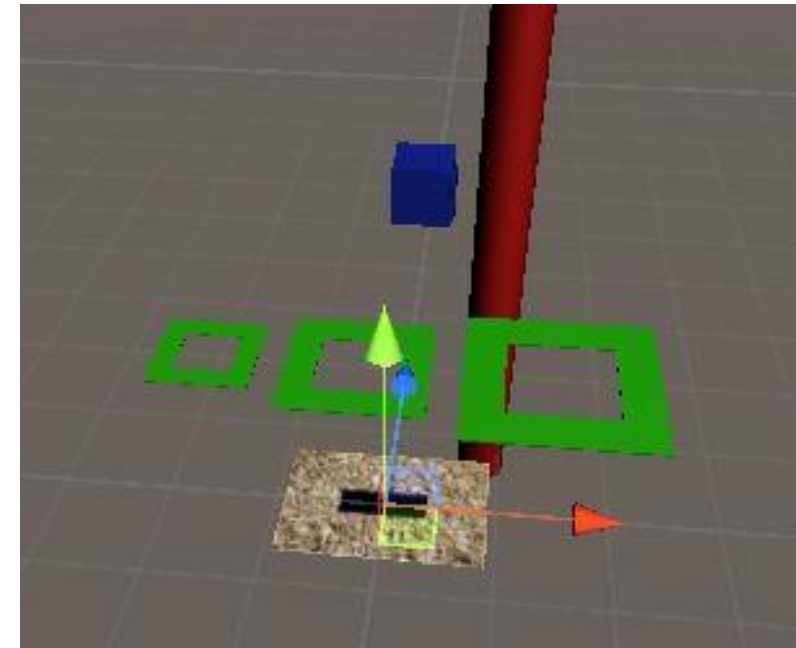
Casos de Teste:



Caso de Teste 1



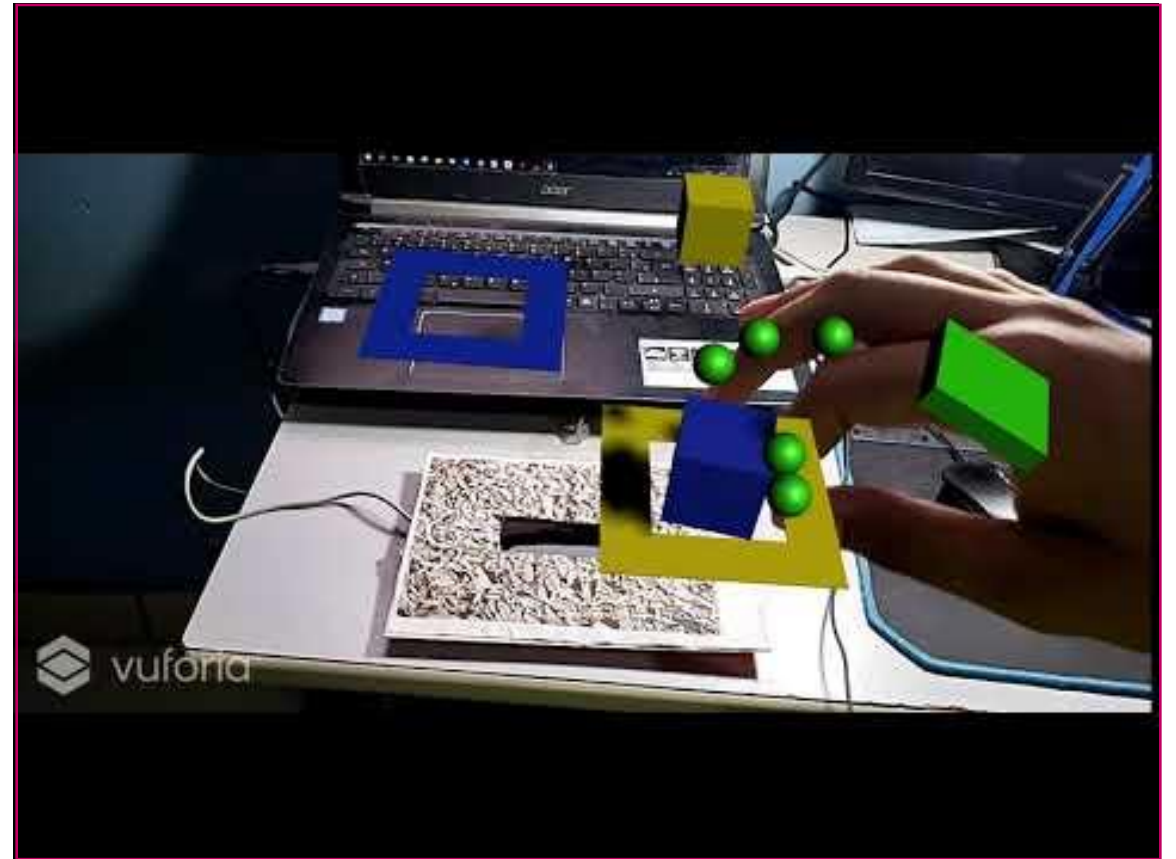
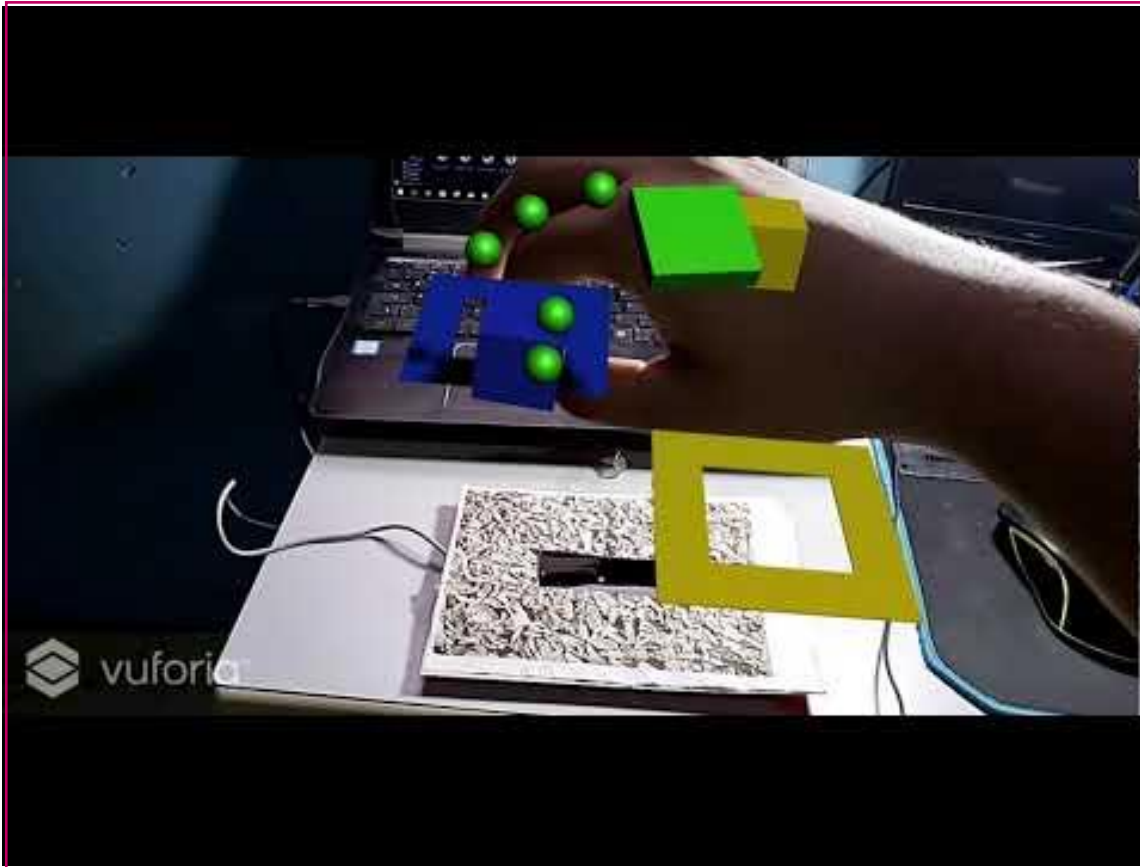
Caso de Teste 2



Caso de Teste 3

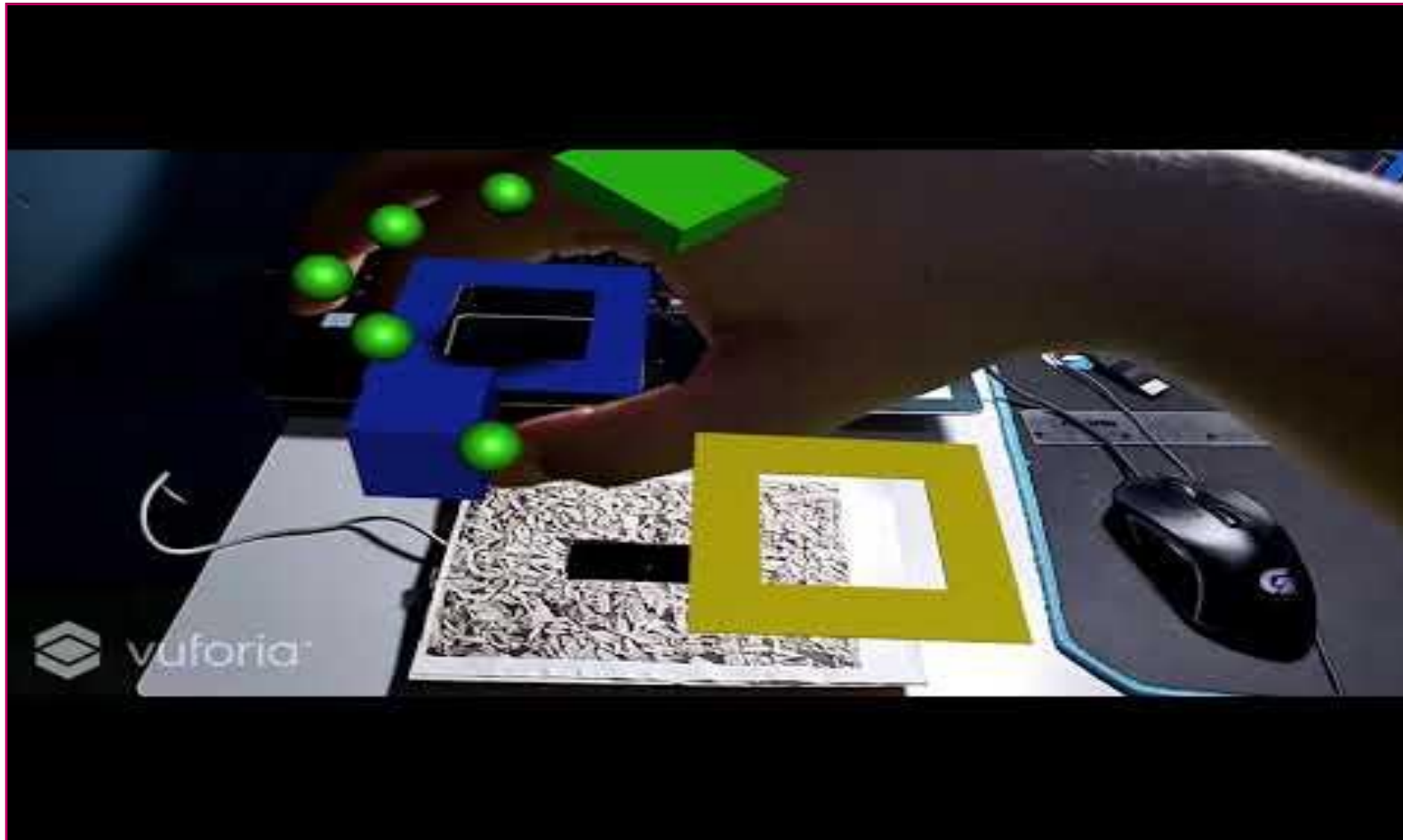
Experimentos e Análise dos Resultados

Demonstração dos erros:



Experimentos e Análise dos Resultados

Demonstração do Caso de Teste 1:



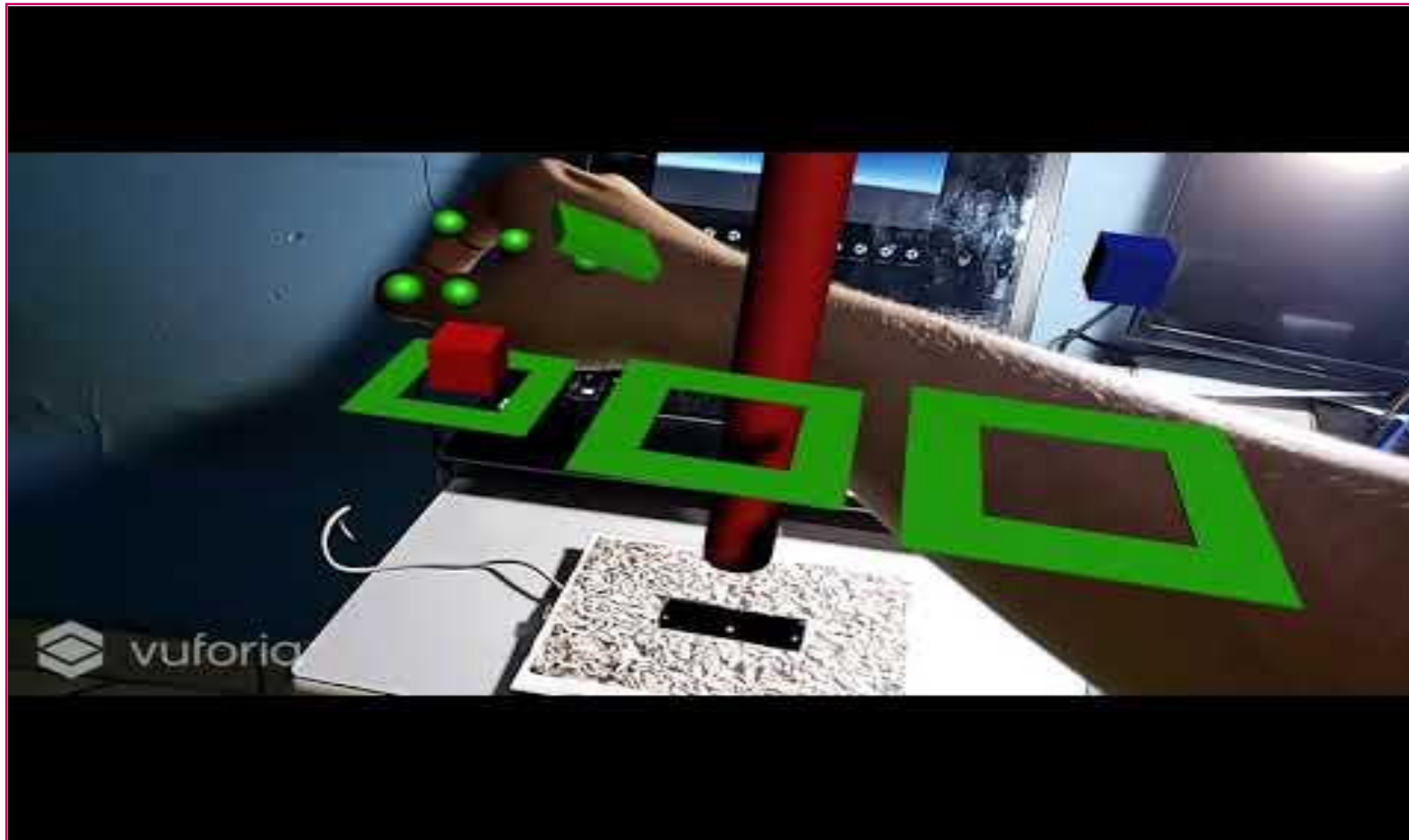
Experimentos e Análise dos Resultados

Demonstração do Caso de Teste 2:



Experimentos e Análise dos Resultados

Demonstração do Caso de Teste 3:



Experimentos e Análise dos Resultados

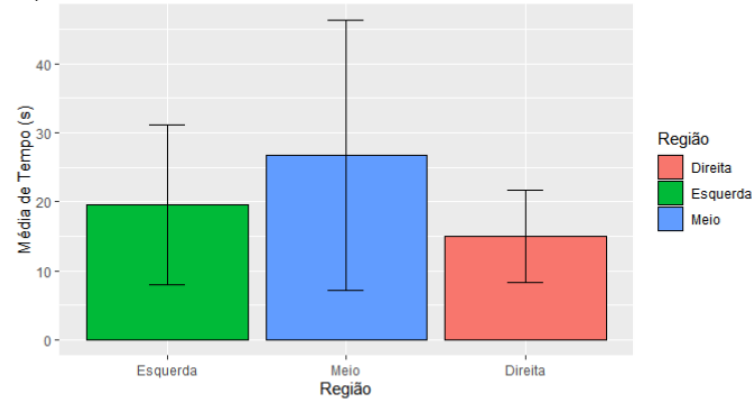
Medidas coletadas:

Medida	Descrição
DistanciaPinch	Ao realizar o gesto de pinça, grava a distância da mão ao objeto
Tempo	Tempo decorrido para concluir um teste
ErroDistanciaObjetivo	Distância do centro do objeto até o centro do alvo, ao acertá-lo
Erro de Alvo	Usuário tentou encaixar o objeto no alvo errado
Acerto de Parede	Usuário não fez o encaixe corretamente, porque acertou a parede
Acerto de Obstáculo	Usuário acerta um obstáculo
ContadordePinch	Quantidade de gesto de pinça realizadas pelo usuário

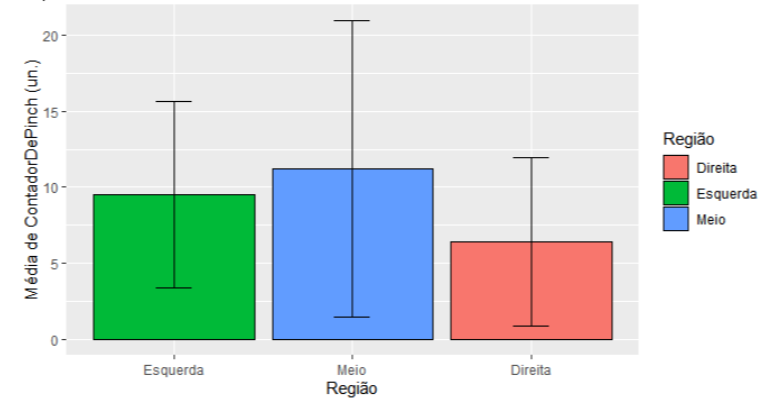
Experimentos e Análise dos Resultados

- Resultados do Caso 1:
 - Média do tempo e do número de gestos diminuiu conforme as regiões;
 - Posição do cubo azul melhor estimada;
 - Maior precisão na ação de encaixar na região do meio;
 - Maior acerto de paredes na região 2.

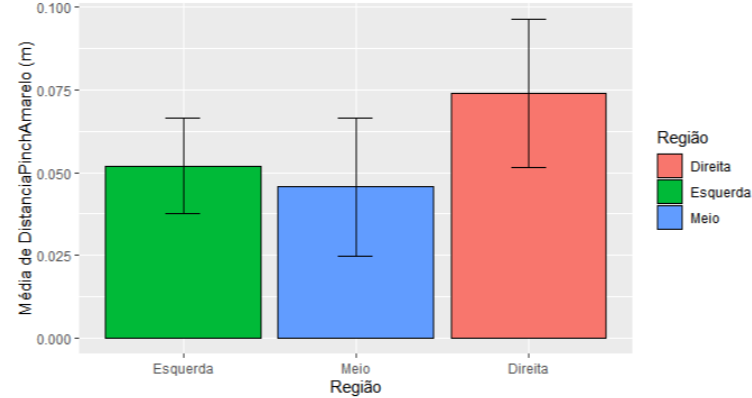
a) Média de Tempo em cada região do Caso de Teste 1



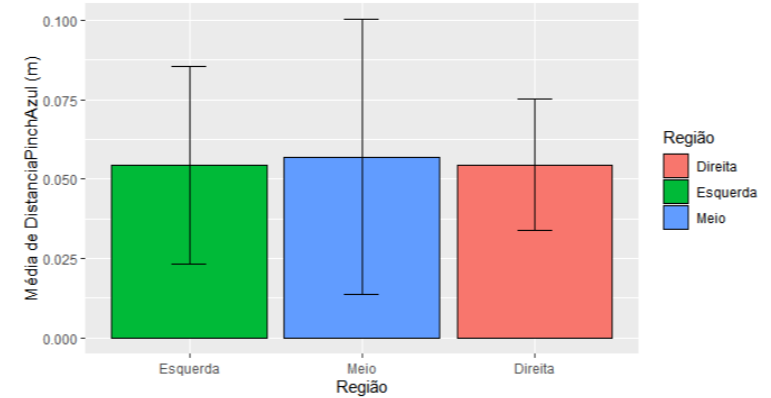
b) Média de ContadorDePinch em cada região do Caso de Teste 1



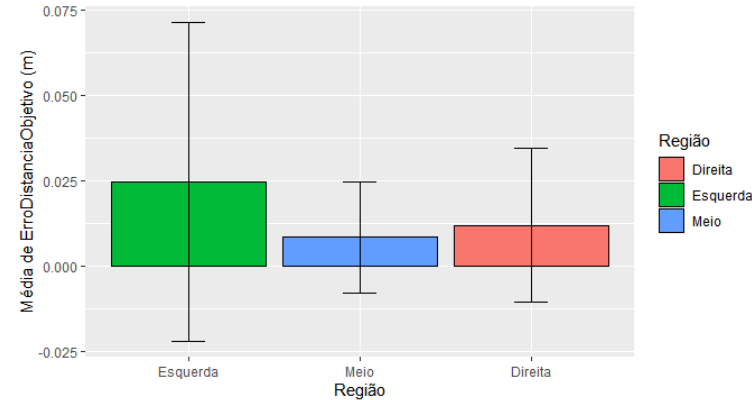
c) Média de DistanciaPinchAmarelo em cada região do Caso de Teste 1



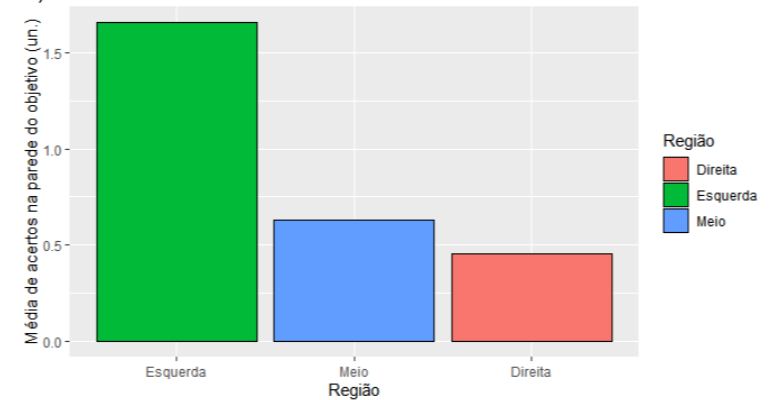
d) Média de DistanciaPinchAzul em cada região do Caso de Teste 1



e) Média de ErroDistanciaObjetivo em cada região do Caso de Teste 1



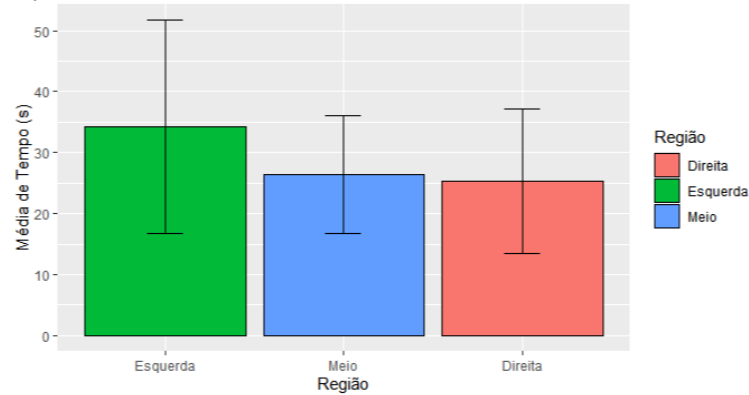
f) Média de acertos na parede do obj. em cada região do Caso de Teste 1



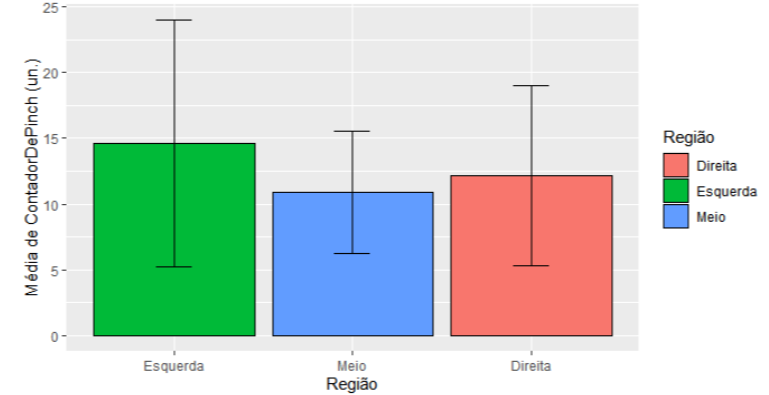
Experimentos e Análise dos Resultados

- Resultados do Caso 2:
 - Média de gestos e tempo se manteve estável ao longo das três regiões;
 - Poucas diferenças na precisão do usuário ao estimar a posição das três formas.

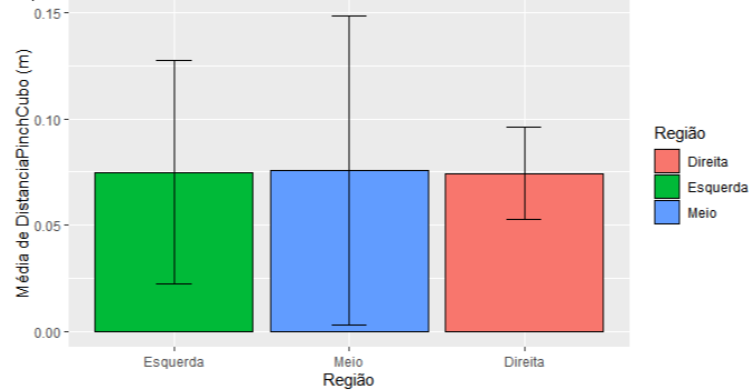
a) Média de Tempo em cada região do Caso de Teste 2



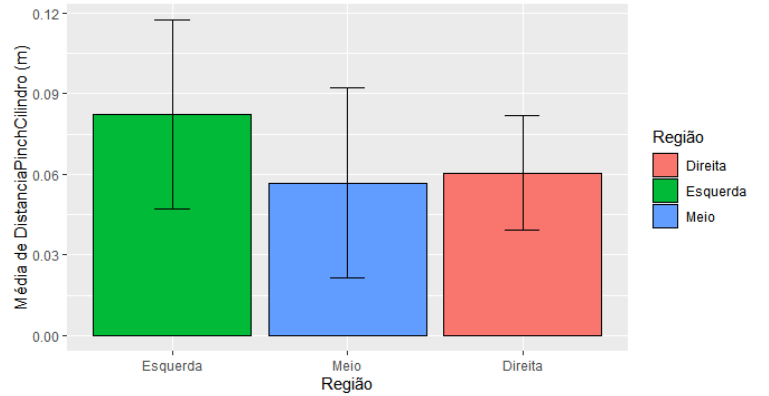
b) Média de ContadorDePinch em cada região do Caso de Teste 2



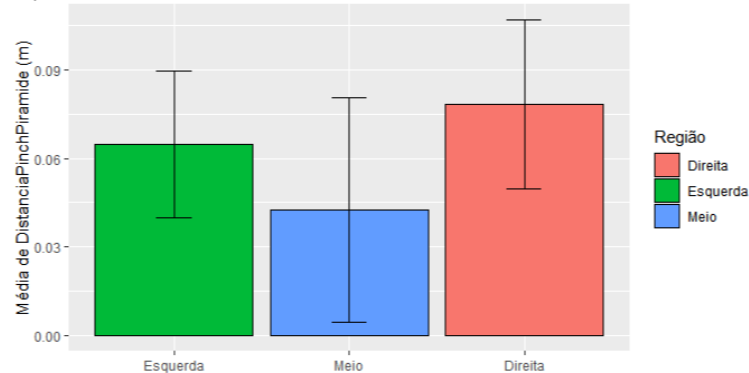
c) Média de DistanciaPinchCubo em cada região do Caso de Teste 2



d) Média de DistanciaPinchCilindro em cada região do Caso de Teste 2

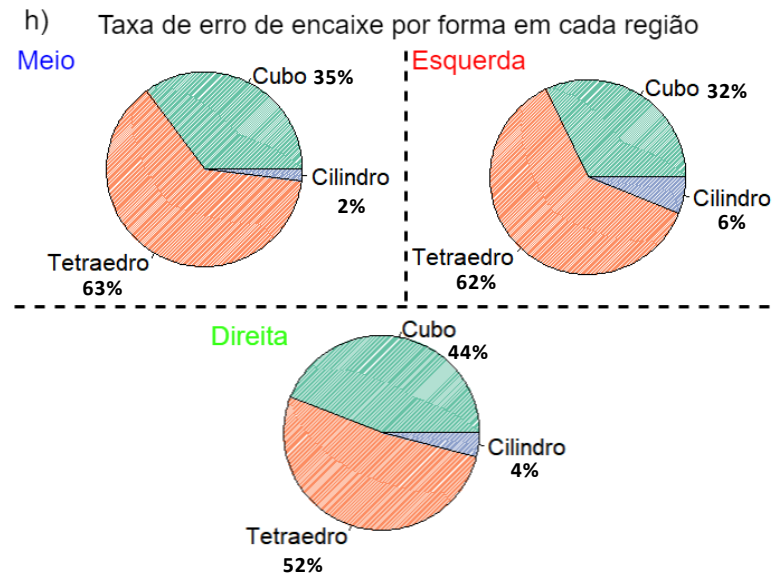
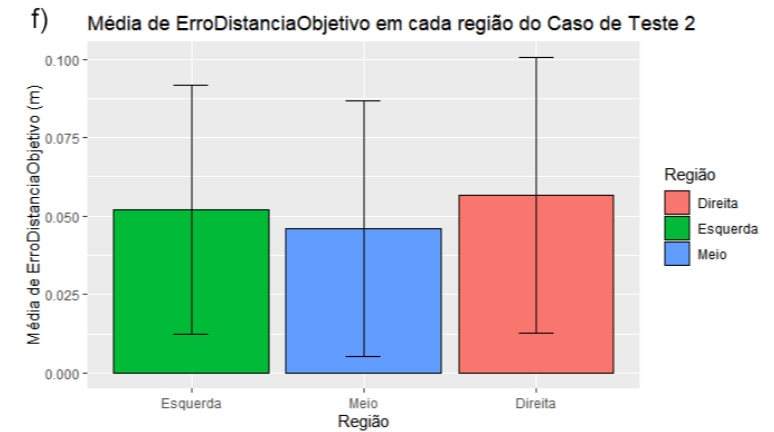
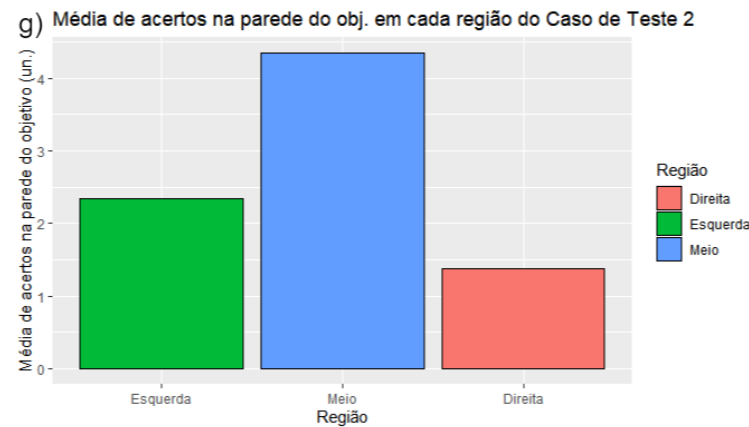


e) Média de DistanciaPinchTetraedro em cada região do Caso de Teste 2



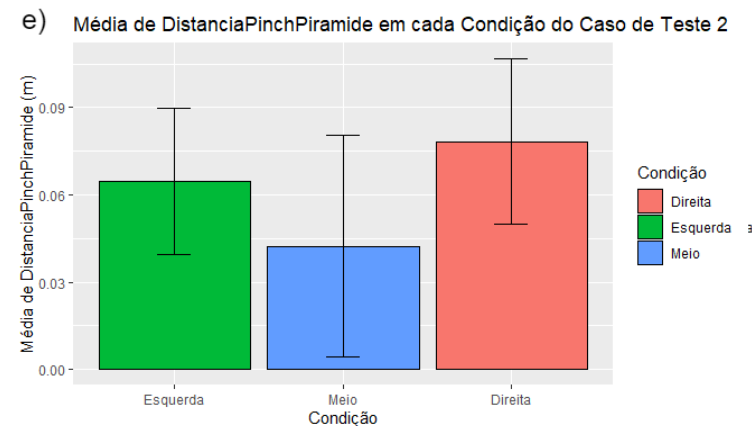
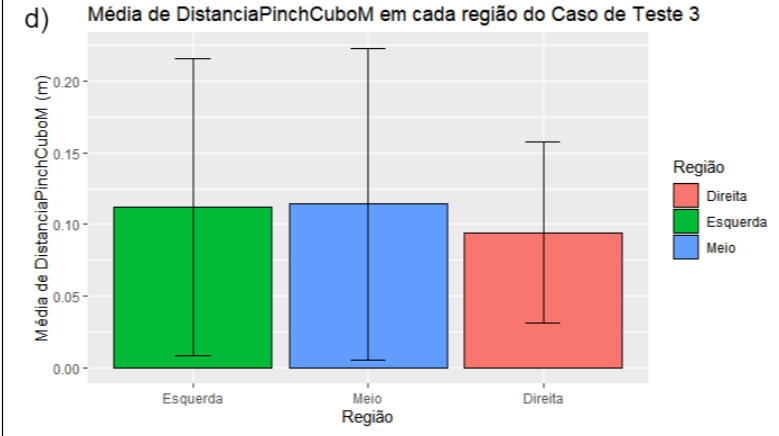
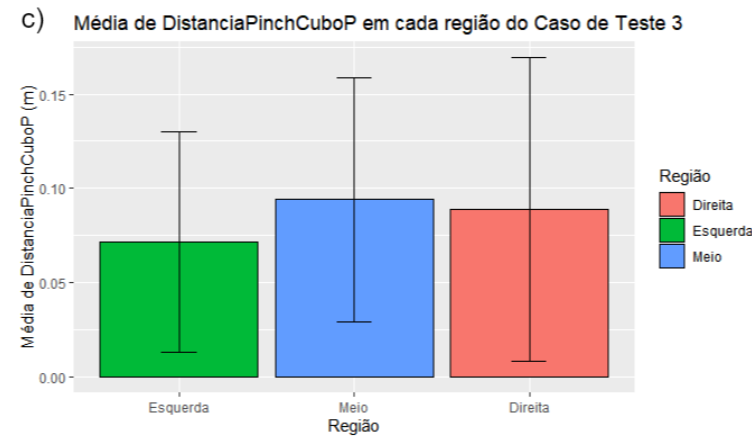
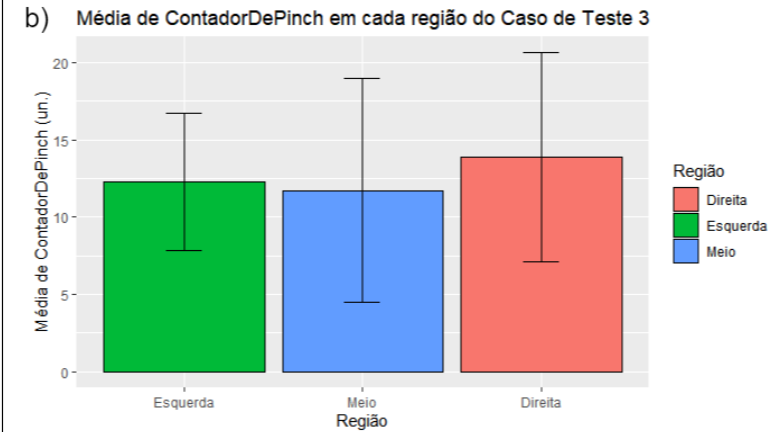
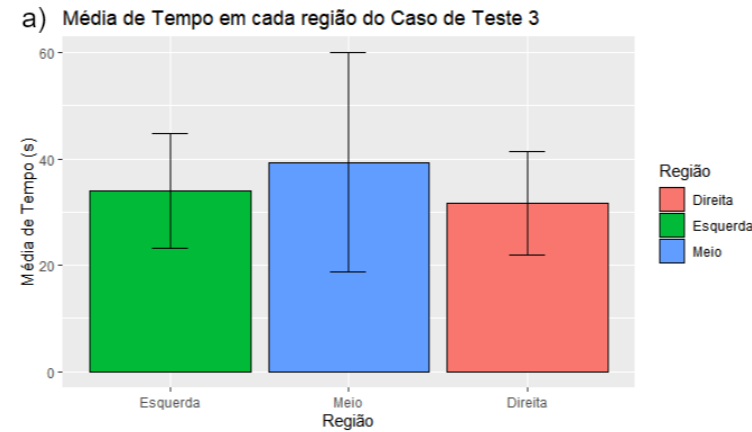
Experimentos e Análise dos Resultados

- Resultados do Caso 2:
 - Aumento das médias do erro de encaixe em relação ao experimento anterior;
 - Grande aumento no número de encaixes mal sucedidos;
 - Taxa de erro de encaixe do tetraedro é consideravelmente maior que a dos outros objetos;



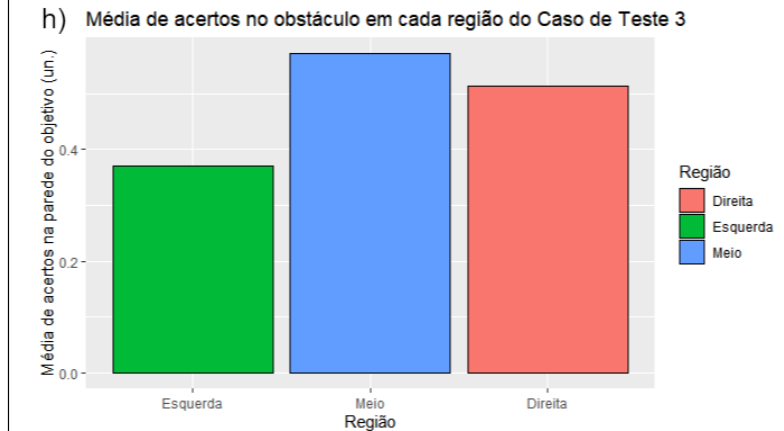
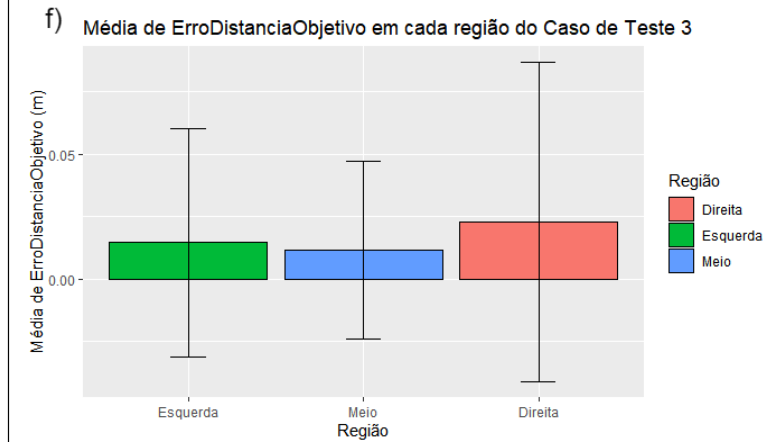
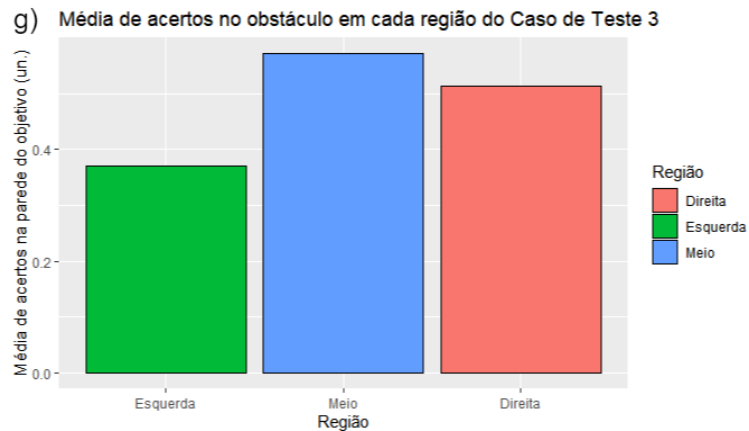
Experimentos e Análise dos Resultados

- Resultados do Caso 3:
 - Média uniforme de tempo ao longo das três regiões;
 - Mesmo com obstáculo, média de tempo não sofreu um grande aumento em relação ao experimento anterior;
 - Nenhuma grande diferença entre a estimação da posição dos diferentes cubos;



Experimentos e Análise dos Resultados

- Resultados do Caso 3:
 - Erro de encaixe com valores semelhantes ao primeiro experimento;
 - Valores baixos de acertos no obstáculo e nas paredes.

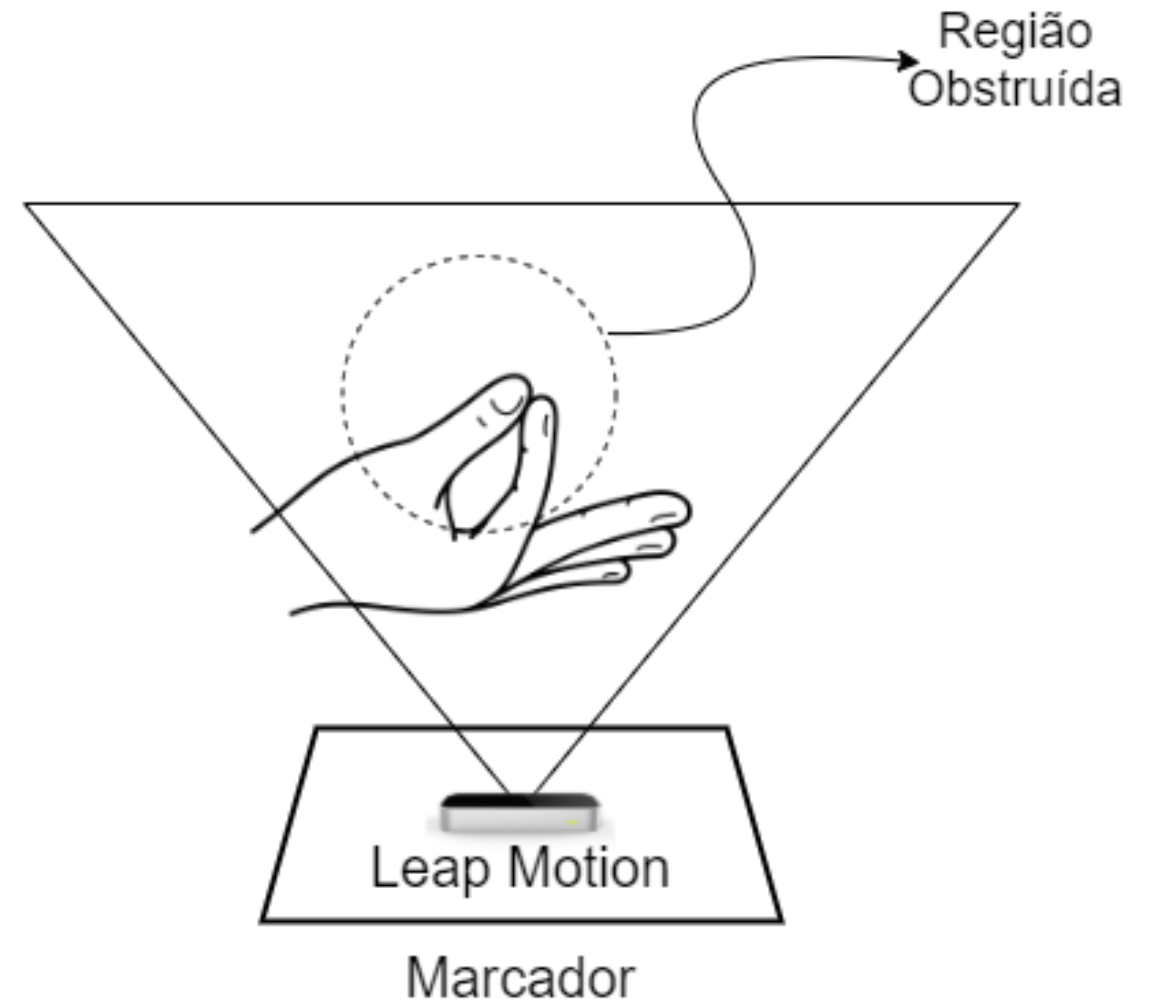


Experimentos e Análise dos Resultados

- Discussão:
 - No trabalho de Ballestin, Solari e Chessa (2018), houveram erros de 28 cm sem feedback e 18cm com feedback;
 - Ping, Liu e Weng (2019) obtiveram medidas variando de 10 a 20cm;
 - Enquanto que nesse trabalho erros variaram de 5 a 12cm. Porém são resultados distantes dos obtidos no uso de HMDs OST (1cm).
 - Concordância entre todos os trabalhos que quanto maior a distância, menos preciso é a percepção de profundidade.

Experimentos e Análise dos Resultados

- Limitações:
 - Sacrifício da mobilidade do *smartphone*;
 - Impossibilidade de rotacionar os objetos em certos eixos devido a posição do *Leap Motion*;





Conclusão



Conclusão

- Foram identificadas as principais dificuldades no desenvolvimento de aplicações de RA usando HMDs baseados em *smartphones*;
- Foi criado um ambiente experimental capaz de reconhecer gestos;
- Foi concluído que o uso desses HMDs são mais adequados para aplicações que não exijam alta precisão;

Conclusão

- Trabalhos Futuros:
 - Utilização de smartphones com sensor de profundidade embutido, viabilizando uma aplicação móvel;
 - A investigação de HMDs OST baseados em *smartphone* e comparação entre as duas modalidades.
 - A integração de mais gestos e maior complexidade nesses gestos e interações.
 - A realização de uma avaliação qualitativa; e
 - O estudo da aceitação social desse tipo de HMD.

Referências

- AZUMA, R. T. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, MIT Press, v. 6, n. 4, p. 355-385, 1997.
- BALLESTIN, G.; SOLARI, F.; CHESSA, M. Perception and action in peripersonal space: A comparison between video and optical see-through augmented reality devices. In: IEEE. 2018 IEEE *International Symposium on Mixed and Augmented Reality Adjunct (ISMAR-Adjunct)*. [S.l.], 2018. p. 184-189.
- BATMAZ, A. U.; MACHUCA, M. D. B.; PHAM, D. M.; STUERZLINGER, W. Do head-mounted display stereo deficiencies affect 3d pointing tasks in ar and vr? In: IEEE. 2019 IEEE *Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. [S.l.], 2019. p. 585-592.
- BILLINGHURST, M.; CLARK, A.; LEE, G. et al. A survey of augmented reality. *Foundations and Trends® in Human-Computer Interaction*, Now Publishers, Inc., v. 8, n. 2-3, p. 73-272, 2015.
- JIMÉNEZ, S. *Physical Interaction in augmented environments*. [S.l.]: sl: Gjøvik University College, 2014.

Referências

- KIYOKAWA, K. Head-mounted display technologies for augmented reality. *Fundamentals of Wearable Computing and Augmented Reality*, CRC Press, p. 59-84, 2015.
- NACERI, A.; CHELLALI, R.; HOINVILLE, T. Depth perception within peripersonal space using head-mounted display. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, MIT Press, v. 20, n. 3, p. 254-272, 2011.
- PING, J.; LIU, Y.; WENG, D. Comparison in depth perception between virtual reality and augmented reality systems. In: IEEE. *2019 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR)*. [S.l.], 2019. p. 1124-1125.
- PLOPSKI, A.; MOSER, K. R.; KIYOKAWA, K.; SWAN, J. E.; TAKEMURA, H. Spatial consistency perception in optical and video see-through head-mounted augmentations. In: IEEE. *2016 IEEE Virtual Reality (VR)*. [S.l.], 2016. p. 265-266.