

Evolução dos Hardwares de Entrada e Saída para cenários XR

João Estevão Schlemm Costa

Realidade Aumentada e Virtual
Professor Marcelo da Silva Hounsell
03/05/2025

Objetivo

Apresentar histórico recente e a evolução das tecnologias de hardware de Entrada (INPUT-5), Saída (OUTPUT-4) para XR através do detalhamento e caracterização dos dispositivos.

Dispositivos Entrada

INPUT-5 Mãos

Lista Atual

- a. Data Glove + PowerGlove
- b. Luva Eletro-tátil
- c. Cyber Grasp
- d. SenseGlove Nova
- e. Emerge Wave-1
- f. Ultraleap Stratos
- g. Tap Strap
- h. Myo Armband
- i. Leap Motion

Extras

- 1. Manus Prime II [VR Glove]
- 2. CaptoGlove
- 3. Plexus VR Glove
- 4. Hi5 VR Glove [Noitom]
- 5. StretchSense MoCap Pro
- 6. VRfree Glove [Sensoryx]

Dispositivos Entrada

Luvas de Dados (Data Glove) & PowerGlove (Nintendo)



Parâmetro	Descrição
O que captura	Posição, movimento dos dedos, inclinação (limitada), pressão em modelos avançados
DOF	5-22 graus (varia conforme modelo; PowerGlove: 2-3 DOF por dedo, limitada)
Princípio	Flex sensors (resistivos), acelerômetros, sensores ópticos (em versões mais modernas)
Fonte dos Dados	Mão e dedos
Modo	Entrada (PowerGlove: entrada); algumas Data Gloves: háptico opcional
Controle	Natural (gestos/posturas), biomecânico (posição dos dedos)
Referencial	Absoluto (alguns modelos), relativo (PowerGlove, por posição inicial)
Latência	Média-alta (PowerGlove: ~100 ms, Data Glove: depende do modelo)
Volume de trabalho	Luva de tecido flexível, leve (<200g), alcance mãos
Lançamento/Status	PowerGlove: 1989, descontinuado; Data Glove: desde 1980, ainda há modelos atuais
Venda/Custo	PowerGlove: não, Data Glove: difícil/no Brasil, US\$1.000–US\$10.000
Limitações	Baixa precisão, lag, desconforto, calibragem complexa, pouca compatibilidade

Dispositivos Entrada

Luva Eletro-tátil

Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento dos dedos, pressão, posição (em alguns casos), além de gerar estímulo tátil
DOF	5-10 DOF (varia conforme modelo/projeto)
Princípio	Estimulação elétrica da pele (tátil), sensores resistivos, IMUs
Fonte dos Dados	Mão e dedos
Modo	Entrada e háptico
Controle	Natural (gestos/postura), biomecânico (posição/pressão)
Referencial	Geralmente relativo
Latência	Baixa-média (<50 ms em projetos recentes)
Volume de trabalho	Luva leve (<150g), limitada à mão
Lançamento/Status	Em pesquisa; protótipos, poucos comerciais
Venda/Custo	Não disponível comercialmente no Brasil
Limitações	Conforto, calibragem, segurança elétrica, baixa resolução tátil

Dispositivos Entrada

Cyber Grasp



Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento dos dedos, força aplicada, posição
DOF	5-10 (força individual por dedo)
Princípio	Exoesqueleto mecânico com atuadores, sensores de posição
Fonte dos Dados	Mão e dedos
Modo	Entrada e háptico (feedback de força)
Controle	Natural (gestos), biomecânico (força/posição)
Referencial	Absoluto
Latência	~20-30 ms (segundo documentação)
Volume de trabalho	Exoesqueleto rígido, ~500g, limitado à mão
Lançamento/Status	Desde 2000, ativo em pesquisa
Venda/Custo	Não disponível no Brasil, US\$10.000+
Limitações	Custo elevado, desconforto, tamanho, precisa de base fixa

Dispositivos Entrada

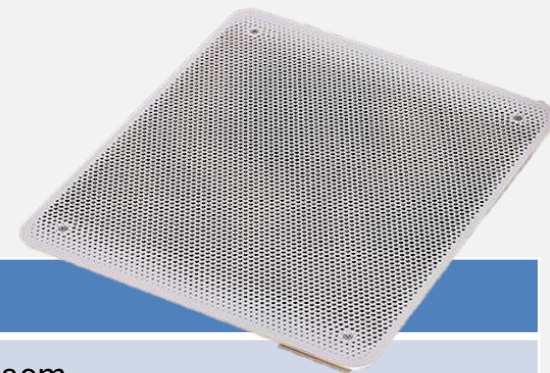
SenseGlove Nova



Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento dos dedos, posição, força, pressão
DOF	Até 20 (4 por dedo, palma, força)
Princípio	Sensores flexíveis, atuadores de resistência/força, IMUs
Fonte dos Dados	Mão e dedos
Modo	Entrada e háptico
Controle	Natural, biomecânico
Referencial	Absoluto
Latência	~20-30 ms
Volume de trabalho	Leve (~300g), adaptável à maioria das mãos
Lançamento/Status	2021, ativo
Venda/Custo	Não oficialmente no Brasil, US\$5.000-6.000
Limitações	Custo, curva de aprendizado, ainda não portátil totalmente

Dispositivos Entrada

Emerge Wave-1



Parâmetro	Descrição
O que captura	Não captura dados; gera sensação tátil no ar via ultrassom
DOF	N/A (feedback em múltiplos pontos simultâneos)
Princípio	Ultrassom focalizado
Fonte dos Dados	Mãos (feedback no espaço)
Modo	Só háptico (feedback), não entrada
Controle	N/A
Referencial	Absoluto
Latência	Muito baixa (<10 ms)
Volume de trabalho	Pequeno, ~30x30x30cm, peso ~700g
Lançamento/Status	2022, ativo
Venda/Custo	Não disponível no Brasil, ~US\$500
Limitações	Alcance limitado, sem captura de movimento, sensação limitada

Dispositivos Entrada

Ultraleap Stratos



Parâmetro	Descrição
O que captura	Não captura, apenas gera sensação tátil aérea
DOF	N/A (múltiplos pontos de feedback)
Princípio	Ultrassom focalizado
Fonte dos Dados	Mãos
Modo	Só háptico
Controle	N/A
Referencial	Absoluto
Latência	Muito baixa
Volume de trabalho	~30x30x15cm, peso ~1kg
Lançamento/Status	2020, ativo
Venda/Custo	Não disponível no Brasil, ~US\$1.000-2.000
Limitações	Alcance, intensidade tátil limitada, exige controle externo (ex: Leap Motion)

Dispositivos Entrada

Tap Strap



Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento, toque, gestos
DOF	5 (um por dedo)
Princípio	IMUs (acelerômetros/giroscópios) em cada dedo
Fonte dos Dados	Mão e dedos
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos, toques)
Referencial	Relativo
Latência	Baixa (~20 ms)
Volume de trabalho	Leve (~100g), ambidestro
Lançamento/Status	2018, ativo
Venda/Custo	Não oficial no Brasil, ~US\$200-250
Limitações	Curva de aprendizado, precisão limitada, poucos aplicativos compatíveis

Dispositivos Entrada

Myo Armband



Parâmetro	Descrição
O que captura	Sinais mio elétricos (EMG), movimento, orientação, gestos
DOF	8 canais EMG + 9 DOF (IMU)
Princípio	Eletrodos superficiais, acelerômetro, giroscópio, magnetômetro
Fonte dos Dados	Antebraço (gestos da mão)
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos), biomecânico (músculo, movimento)
Referencial	Relativo
Latência	Baixa (~15-30 ms)
Volume de trabalho	Leve (~100g), ajustável ao antebraço
Lançamento/Status	2014, descontinuado (2018)
Venda/Custo	Não disponível, US\$200 no lançamento
Limitações	Compatibilidade de software, precisão de gestos, descontinuado

Dispositivos Entrada

Leap Motion



Parâmetro	Descrição
O que captura	Posição, movimento, gestos das mãos/dedos no ar
DOF	~20+ (todos dedos e mão simultaneamente)
Princípio	Câmeras estereoscópicas IR + processamento por IA
Fonte dos Dados	Mãos (sem contato)
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos, posturas)
Referencial	Absoluto
Latência	Baixa (~15-20 ms)
Volume de trabalho	Pequeno (~80g), área de captura ~60x60x60cm
Lançamento/Status	2013, ativo
Venda/Custo	Sim, importação (~US\$100-150)
Limitações	Sensível à luz, não detecta toque/força, alcance limitado

Dispositivos Entrada (Extra)

Manus Prime II (Manus VR Glove)



Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento dos dedos, posição, orientação, aceleração, gestos
DOF	Até 22 (cada articulação dos dedos + mão)
Princípio	IMUs (acelerômetro, giroscópio, magnetômetro) em cada dedo, sensores flexíveis
Fonte dos Dados	Mãos e dedos
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos, posturas), Biomecânico (posição, velocidade, aceleração)
Referencial	Absoluto (via tracking externo) ou relativo
Latência	Baixa (~5-15 ms)
Volume de trabalho	Leve (~70g cada luva), alcance limitado à mão
Lançamento/Status	2020, ativo
Venda/Custo	Não oficialmente, importação (~US\$3.000+)
Limitações	Custo elevado, necessidade de calibração, não inclui feedback háptico

Dispositivos Entrada (Extra)

CaptoGlove

Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento dos dedos, pressão, posição, orientação, gestos
DOF	10 (2 por dedo)
Princípio	Sensores flexíveis, IMUs
Fonte dos Dados	Mãos e dedos
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos)
Referencial	Relativo
Latência	Baixa (~10 ms)
Volume de trabalho	Leve (~85g), área limitada à mão
Lançamento/Status	2017, ativo
Venda/Custo	Não oficialmente, importação (~US\$500-600)
Limitações	Precisão limitada para movimentos finos, sem feedback de força



Dispositivos Entrada (Extra)

Plexus VR Glove

Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento dos dedos, posição, orientação
DOF	12-15 (3 por dedo, palma)
Princípio	Sensores flexíveis, IMUs
Fonte dos Dados	Mãos e dedos
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos, posturas)
Referencial	Absoluto/relativo
Latência	Baixa (~10 ms)
Volume de trabalho	Leve (~70g), área limitada à mão
Lançamento/Status	2021, ativo
Venda/Custo	Não oficialmente, importação (~US\$1.000+)
Limitações	Disponibilidade limitada, sem feedback háptico



Dispositivos Entrada (Extra)

Hi5 VR Glove (Noitom)

Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento dos dedos, posição, orientação
DOF	10-15
Princípio	IMUs, sensores flexíveis, integração com sistemas de tracking externos
Fonte dos Dados	Mãos e dedos
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos)
Referencial	Absoluto (quando integrado com rastreamento externo)
Latência	Baixa (~15 ms)
Volume de trabalho	Leve (~75g), área limitada à mão
Lançamento/Status	2018, ativo
Venda/Custo	Não oficialmente, importação (~US\$1.000-1.500)
Limitações	Dependente de tracking externo para alta precisão, sem feedback tátil



Dispositivos Entrada (Extra)

StretchSense MoCap Pro

Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento dos dedos, flexão, extensão
DOF	16+ (cada articulação dos dedos)
Princípio	Sensores capacitivos de alongamento
Fonte dos Dados	Mãos e dedos
Modo	Entrada
Controle	Biomecânico (posição, flexão)
Referencial	Absoluto
Latência	Muito baixa (<5 ms)
Volume de trabalho	Muito leve (~45g), área limitada à mão
Lançamento/Status	Ativo (2022)
Venda/Custo	Não oficialmente, importação (~US\$3.000+)
Limitações	Custo elevado, sem feedback de força, foco em captura de movimento para animação



Dispositivos Entrada (Extra)

VRfree Glove (Sensoryx)

Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento dos dedos, posição 3D das mãos, gestos
DOF	21 (articulações dos dedos e mão)
Princípio	IMUs, sensores ópticos e magnéticos
Fonte dos Dados	Mãos e dedos
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos, posturas)
Referencial	Absoluto
Latência	Baixa (~20 ms)
Volume de trabalho	Leve (~80g), área limitada à mão
Lançamento/Status	Ativo (2021)
Venda/Custo	Não oficialmente, importação (~US\$2.000+)
Limitações	Preço, calibração necessária, precisão depende do ambiente



Dispositivos Entrada (Extra)

Manus Quantum Metagloves



Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento individual dos dedos (todas as articulações), orientação e posição da mão, gestos
DOF	24+ (cada articulação dos dedos, incluindo abdução/adução, e movimentação da palma)
Princípio	Sensores magnéticos Quantum Track™ exclusivos, IMUs, sensores flexíveis
Fonte dos Dados	Mãos e dedos
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos, posturas), Biomecânico (posição, velocidade, aceleração), feedback tátil
Referencial	Absoluto (com Quantum Trackers externos) ou relativo
Latência	Muito baixa (<5 ms)
Volume de trabalho	Leve (~70g cada luva), liberdade total de movimento das mãos
Lançamento/Status	2022, ativo
Venda/Custo	Não oficialmente (importação possível, preço elevado, acima de US\$10.000/par)
Limitações	Alto custo, necessidade Quantum Trackers externos para tracking absoluto, foco profissional

Dispositivos Entrada (Extra)

Manus Quantum Metagloves



Parâmetro	Descrição
O que captura	Movimento individual dos dedos (todas as articulações), orientação e posição da mão, gestos
DOF	24+ (cada articulação dos dedos, incluindo abdução/adução, e movimentação da palma)
Princípio	Sensores magnéticos Quantum Track™ exclusivos, IMUs, sensores flexíveis
Fonte dos Dados	Mãos e dedos
Modo	Entrada
Controle	Natural (gestos, posturas), Biomecânico (posição, velocidade, aceleração), feedback tátil
Referencial	Absoluto (com Quantum Trackers externos) ou relativo
Latência	Muito baixa (<5 ms)
Volume de trabalho	Leve (~70g cada luva), liberdade total de movimento das mãos
Lançamento/Status	2022, ativo
Venda/Custo	Não oficialmente (importação possível, preço elevado, acima de US\$10.000/par)
Limitações	Alto custo, necessidade Quantum Trackers externos para tracking absoluto, foco profissional

Evolução Dispositivos Entrada

Linha Evolutiva Geral

Dispositivos Ópticos Simples (Leap Motion, Kinect)

- **Leap Motion** e sensores ópticos (como o Kinect) inauguraram a captação de gestos manuais no ar, sem contato físico.
- **Limitações:** dificuldade com oclusão de dedos, precisão limitada em ambientes com muita luz.

Luvas Sensorizadas de Primeira Geração (Data Glove, CyberGlove)

- Incorporam sensores flexíveis e, depois, IMUs.
- **CaptoGlove** e **Hi5 VR Glove** ampliam o uso com sensores flexíveis e integração a sistemas de VR.

Luvas Avançadas IMUs e Sensores Múltiplos (Manus Prime II, Plexus, StretchSense, VRfree)

- **Evolução:** Maior precisão, captura dos movimentos individuais dos dedos e da mão, menor latência.
- **Exemplo: Manus Prime II** representa um salto em precisão, leveza e integração com plataformas VR/AR industriais e de entretenimento.
- **StretchSense** foca em sensores capacitivos, melhorando a fidelidade da captura para animação e biomecânica.

Integração com Feedback Háptico/Force Feedback

- Alguns modelos recentes (ex: Manus Quantum, não listado) começam a incorporar feedback tátil e de força, promovendo experiências mais realistas.

Evolução Dispositivos Entrada

Resumo da Relação Evolutiva

- **Leap Motion** (óptico, sem contato) → **CaptoGlove/Hi5** (sensores flexíveis/IMU) → **Manus Prime II, Plexus, VRfree, StretchSense** (luvas multissensoriais de alta precisão, integração profissional e científica).
- O avanço vai do rastreamento grosseiro de gestos para a captura detalhada da biomecânica da mão, com menor latência e maior fidelidade.
- A tendência atual é a miniaturização, maior liberdade de movimento, integração sem fio e, cada vez mais, o feedback tátil/força.

Evolução Dispositivos Entrada

Linha do tempo

1980: Primeiras Data Gloves (ex: VPL DataGlove) – Sensores de flexão, interface rudimentar.

1990: CyberGlove – Mais sensores, primeira aplicação comercial em animação e pesquisa.

2010: Leap Motion – Rastreamento óptico sem contato, popularização em VR/AR.

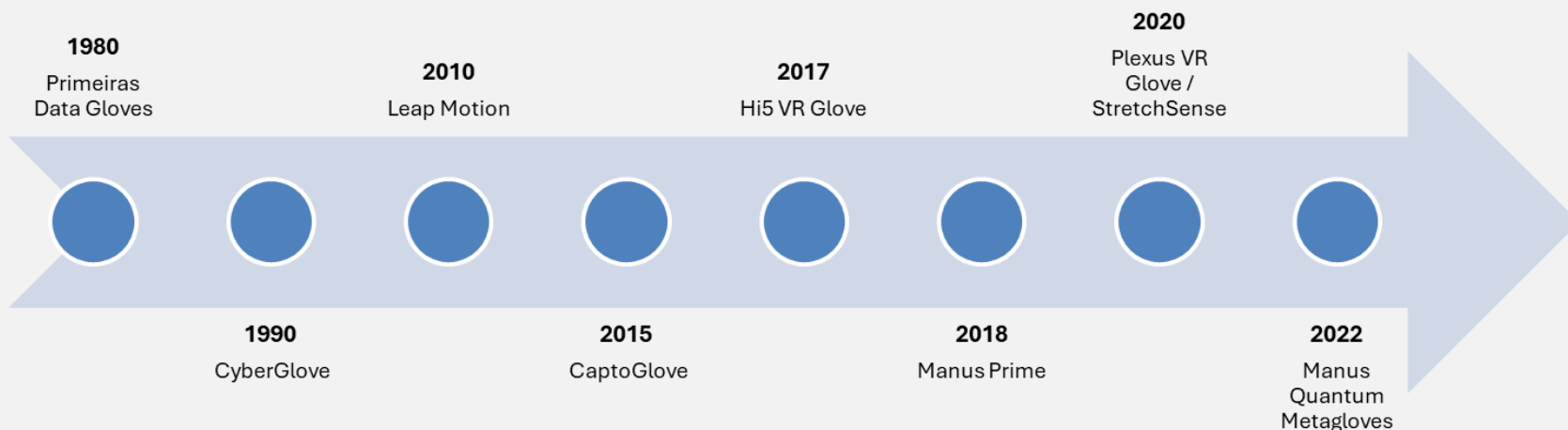
2015: CaptoGlove – Sensores flexíveis, integração com jogos e VR.

2017: Hi5 VR Glove – IMUs + sensores flexíveis, aplicações em VR.

2018: Manus Prime – Integração profissional, tracking mais preciso.

2020: Plexus VR Glove / StretchSense – Alta precisão, sensores capacitivos, foco em animação.

2022: Manus Quantum Metagloves – Rastreamento submilimétrico, feedback háptico, referência em mocap e VR profissional.



Dispositivos Saída

OUTPUT-4 Optical See Through

Lista Atual

- a. [Google] Glass
- b. [Qualcomm] Wireless AR Smart Viewer
- c. [Meta] 2 AR Headset
- d. [Apple] Vision Pro
- e. [VIVO] AR Glasses
- f. [Nreal] Xreal Light
- g. [Lenovo] ThinkReality A6, X3
- h. [Vuzix] Blade Smartglasses
- i. [Xiaomi] Smart Glasses
- j. [Oculus] RIFT, GO, Quest2, 3, PRO
- k. [Lumus] Maximus OE Spec (AR Glasses)
- l. [Canon] MREAL AR
- m. [North] Focals AR
- n. [Microsoft] Hololens 1 e 2

Extras

- 1. [Epson] Moverio
- 2. [Magic Leap] One
- 3. [Osterhout Design Group] ODG R-9
- 4. [Realwear] HMT-1
- 5. [Every sight] Raptor
- 6. [BMW] ConnectedRide Smartglasses

Dispositivos Saída

Glass [Google]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida (Display projetado sobre lente)
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo a inexistente
Blur/Ghosting	Baixo/Algumas versões iniciais apresentavam ghosting em ambientes claros
Lagging	Baixo (~40 ms)
FoV-h/v	~14° diagonal
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	Prism Display (LED microdisplay)
Venda no Brasil	Não oficialmente; sem assistência
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saida

Wireless AR Smart Viewer [Qualcomm]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Muito baixo
Blur/Ghosting	Mínimo
Lagging	Muito baixo (latência reduzida por conexão Wi-Fi 6E)
FoV-h/v	~40° diagonal
Brilho/Contraste	Alto (micro-OLED)
Tecnologia	Micro-OLED
Venda no Brasil	Não oficialmente
Frame Rate	~90 Hz



Dispositivos Saída

Meta 2 AR Headset

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo a moderado (dependendo da calibração)
Lagging	Baixo a moderado (~40-60 ms)
FoV-h/v	~90° diagonal
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	LCD
Venda no Brasil	Não
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída

Vision Pro [Apple]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	Video SeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Inexistente
Blur/Ghosting	Muito baixo
Lagging	Muito baixo (~12 ms)
FoV-h/v	~100° estimado
Brilho/Contraste	Muito alto (micro-OLED)
Tecnologia	Micro-OLED
Venda no Brasil	Não oficialmente (importação possível, sem assistência)
Frame Rate	90/96/100 Hz



Dispositivos Saída

AR Glasses [VIVO]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo
FoV-h/v	~43° diagonal
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	Micro-LED
Venda no Brasil	Não
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saida

XREAL Light [Nreal]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo (~20 ms)
FoV-h/v	~52° diagonal
Brilho/Contraste	Bom
Tecnologia	Micro-OLED
Venda no Brasil	Não oficialmente
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída

ThinkReality A6, X3 [Lenovo]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo (~20 ms)
FoV-h/v	~40° diagonal
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	OLED
Venda no Brasil	Não oficialmente
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saida

Blade Smartglasses [Vuzix]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo
FoV-h/v	~20° diagonal
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	Waveguide (LED)
Venda no Brasil	Não oficialmente
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída

Smart Glasses [Xiaomi]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo
FoV-h/v	Pequeno (~10-15° estimado)
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	MicroLED (monocromático)
Venda no Brasil	Não
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída

Rift, Go, Quest 2, Quest 3, Quest Pro [Oculus]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	Video SeeThrough (nos modelos Quest com passthrough)
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo a moderado (ghosting pode ocorrer em movimento rápido)
Lagging	Muito baixo (~20 ms)
FoV-h/v	Rift: 110°, Quest 2/3: 97-110°
Brilho/Contraste	Alto (LCD/OLED)
Tecnologia	Rift: OLED, Quest: LCD/OLED
Venda no Brasil	Não oficialmente; importação comum
Frame Rate	Rift: 90 Hz, Quest 2: 72/90/120 Hz



Dispositivos Saída

Maximus OE Spec [Lumus]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo
FoV-h/v	50° diagonal
Brilho/Contraste	Alto
Tecnologia	Waveguide (LED/OLED)
Venda no Brasil	Não
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída

MREAL AR [Canon]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo (~20 ms)
FoV-h/v	~60° diagonal
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	LCD/OLED
Venda no Brasil	Não
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída

Focals AR [North]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo
FoV-h/v	Pequeno (~15° diagonal)
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	Retinal projection (MicroLED)
Venda no Brasil	Não, produto descontinuado
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída

Hololens 1 e 2 [Microsoft]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Leve (mais perceptível na versão 1, muito reduzido na 2)
Lagging	Baixo (~10-20 ms)
FoV-h/v	Hololens 1: 34° diagonal; Hololens 2: 52° diagonal
Brilho/Contraste	Alto
Tecnologia	Waveguide (Laser/LED)
Venda no Brasil	Não oficialmente (importação possível)
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída (Extra)

Epson Moverio

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo (~20 ms)
FoV-h/v	~23° diagonal
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	Si-OLED (Silicon OLED)
Venda no Brasil	Sim, via revendedores; assistência limitada
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída (Extra)

Magic Leap One

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Muito baixo
Blur/Ghosting	Baixo (melhor que maioria dos concorrentes)
Lagging	Muito baixo (~10-15 ms)
FoV-h/v	~50° diagonal
Brilho/Contraste	Alto
Tecnologia	Waveguide (LED)
Venda no Brasil	Não oficialmente, apenas importação
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída (Extra)

ODG R-9 (Osterhout Design Group)

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo (~20 ms)
FoV-h/v	~50° diagonal
Brilho/Contraste	Alto
Tecnologia	OLED
Venda no Brasil	Não (produto descontinuado)
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saída (Extra)

HMT-1 [Realwear]



Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida (microdisplay emite luz diretamente para o usuário)
Projeção	Não se aplica (microdisplay próximo ao olho, não há projeção em tela ou ambiente)
Visada Direta	Optical SeeThrough (usuário enxerga o ambiente com display óptico posicionado ao lado do campo de visão)
Uso	Individual
Flickering	Baixo/ausente (tecnologia de microdisplay, sem relatos relevantes de flicker)
Blur/Ghosting	Baixo (qualidade da imagem adequada para leitura de instruções, mas não para gráficos complexos)
Lagging	Muito baixo (resposta em tempo real a comandos de voz e exibição de imagem/vídeo)
FoV-h/v	FoV horizontal: ~20°; FoV vertical: ~10° (campo de visão restrito, suficiente para informações textuais)
Brilho/Contraste	Ajustável; brilho máximo ~500 nits, contraste suficiente para uso externo e interno
Tecnologia	LCD (microdisplay transmissivo, tecnologia LCOS)
Venda no Brasil	Sim; disponível via importadores oficiais e revendas industriais; possui assistência técnica autorizada
Frame Rate	60 Hz (frame rate do microdisplay)

Dispositivos Saída (Extra)

Raptor [Eversight]

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo
FoV-h/v	~20° diagonal
Brilho/Contraste	Médio
Tecnologia	OLED
Venda no Brasil	Não
Frame Rate	~60 Hz



Dispositivos Saida (Extra)

ConnectedRide Smartglasses (BMW)

Parâmetro	Descrição
Imagem	Emitida
Projeção	Forward Projection
Visada Direta	OpticalSeeThrough
Uso	Individual
Flickering	Baixo
Blur/Ghosting	Baixo
Lagging	Baixo (~20 ms, depende de pareamento Bluetooth/smartphone)
FoV-h/v	~15° diagonal (aproximado, informação exata não divulgada)
Brilho/Contraste	Médio-alto (ajustável manualmente para visibilidade sob luz solar)
Tecnologia	OLED (combinado com projetor de microdisplay)
Venda no Brasil	Não oficialmente (importação possível, sem assistência técnica local)
Frame Rate	~60 Hz



Evolução Dispositivos Saída

Linha Evolutiva Geral

Primeiros Head-Mounted Displays (HMDs) e Óculos AR Simples

- **Sony SmartEyeglass, ODG R-9 e Epson Moverio BT-300** marcam a transição dos displays LCD/OLED convencionais para projetores ópticos compactos, mas com FoV restrito e brilho limitado.

Óculos com Waveguides e Micro-Displays Avançados

- **Google Glass, Vuzix Blade, North Focals, Optinvent ORA-2** trazem miniaturização, melhor integração com smartphones e interfaces mais naturais, mas ainda voltados para notificações e uso leve.

Headsets de Alta Imersão com Tracking Avançado

- **Hololens 1/2, Magic Leap One, Meta 2, Lenovo ThinkReality** marcam um salto em:
 - Campo de visão (FoV)
 - Precisão do tracking espacial e de gestos
 - Capacidade de sobreposição de objetos 3D em múltiplos planos
 - Uso industrial, médico e educacional

Convergência com Realidade Virtual e Realidade Mista

- **Apple Vision Pro, Meta Quest Pro/Quest 3 e Oculus** começam a fundir RA e RV em um único dispositivo, com passthrough de alta fidelidade e displays de alta resolução (micro-OLED, microLED), além de processamento embarcado.

Especialização e Verticalização

- **BMW ConnectedRide Smartglasses e Eversight Raptor** mostram a tendência de dispositivos AR especializados para nichos (ex: navegação para motociclistas, esporte, manutenção industrial).

Evolução Dispositivos Saída

Resumo da Relação Evolutiva

- **Epson Moverio / Sony SmartEyeglass / ODG R-9** (primeiros OST, FoV pequeno, baixo brilho) →
- **Google Glass / Vuzix Blade / North Focals** (miniaturização, integração mobile, notificações) →
- **RealWear HMT-1** (robustez industrial, operação hands-free por voz, visor monocular para uso em campo, foco em produtividade e segurança) →
- **Hololens 1/2 / Magic Leap One / Meta 2 / ThinkReality** (tracking avançado, FoV maior, aplicações industriais) →
- **Apple Vision Pro / Meta Quest Pro/3** (realidade mista, passthrough colorido, alta resolução, convergência RA/RV) →
- **Dispositivos Verticais** (BMW ConnectedRide, Every sight Raptor) para usos específicos.

Evolução Dispositivos Saída

Linha do tempo

2011: Epson Moverio BT-100 – Primeiros óculos AR comerciais, FoV limitado.

2013: Google Glass – Miniaturização, integração com mobile, foco em notificações.

2016: Microsoft HoloLens – Tracking espacial avançado, aplicações industriais e educacionais.

2017: Meta 2 – FoV ampliado, sobreposição avançada de objetos 3D.

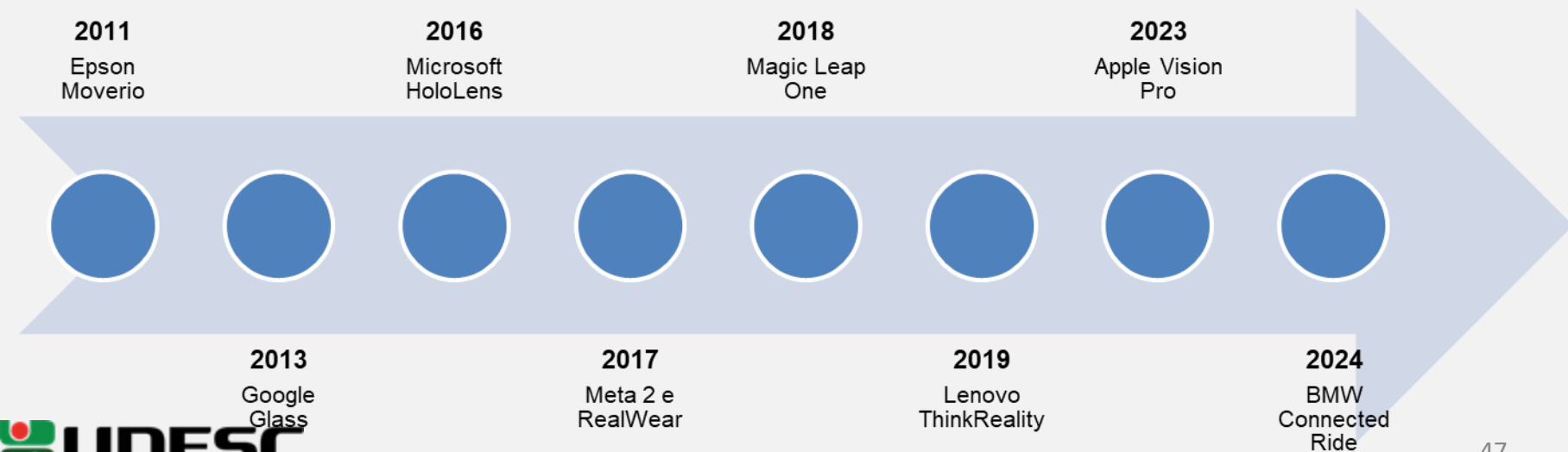
RealWear HMT-1 – Robustez industrial, operação hands-free por voz, visor monocular, foco em manutenção e produtividade em campo.

2018: Magic Leap One – Waveguide, tracking manual avançado, foco em realidade mista.

2019: Lenovo ThinkReality – Integração corporativa, soluções industriais.

2023: Apple Vision Pro – Realidade mista, passthrough colorido, altíssima resolução e convergência RA/RV.

2024: Dispositivos Verticais (ex: BMW ConnectedRide) – Aplicações específicas (navegação).



Evolução Dispositivos Saída

Considerações Finais

A trajetória dos dispositivos de entrada e saída em Realidade Aumentada e Virtual é marcada por saltos tecnológicos significativos, ampliando a interação e imersão dos usuários. O **Microsoft Kinect** popularizou a captura de movimentos sem contato, abrindo novas formas de interação natural.

O **Apple Vision Pro** representa um marco na convergência entre realidade aumentada e virtual, oferecendo passthrough colorido de alta resolução e amplo campo de visão. Esse dispositivo eleva as experiências imersivas para usos profissionais e criativos com um realismo sem precedentes.

Esses avanços mostram como sensores mais precisos permitem interfaces naturais, enquanto saídas ópticas de alta qualidade ampliam o potencial das aplicações. A inovação contínua reafirma o papel central na construção do futuro das realidades mistas e imersivas.

Entendendo a Realidade

Lista abreviaturas e siglas

DOF Degrees Of Freedom

FOV Field Of View

GPS Global Positioning System

HMD Head-Mounted Display

HMPD Head-Mounted Projective Display

HOE Holographic Optical Element

IPD Interpupillary Distance

OST Optical See-Through

PPD Pixels Per Degree

RGB-D Red Green Blue Depth

SIFT Scale Invariant Feature Transform

SURF Speeded Up Robust Feature

TOF Time Of Flight

VRD Virtual Retinal Display

VST Video See-Through

Obrigado

**UDESC – Universidade do Estado
de Santa Catarina**

joao.esc@edu.udesc.br

www.udesc.br

Rua Paulo Malschitzki, 200
Joinville - SC
CEP 89219-710