

UNIP

UNIVERSIDADE PAULISTA

Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada

Autora: Profa. Vanessa Santos Lessa

Colaboradora: Profa. Larissa Rodrigues Damiani

Professora conteudista: Vanessa Santos Lessa

Doutora em Ciências e Aplicações Geoespaciais pelo Instituto Presbiteriano Mackenzie, mestre em Engenharia Elétrica com ênfase em Inteligência Artificial Aplicada à Automação pelo Centro Universitário da Fundação Educacional Inaciana (FEI) e bacharel em Engenharia da Computação pela Universidade São Judas Tadeu (USJT). Exerce a função de coordenadora do curso de Bacharelado em Ciência da Computação na Universidade Paulista (UNIP) na modalidade Educação a Distância (EaD), além de atuar há mais de 18 anos em cargos técnicos e gerenciais na área de computação.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

L638F Lessa, Vanessa Santos.

Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada / Vanessa Santos Lessa. – São Paulo: Editora Sol, 2024.

144 p., il.

Nota: este volume está publicado nos Cadernos de Estudos e Pesquisas da UNIP, Série Didática, ISSN 1517-9230.

1. Terminologia. 2. Realidade. 3. Marcadores. I. Título.

CDU 007.52

U519.95 – 24

Profa. Sandra Miessa
Reitora

Profa. Dra. Marília Ancona Lopez
Vice-Reitora de Graduação

Profa. Dra. Marina Ancona Lopez Soligo
Vice-Reitora de Pós-Graduação e Pesquisa

Profa. Dra. Claudia Meucci Andreatini
Vice-Reitora de Administração e Finanças

Prof. Dr. Paschoal Laercio Armonia
Vice-Reitor de Extensão

Prof. Fábio Romeu de Carvalho
Vice-Reitor de Planejamento

Profa. Melânia Dalla Torre
Vice-Reitora das Unidades Universitárias

Profa. Silvia Gomes Miessa
Vice-Reitora de Recursos Humanos e de Pessoal

Profa. Laura Ancona Lee
Vice-Reitora de Relações Internacionais

Prof. Marcus Vinícius Mathias
Vice-Reitor de Assuntos da Comunidade Universitária

UNIP EaD

Profa. Elisabete Brihy
Profa. M. Isabel Cristina Satie Yoshida Tonetto
Prof. M. Ivan Daliberto Frugoli
Prof. Dr. Luiz Felipe Scabar

Material Didático

Comissão editorial:

Profa. Dra. Christiane Mazur Doi
Profa. Dra. Ronilda Ribeiro

Apoio:

Profa. Cláudia Regina Baptista
Profa. M. Deise Alcantara Carreiro
Profa. Ana Paula Tôrres de Novaes Menezes

Projeto gráfico:

Prof. Alexandre Ponzetto

Revisão:

Kleber Souza
Vitor Andrade
Auriana Malaquias

Sumário

Fundamentos de Realidade Virtual e Aumentada

APRESENTAÇÃO	7
INTRODUÇÃO	8

Unidade I

1 CONCEITOS BÁSICOS E TERMINOLOGIA	9
1.1 Introdução à realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA)	10
1.2 Histórico e fundamentos	13
1.3 Estudo da arte e aplicações	23
1.3.1 Realidade virtual e realidade aumentada: aplicações em diferentes áreas	23
1.4 Hardwares e softwares apropriados	25
1.4.1 Realidade virtual (RV)	25
1.4.2 Realidade aumentada (RA)	25
1.4.3 Integração de RV e RA	26
2 FUNDAMENTOS DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA PARA SIMULADORES	27
2.1 Sistemas de interfaces não convencionais	28
2.2 Etapas de processamento: sistema de realidade virtual	29
2.3 Coordenadas, transformações e projecções	30
2.4 Estereoscopia, paralaxe e anaglifo	39
2.5 Rastreadores e funcionamento de óculos estereoscópicos	41
3 REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA E NÃO IMERSIVA	42
3.1 Três pilares da realidade virtual: imersão, interação e visualização	43
3.2 Conceitos básicos sobre interação, controles e manipuladores	45
3.3 Navegação no ambiente virtual	47
3.4 Humanos virtuais e avatares	48
4 INTRODUÇÃO À REALIDADE MISTURADA	56
4.1 Diferenças entre realidade real, realidade virtual, realidade aumentada, virtualidade aumentada e realidade misturada	59
4.2 Formas de interação para realidade misturada (RM)	61

Unidade II

5 MARCADORES	71
5.1 Marcadores fiduciais	72
5.1.1 Ferramentas para criação e diferenças na utilização de bibliotecas de desenvolvimento	74
5.2 Marcadores naturais para realidade misturada (RM)	78

5.3 Apresentação de ferramentas.....	82
5.4 Aula expositiva: Vuforia e Unity 3D	84
6 HIPER-REALIDADE	102
6.1 Integração das tecnologias de RV e RA	103
6.2 Aspectos teóricos de hiper-realidade.....	104
6.3 Simulação em ambientes com hiper-realidade	106
6.4 Ambientes virtuais distribuídos e compartilhados.....	107
6.4.1 Plataformas baseadas em microcomputadores.....	108
6.4.2 Plataformas baseadas em estações de trabalho	109
6.4.3 Sistemas de RV multiusuário	111
7 PERCEPÇÃO VISUAL	112
7.1 Mecanismos de percepção humana	114
7.2 Aspectos fundamentais sobre a lei de Gestalt	116
7.3 Modelo de processamento de informação humano (MPIH)	121
7.4 Memória e soluções de interface.....	122
8 RV E RA NA EDUCAÇÃO E NA MEDICINA.....	123
8.1 RV e RA para educação.....	125
8.2 RV e RA para medicina.....	129

APRESENTAÇÃO

Como futuro cientista da computação, você precisará ter noções básicas sobre realidade virtual (RV), realidade aumentada (RA) e suas tendências aplicadas aos profissionais da área de tecnologia da informação (TI), uma vez que isso também transformará profissões por todo o mundo.

O objetivo desta disciplina é fornecer conceitos e técnicas básicas que permitam ao aluno explorar tópicos avançados nas áreas de RV e RA.

Vale acrescentar que este livro-texto será escrito em linguagem simples e direta, como se houvesse uma conversa entre a autora e o leitor. Adicionalmente, serão inseridas figuras, que auxiliarão no entendimento dos tópicos desenvolvidos. Os itens chamados de observação e de lembrete serão oportunidades para que haja a resolução de eventuais dúvidas. Já os itens saiba mais possibilitarão a ampliação dos conhecimentos. Haverá, ainda, muitos exemplos de aplicação, resolvidos em detalhes, o que implicará a fixação dos assuntos abordados.

Esperamos que você faça uma boa leitura e se sinta motivado a conhecer mais sobre os assuntos aqui tratados.

Bons estudos!

INTRODUÇÃO

Tanto a realidade virtual (RV) quanto a realidade aumentada (RA) têm emergido como tecnologias transformadoras, redefinindo a forma como interagimos com o mundo digital e físico. A RV cria ambientes completamente imersivos, transportando os usuários para mundos virtuais tridimensionais, enquanto a RA integra elementos virtuais ao ambiente real, enriquecendo a experiência perceptual. Ambas estão presentes desde entretenimento e educação até saúde e indústria, impulsionando inovações significativas.

A RV pode proporcionar experiências envolventes e imersivas que transcendem as limitações do mundo físico. Na indústria do entretenimento, por exemplo, ela tem revolucionado a forma como os jogos são praticados, oferecendo experiências mais imersivas e realistas. Além disso, na educação, a RV permite simulações interativas que possibilitam aos alunos explorar conceitos complexos de maneira prática, promovendo uma aprendizagem mais eficaz.

Já a RA, ao integrar elementos digitais ao mundo real, tem transformado a maneira como interagimos com as informações ao nosso redor. Na indústria, ela é utilizada para aprimorar processos de manufatura e facilitar a manutenção de equipamentos, e no varejo oferece experiências de compra mais personalizadas.

O conteúdo deste livro-texto foi dividido em duas unidades. Na unidade I, apresentaremos inicialmente os conceitos básicos e terminologia, os fundamentos da computação gráfica para simuladores, realidade virtual imersiva e não imersiva e faremos uma introdução à realidade misturada. Já na unidade II, abordaremos os marcadores, a hiper-realidade, a percepção visual e daremos exemplos de RV e RA na educação e na medicina.

Unidade I

1 CONCEITOS BÁSICOS E TERMINOLOGIA

Podemos iniciar com uma questão: o que é real e o que é virtual?

A relação entre o real e o virtual é um fenômeno complexo que permeia muitos aspectos da vida contemporânea. Enquanto o mundo real representa a experiência tangível e física, o virtual introduz um reino de possibilidades digitais e simuladas. Essa contraposição gera reflexões filosóficas sobre a natureza da realidade, bem como implicações práticas na forma como vivemos, interagimos e concebemos a existência.

No âmbito da filosofia, pensadores têm explorado a dicotomia entre o real e o virtual, questionando se a virtualidade pode de fato ser considerada como uma realidade legítima. A questão da autenticidade surge levantando debates sobre a validade das experiências virtuais em comparação com aquelas vividas no mundo físico. No entanto, é importante reconhecer que a crescente integração entre elas desafia as noções tradicionais, revelando uma convergência gradual entre esses dois domínios.

A experiência humana, historicamente ancorada na realidade tangível, agora se estende a paisagens virtuais e interações digitais. A ascensão das redes sociais, jogos imersivos e ambientes virtuais colaborativos evidencia essa transformação, uma vez que as fronteiras entre essas esferas tornam-se cada vez mais porosas. Essa dinâmica influencia a construção da identidade, pois as interações online muitas vezes se tornam parte integrante da narrativa pessoal, desafiando a ideia de que apenas o espaço físico é significativo para a experiência humana.

No entanto, a contraposição entre o real e o virtual também suscita preocupações, especialmente em relação à desconexão social, à perda da experiência física direta e às possíveis ramificações éticas. A dependência excessiva do virtual pode gerar diluição da experiência autêntica e perda de conexão com o mundo real, levantando questões sobre equilíbrio e prioridades na era digital.

Em última análise, tal contraposição é um diálogo em constante evolução, moldado pela interação entre a inovação tecnológica, a sociedade e as percepções individuais. A busca por equilíbrio e compreensão entre esses dois domínios promete continuar influenciando a forma como construímos nossas identidades, nos relacionamos e damos significado à nossa existência.

1.1 Introdução à realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA)

Realidade virtual (RV)

Trata-se de uma tecnologia revolucionária que transporta os usuários para experiências imersivas, redefinindo a interação humana com o mundo digital. Ao criar ambientes virtuais tridimensionais, a RV busca proporcionar uma sensação palpável de presença, permitindo que os usuários mergulhem em cenários que variam desde mundos fantásticos até simulações realistas. Ela emprega uma combinação de hardware e software avançados para estimular os sentidos visuais, auditivos e, em alguns casos, táteis, promovendo uma experiência sensorial completa.

A base da RV está na capacidade de simular a presença física em ambientes gerados digitalmente. Dispositivos como óculos de RV, sensores de movimento e controladores interativos são primordiais ao criar uma experiência coesa e envolvente. O objetivo é transcender as limitações do mundo real, oferecendo aos usuários a oportunidade de explorar novos cenários, participar de atividades simuladas e interagir com objetos virtuais de maneira natural.

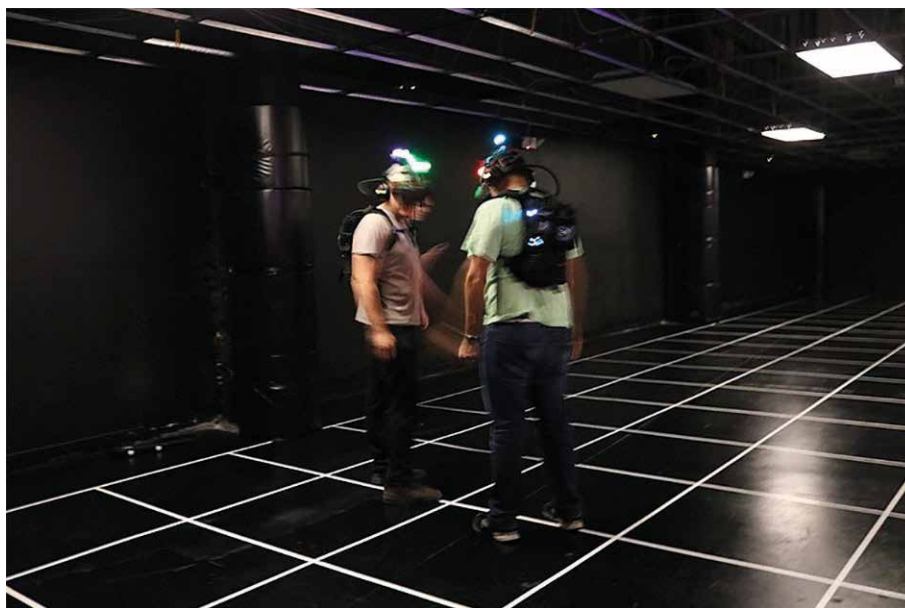


Figura 1 – A realidade virtual Powered by Zero Latency pode imergir até oito jogadores em um universo digital totalmente interativo, permitindo-lhes navegar fisicamente distâncias consideráveis pela arena de aproximadamente 610 metros quadrados enquanto colaboram com outros jogadores em desafios emocionantes

Disponível em: <https://tinyurl.com/22kftj6t>. Acesso em: 26 mar. 2024.

Além do entretenimento, a RV tem encontrado aplicações significativas em diversas áreas, como medicina, educação, treinamento profissional e design. Cirurgiões utilizam simulações para praticar procedimentos antes de realizar intervenções reais, educadores incorporam ambientes virtuais para tornar o aprendizado mais imersivo, e empresas adotam treinamentos virtuais para aprimorar habilidades específicas de seus colaboradores. Com a evolução da tecnologia, a RV promete abrir novos horizontes.

A evolução constante da RV vai muito além da mera imersão visual, buscando integrar múltiplos aspectos sensoriais para criar experiências cada vez mais autênticas. Avanços em tecnologias hápticas, por exemplo, visam reproduzir sensações táteis, permitindo que os usuários sintam a textura de objetos virtuais. Essa abordagem holística visa alcançar não apenas a ilusão visual, mas também a sensação de verdadeira presença em um ambiente virtual.



A imersão na RV refere-se à sensação de estar completamente envolvido em um ambiente simulado. Isso é alcançado por meio de dispositivos como óculos de RV, que cobrem completamente os olhos do usuário e proporcionam uma experiência visual envolvente.

Os ambientes virtuais são mundos digitais criados por computador nos quais os usuários podem interagir e explorar. Eles variam de simulações realistas a ambientes completamente imaginários.

No campo do entretenimento, a RV tem expandido as fronteiras da narrativa e da interação. Jogos imersivos, experiências cinematográficas em 360 graus e ambientes virtuais sociais são apenas algumas das formas pelas quais ela cativa a imaginação das pessoas. Além disso, a colaboração entre a indústria de entretenimento e a de tecnologia impulsiona inovações contínuas, garantindo que a RV permaneça na vanguarda da experiência digital.

À medida que a RV se torna mais acessível e suas aplicações se diversificam, o potencial para transformar a maneira como vivemos, trabalhamos e nos conectamos com o mundo ao nosso redor torna-se cada vez mais evidente. Sua jornada parece estar apenas começando, e o horizonte digital que se desenha promete um futuro em que a fronteira entre o real e o virtual se tornará cada vez mais fluida e integrada.

Realidade aumentada (RA)

Trata-se de uma tecnologia inovadora que funde o mundo físico com o virtual, introduzindo elementos digitais no ambiente real para enriquecer a percepção do usuário. Diferentemente da RV, que cria ambientes totalmente virtuais, a RA aprimora a experiência do mundo real, sobrepondo informações, objetos 3D ou dados visuais à visão direta do usuário. Essa integração harmoniosa promete transformar nossa interação com o ambiente cotidiano, proporcionando novas formas de aprendizado, entretenimento, trabalho e comunicação.

No centro da RA está a capacidade de agregar contexto e relevância às interações diárias. Utilizando dispositivos como smartphones, tablets ou óculos especiais, os usuários podem visualizar informações adicionais sobre objetos físicos, navegar por mapas interativos, experimentar produtos virtualmente antes da compra ou até mesmo interagir com hologramas tridimensionais. Essa sobreposição de

elementos digitais na realidade física cria um espaço interativo onde o virtual e o real coexistem de maneira natural.

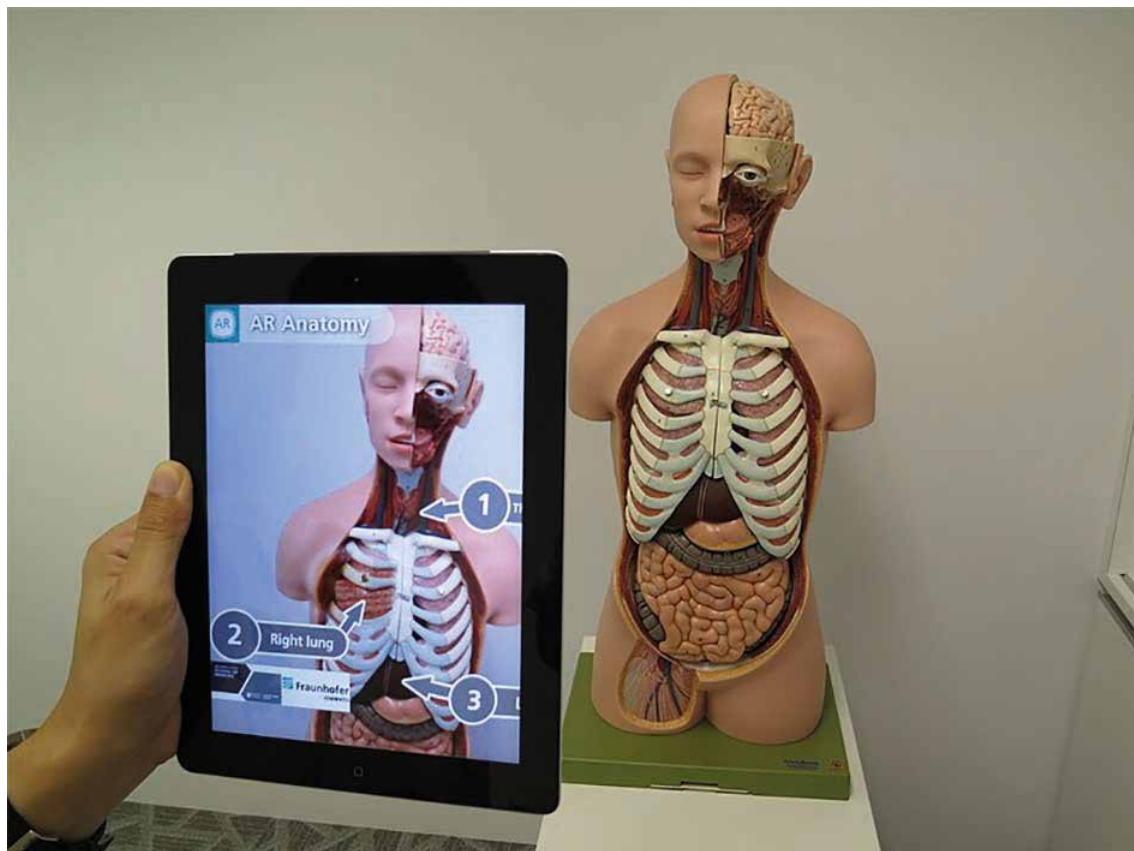


Figura 2 – Uso de RA em sala de aula. A câmera capta a imagem e a digitaliza para poder incorporar imagens, sons ou texto em tamanho, posição e tempo real. Os elementos virtuais são coordenados com objetos físicos e sua posição, para evitar incompatibilidades

Disponível em: <https://tinyurl.com/2cn7rda5>. Acesso em: 26 mar. 2024.

Com o avanço da tecnologia, a RA continua a transcender as barreiras convencionais, penetrando em setores diversos e moldando a maneira como interagimos. Seja na simplificação de tarefas cotidianas, seja na criação de experiências inovadoras, ela promete expandir nossas percepções e desafiar as fronteiras entre o físico e o digital, definindo um novo paradigma na evolução tecnológica.

Conforme a RA se estabelece como uma tecnologia promissora, sua influência ultrapassa as interações individuais, permeando o cenário empresarial e social. Empresas estão incorporando a RA em suas estratégias para oferecer experiências mais ricas aos clientes, destacando produtos de maneiras interativas e personalizadas. A comunicação também é aprimorada com aplicativos de RA que possibilitam a sobreposição de informações em tempo real durante videoconferências e reuniões virtuais.

A mobilidade é outro aspecto em ascensão, com dispositivos portáteis, como óculos inteligentes, é algo que tem ganhado popularidade. Eles oferecem uma experiência mais prática, liberando as mãos do

usuário para interações mais naturais. A integração da RA com tecnologias vestíveis abre caminho para novos horizontes, incluindo assistência em tempo real.

A RA oferece diversas melhorias na acessibilidade para pessoas com deficiência, proporcionando uma experiência mais inclusiva e facilitando a participação em diferentes atividades. Por exemplo: utilizando a câmera de um dispositivo, a RA pode sobrepor informações direcionais em tempo real para ajudar pessoas com deficiência visual a navegar em ambientes desconhecidos, fornecendo orientações auditivas ou visuais. Também é possível identificar e descrever objetos em tempo real, auxiliando pessoas com deficiência visual a entender melhor o ambiente ao seu redor.

Aplicativos de RA podem traduzir automaticamente a linguagem de sinais, facilitando a comunicação entre pessoas surdas e aquelas que não conhecem a língua de sinais. Podemos aplicar RA no desenvolvimento de aplicativos que simulem situações sociais, proporcionando um ambiente virtual seguro para que pessoas com autismo ou dificuldades sociais possam praticar e aprimorar suas habilidades sociais. Para indivíduos com dislexia ou outras dificuldades de leitura, ela é usada para realçar palavras, fornecer definições ou até mesmo converter texto em áudio.

A implementação bem-sucedida da RA na acessibilidade requer a colaboração entre desenvolvedores, designers, especialistas em acessibilidade e usuários finais para garantir que as soluções atendam às necessidades específicas de cada grupo de pessoas com deficiências.

A convergência da RA com outras tecnologias, como inteligência artificial (IA) e internet das coisas (IoT), impulsiona ainda mais sua capacidade de transformar o cotidiano. A coleta e a interpretação de dados em tempo real permitem experiências altamente personalizadas, enquanto a automação baseada em RA contribui para a eficiência operacional em diversos setores.

Apesar das conquistas significativas, a jornada da RA está longe de seu fim. À medida que a pesquisa e o desenvolvimento continuam, podemos esperar avanços ainda mais notáveis, expandindo as fronteiras entre o mundo físico e o digital. Afinal, RA não é apenas uma tecnologia, mas uma narrativa em constante evolução, conectando-nos a novas perspectivas e redefinindo a maneira como percebemos e interagimos com a realidade que nos cerca.

1.2 Histórico e fundamentos

A história da RV e da RA remonta há décadas, com avanços significativos em várias áreas tecnológicas. Ambas têm raízes em experimentos e ideias que começaram a surgir no século XX.

Realidade virtual (RV)

- **Década de 1960:** o conceito inicial de RV foi introduzido por Ivan Sutherland e sua aluna, Myron Krueger. Eles desenvolveram dispositivos de visualização e interação que consolidaram o caminho para a criação de ambientes virtuais.

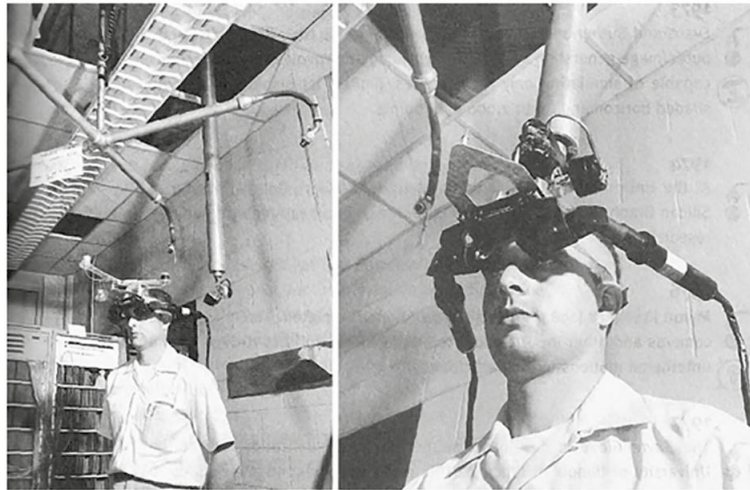


Figura 3 – Display 3D montado na cabeça de Ivan Sutherland (1968).

O display tinha um braço mecânico de contrapeso suspenso e usava transdutores ultrassônicos para rastrear o movimento da cabeça (imagem à esquerda). Na imagem à direita, temos o sistema em uso, ilustrando as diversas partes do sistema de exibição tridimensional

Fonte: Basu (2019, p. 2).

- **Década de 1980:** o termo RV ganhou mais destaque com a introdução dos óculos de cabeça (head-mounted displays – HMDs) e a criação de dispositivos mais avançados, como o dataglove, que permitia a interação através do movimento das mãos.



Figura 4 – Martin Sijdiijn criando uma escultura sem peso com dataglove e head-mounted display

Disponível em: <https://tinyurl.com/mcmf2c3t>. Acesso em: 26 mar. 2024.

- **Década de 1990:** empresas como a Sega e a Nintendo começaram a explorar a RV em videogames, mas o desenvolvimento ainda estava longe de atingir o nível de sofisticação atual. Houve uma recessão no interesse público e investimento, conhecida como inverno da RV.
- **Início do século XXI:** com o avanço da tecnologia de hardware, como processadores gráficos mais poderosos, a RV experimentou um renascimento. Empresas como Oculus VR, fundada por Palmer Luckey, e a HTC lançaram dispositivos que ofereciam experiências mais imersivas.

Atualmente a RV é muito utilizada em diversos campos, incluindo jogos, treinamento militar, medicina, simulações industriais e terapias de exposição.

Realidade aumentada (RA)

- **Década de 1960:** o termo RA foi cunhado por Thomas Caudell em 1990, mas os seus primeiros passos ocorreram na década de 1960, com o desenvolvimento do Sensorama por Morton Heilig, um dispositivo que combinava visão, som, tato e olfato.



Figura 5 – Máquina de realidade virtual, Sensorama, criada por Morton Heilig

Fonte: Campelo (2013, p. 21).

- **Década de 1990:** após criar o termo RA, Caudell, pesquisador da Boeing, utilizou essa expressão para descrever um sistema de treinamento de construção de arame para trabalhadores de montagem de aeronaves. O conceito evoluiu, e a RA começou a ser mais reconhecida e explorada com os avanços na TI e nas capacidades dos dispositivos eletrônicos.

- **Década de 2000:** sua popularização ocorreu com a introdução de aplicativos simples em dispositivos móveis. O lançamento do aplicativo de navegação Wikitude, em 2008, marcou um ponto significativo, permitindo aos usuários sobrepor informações digitais ao mundo real.



Figura 6 – iPhone usando o aplicativo Wikitude, demonstrando um exemplo de RA

Disponível em: <https://tinyurl.com/255bmdyj>. Acesso em: 26 mar. 2024.

- **Década de 2010:** empresas como Google e Apple investiram em tecnologias de RA, lançando plataformas como ARKit e ARCore, respectivamente. Jogos como Pokémon GO se tornaram fenômenos globais, destacando o potencial de entretenimento da RA.

Pokémon GO é um jogo de RA para dispositivos móveis, ele foi desenvolvido pela Niantic em colaboração com a Nintendo e a Pokémon Company. Lançado em julho de 2016, rapidamente se tornou um fenômeno cultural, atraindo milhões de jogadores pelo mundo e gerando um grande impacto na cultura pop.

Sua jogabilidade combina elementos de RA e GPS, permitindo que os jogadores capturem Pokémon no mundo real usando seus smartphones ou tablets. O jogo utiliza o GPS do dispositivo para mapear a localização do jogador e, em seguida, coloca Pokémon virtuais em locais do mundo real. Os jogadores precisam caminhar pelo mundo real para encontrar e capturar Pokémon, visitar PokéStops (locais marcados onde os jogadores podem obter itens) e participar de batalhas em ginásios.

Além da captura, o jogo incentiva a interação social entre os jogadores. Eles podem se unir em equipes e colaborar para conquistar ginásios, participar de eventos especiais e até mesmo trocar Pokémon entre si. Essa interação social ajudou a fortalecer a comunidade de jogadores ao redor do mundo e contribuiu para o sucesso duradouro do game.

Desde o seu lançamento, Pokémon GO passou por várias atualizações e adições de recursos, incluindo a introdução de novos Pokémon, eventos sazonais, batalhas entre jogadores e funcionalidades de RA melhoradas. Ele também teve um impacto significativo na forma como as pessoas interagem com o mundo ao seu redor, incentivando a exploração de novos lugares e promovendo um estilo de vida mais

ativo. No geral, acabou sendo mais do que apenas um jogo. O Pokémon GO se tornou um fenômeno cultural, unindo jogadores de todas as idades em uma experiência única, que combina nostalgia, tecnologia e interação social.



Figura 7 – Imagem do jogo Pokémon Go

Disponível em: <https://tinyurl.com/2yep6mjk>. Acesso em: 26 mar. 2024.



Observação

ARKit e ARCore são plataformas de RA desenvolvidas pela Apple e Google, respectivamente. Elas oferecem conjuntos de ferramentas e frameworks para que desenvolvedores possam criar experiências RA em dispositivos móveis.

ARKit (Apple)

- Desenvolvedor: Apple Inc.
- Plataformas: iOS (iPhone e iPad)
- Lançamento: foi introduzido pela Apple em 2017 com o iOS 11.
- Recursos: ARKit utiliza câmeras, sensores de movimento e processadores de imagem dos dispositivos iOS para mapear o ambiente e sobrepor objetos virtuais de forma precisa. Ele suporta detecção de planos horizontais, rastreamento de rosto, detecção de objetos 3D e outras funcionalidades avançadas.

ARCore (Google)

- Desenvolvedor: Google LLC
- Plataformas: Android
- Lançamento: 2017.
- Recursos: ARCore utiliza sensores de movimento, câmeras e hardware de processamento presentes em dispositivos Android para criar experiências de RA. Ele suporta detecção de superfícies planas, rastreamento de movimento e integração com ambientes 3D.

Ambas as plataformas têm como objetivo proporcionar uma base sólida para o desenvolvimento de aplicativos de RA, permitindo que os desenvolvedores criem experiências imersivas e interativas. Com o ARKit e o ARCore, é possível desenvolver aplicativos que vão desde jogos e entretenimento até aplicações práticas, como visualização de produtos em ambientes reais, ferramentas de design e educação interativa. Cada uma delas é otimizada para os dispositivos e sistemas operacionais específicos de suas respectivas empresas.

Atualmente a RA é aplicada em diversas áreas, incluindo publicidade, educação, design, e-commerce e saúde. Óculos inteligentes, como os lançados pela Microsoft (HoloLens) e outras empresas, prometem levar a experiência de RA a um nível mais avançado.



Figura 8 – Um aplicativo para Microsoft HoloLens no qual o visualizador pode observar uma propriedade em 3D e como ela se ajusta ao local pretendido

Disponível em: <https://tinyurl.com/yvdzj4kr>. Acesso em: 26 mar. 2024.

Ambas as tecnologias (RV e RA) continuam a evoluir rapidamente, com inovações constantes impulsionadas pela convergência de hardware mais poderoso, algoritmos avançados e aplicações práticas em diversas indústrias. O futuro delas promete uma integração ainda mais profunda em nossas vidas cotidianas.

Desenvolvimentos recentes e futuro

A qualidade dos dispositivos de RV está em constante evolução, com avanços em resolução, taxa de atualização e rastreamento de movimentos. Empresas como Oculus, HTC e Valve têm lançado novas gerações de headsets, proporcionando experiências mais imersivas. A RV se integra cada vez mais com outras tecnologias emergentes, como inteligência artificial e IoT. Isso permite interações mais complexas e realistas nos ambientes virtuais.

Terapias de exposição baseadas em RV são exploradas para tratar transtornos de ansiedade, fobias e estresse pós-traumático. A capacidade da RV de criar ambientes controlados e simulados é uma vantagem significativa nesses contextos. Ela também é muito utilizada em ambientes educacionais e empresariais para simulações de treinamento, o que é especialmente valioso em setores como medicina, aviação e manufatura.

A RA avança em direção a dispositivos mais leves e discretos, como óculos inteligentes. Empresas como Apple, Google e Microsoft investem em tecnologias que integram informações digitais diretamente no campo de visão do usuário. Ela transforma o modo como fazemos compras e navegamos no mundo. Aplicativos de RA para experimentação virtual de produtos, navegação assistida por RA e publicidade interativa estão se tornando cada vez mais comuns.

Na indústria, setores como design industrial, arquitetura e manufatura estão adotando a RA para visualizações 3D em tempo real, melhorando processos de design e colaboração.

A linha entre RV e RA se torna mais tênue com o desenvolvimento de tecnologias que permitem a sobreposição de elementos virtuais no mundo real e vice-versa. Isso é conhecido como realidade mista, oferecendo experiências que combinam o melhor dos dois mundos.

Ambas as realidades estão rapidamente se tornando partes essenciais da paisagem tecnológica, influenciando a forma como vivemos, trabalhamos e nos entretemos. À medida que a tecnologia evolui, podemos esperar integrações mais profundas e aplicações ainda mais inovadoras, abrindo caminho para uma realidade digital mais envolvente e funcional.

Fundamentos da RV

A base da RV reside na criação de ambientes digitais tridimensionais que podem ser explorados e interagidos pelos usuários. Isso envolve a simulação de espaços realistas, muitas vezes utilizando gráficos avançados, áudio espacial e feedback tátil. Para uma experiência imersiva, a RV depende de dispositivos que permitam aos usuários interagir com o ambiente virtual. Isso inclui óculos de realidade virtual (HMDs), controladores de mão, sensores de movimento e feedback háptico para simular sensações táteis.

O rastreamento preciso dos movimentos do usuário é essencial para proporcionar uma experiência imersiva. Sensores e câmeras são usados para monitorar os movimentos de cabeça, mãos e, em alguns casos, até mesmo do corpo inteiro, permitindo uma interação natural no ambiente virtual. A latência, ou atraso percebido entre a ação do usuário e a resposta no ambiente virtual, é crucial para evitar desconforto e simular uma experiência natural. Isso exige hardware e software otimizados para minimizar qualquer atraso perceptível.

A capacidade de renderizar gráficos em tempo real é um dos pilares da RV, proporcionando ambientes dinâmicos e interativos. Processadores gráficos poderosos são essenciais para criar mundos virtuais visualmente impressionantes.

Sensorama e RV

O Sensorama foi uma invenção do cineasta Morton Heilig com o objetivo de proporcionar uma experiência de cinema multissensorial e imersiva. Heilig queria criar um dispositivo que envolvesse mais do que apenas a visão e a audição, oferecendo uma experiência sensorial completa. O Sensorama possuía um sistema estereoscópico para exibir imagens em 3D. Utilizando lentes especiais, cada olho do espectador via uma imagem ligeiramente diferente, criando a ilusão de profundidade tridimensional.

O dispositivo também incluía um sistema de som estereofônico para fornecer uma experiência auditiva mais envolvente, sincronizada com as imagens em exibição. O Sensorama tinha dispositivos de ventilação que simulavam o vento, além de emitir aromas específicos para corresponder às cenas exibidas. Por exemplo, se a cena era de uma motocicleta correndo, o vento seria simulado, e o cheiro da rua seria liberado.

Para adicionar ainda mais realismo, o Sensorama incluía cadeiras com vibração e movimento. Isso permitia que o espectador sentisse a vibração de um veículo em movimento ou as sacudidas de uma cena mais intensa. Possuía um sistema de controle que permitia aos usuários interagir com o que estavam vendo. Por exemplo, em um filme de passeio de moto, os espectadores podiam girar o guidão para influenciar a direção da moto na tela. Trata-se de uma precursora importante da ideia contemporânea de RV e RA. Embora não tenha alcançado ampla aceitação na época, seu conceito influenciou futuros desenvolvimentos na tecnologia de entretenimento e na busca por criar experiências mais ricas e envolventes para o público.

Fundamentos da RA

Ao contrário da RV, que cria ambientes virtuais isolados, a RA sobrepõe informações digitais ao ambiente real. Isso é geralmente executado por meio de dispositivos como smartphones, tablets ou óculos inteligentes.

A RA depende de tecnologias de rastreamento para compreender e mapear o ambiente físico. Tal aspecto pode incluir o reconhecimento de marcadores visuais, sensores de profundidade ou tecnologias baseadas em GPS para posicionar com precisão os elementos digitais sobre o mundo real. Ela se esforça

para fornecer informações úteis e contextualmente relevantes. Por exemplo, em aplicações de navegação, a RA pode sobrepor setas direcionais na rua em tempo real.

Óculos inteligentes, como o Google Glass, e aplicativos em dispositivos móveis são as principais formas de experimentar a RA. Esses dispositivos utilizam telas transparentes para permitir que os usuários vejam tanto o mundo real quanto as informações digitais sobrepostas.



Lembrete

A capacidade de renderizar gráficos em tempo real é um dos pilares da RV, proporcionando ambientes dinâmicos e interativos.



Figura 9 – Óculos inteligentes podem ser usados nas fábricas

Disponível em: <https://tinyurl.com/k639fxwz>. Acesso em: 26 mar. 2024.

Sketchpad e RA

O Sketchpad é um sistema de computação gráfica pioneiro desenvolvido por Ivan Sutherland como parte de sua tese de doutorado, concluída em 1963 no Massachusetts Institute of Technology (MIT). Essa inovação representou um marco significativo no campo da computação gráfica e interação humano-computador. Ele permitiu a criação de imagens tridimensionais em um ambiente virtual usando um tablet e uma tela de computador. Enquanto não era exatamente uma tecnologia de RA, o Sketchpad lançou as bases para a interação digital em tempo real, fundamental para a evolução das interfaces digitais e da RA.

Ivan Sutherland começou a trabalhar no Sketchpad no início da década de 1960, e sua tese, intitulada *Sketchpad: a man-machine graphical communication system*, foi apresentada em 1963. Destaca-se que o Sketchpad foi uma das primeiras implementações de uma interface gráfica interativa. Ele permitiu que os usuários desenhasssem diretamente na tela usando uma caneta de luz e interagissem com os objetos gráficos resultantes.

Uma característica revolucionária do Sketchpad foi a capacidade de manipular objetos diretamente na tela. Os usuários podiam inserir, editar e manipular geometria visual usando a caneta de luz, antecipando as interfaces gráficas modernas. O Sketchpad introduziu o conceito de restrições geométricas, permitindo que os usuários definissem relações específicas entre objetos. Isso permitiu a criação de desenhos com propriedades específicas, como a manutenção de ângulos ou distâncias constantes.

O Sketchpad possibilitou a visualização em tempo real, uma inovação significativa na época. As mudanças feitas pelo usuário eram refletidas imediatamente na tela, proporcionando uma experiência interativa e dinâmica. Trata-se de um precursor das modernas interfaces gráficas de usuário (GUI). Muitos conceitos introduzidos por Sutherland, como a manipulação direta de objetos, restrições geométricas e visualização interativa, tornaram-se fundamentais em sistemas operacionais contemporâneos.

A contribuição do Sketchpad é imensa, pois influenciou diretamente o desenvolvimento de tecnologias de computação gráfica, o design assistido por computador (CAD) e a interação humano-computador. O trabalho de Ivan Sutherland é reconhecido como uma das bases para as interfaces gráficas que usamos diariamente em computadores e dispositivos móveis.



Saiba mais

Para compreender o Sketchpad, recomendamos a leitura do seguinte artigo:

SUTHERLAND, I. *Sketchpad: a man-machine graphical communication system*. American Federation of Information Processing Societies (AFIPS), 1963. v. 2.

Para superpor informações digitais de maneira precisa, a RA muitas vezes utiliza o reconhecimento de imagens ou marcadores visuais. Os dispositivos identificam padrões específicos no ambiente real para ancorar e posicionar os elementos virtuais. Ela também pode aproveitar a localização geoespacial, usando GPS e sensores de movimento para sobrepor informações específicas de acordo com a localização do usuário. Isso é particularmente útil em aplicativos de navegação, turismo e marketing localizado.

Avanços em inteligência artificial e algoritmos de aprendizado de máquina contribuem para a capacidade da RA de interpretar e responder ao ambiente em tempo real, permitindo uma experiência mais adaptativa e personalizada ao usuário.

Impacto na sociedade

Tanto a RV quanto a RA têm impactado positivamente vários setores industriais. Desde treinamento militar e médico até design de produtos e manufatura, essas tecnologias otimizam processos e aumentam a eficiência. Ambas têm o potencial de revolucionar a educação, oferecendo experiências de

aprendizado mais envolventes e práticas. Simulações em RV proporcionam ambientes de aprendizado realistas, enquanto a RA enriquece livros e materiais educativos.

No campo do entretenimento e consumo, a RV tem transformado a experiência de jogos, enquanto a RA redefine a forma como fazemos compras, interagimos com publicidade e exploramos o mundo.

O uso generalizado dessas tecnologias também levanta questões éticas e de privacidade. Questões relacionadas ao acesso e uso de dados pessoais, além de potenciais vieses algorítmicos, precisam ser abordadas à medida que essas tecnologias se tornam parte integrante da vida cotidiana.

Os fundamentos da RV e da RA estão enraizados na criação de ambientes digitais imersivos e na sobreposição de informações digitais ao mundo real, respectivamente. Enquanto a RV busca criar mundos alternativos, a RA enriquece a realidade existente com dados e interações digitais, impulsionando inovações em diversos setores e transformando a forma como vivemos, trabalhamos e aprendemos.

1.3 Estudo da arte e aplicações

As aplicações da RV e RA são vastas e continuam a se expandir em diversas áreas, por exemplo, em medicina, educação, arquitetura ou entretenimento. O constante avanço tecnológico promete ainda mais inovações e benefícios em breve.

1.3.1 Realidade virtual e realidade aumentada: aplicações em diferentes áreas

Medicina

- **Treinamento de cirurgiões:** ambas as tecnologias são utilizadas para criar simulações realistas a fim de treinar cirurgiões. A RV proporciona ambientes virtuais para praticar procedimentos, enquanto a RA sobrepõe informações cruciais durante intervenções reais.
- **Terapia de exposição em RV:** na área de saúde mental, a RV é empregada em terapias de exposição para tratar fobias, transtorno de estresse pós-traumático (TEPT) e ansiedade. Pacientes podem enfrentar seus medos em ambientes controlados e seguros.
- **Visualização de dados médicos:** a RA é usada para sobrepor imagens médicas tridimensionais em tempo real durante procedimentos cirúrgicos, auxiliando os médicos na navegação e tomada de decisões.

Educação

- **Aulas virtuais em RV:** instituições educacionais adotam a RV para criar aulas virtuais imersivas. Isso oferece aos alunos a chance de explorar conceitos complexos em ambientes 3D interativos.

- **Suplemento didático com RA:** na Educação Básica, a RA é usada para enriquecer livros didáticos e materiais educativos. Os alunos podem visualizar modelos 3D, gráficos interativos e informações adicionais sobre os assuntos estudados.
- **Treinamento profissional:** em setores como aviação e manufatura, a RV é empregada no treinamento de profissionais para situações práticas, oferecendo experiências realistas e seguras.

Arquitetura e design

- **Visualização de projetos em RV:** arquitetos utilizam a RV para visualizar seus projetos em escala real antes da construção. Isso ajuda na identificação de possíveis problemas de design e na comunicação eficaz com os clientes.
- **RA em inspeções:** na construção civil, a RA é adotada em inspeções. Engenheiros podem sobrepor informações digitais ao ambiente real para avaliar o progresso da construção e detectar possíveis problemas.
- **Decoração virtual em RA:** no design de interiores, a RA é aplicada para sobrepor elementos decorativos virtualmente em ambientes reais, permitindo que os clientes visualizem como os móveis e acessórios ficarão em seus espaços.

Indústria automotiva

- **Design de veículos em RV:** empresas automotivas utilizam a RV para visualizar protótipos de veículos em detalhes antes da produção. Isso acelera o processo de design e reduz custos.
- **Treinamento de técnicos com RA:** a RA é empregada no treinamento de técnicos de manutenção, sobrepondo informações sobre os componentes do veículo durante procedimentos de reparo.

Turismo

- **Guias turísticos em RA:** aplicativos de RA são usados como guias turísticos interativos, fornecendo informações sobre pontos turísticos ao apontar a câmera do dispositivo para edifícios e locais históricos.
- **Simulações de destinos em RV:** agências de viagens exploram a RV para oferecer aos clientes simulações virtuais de destinos, proporcionando uma prévia imersiva das experiências de viagem.

Entretenimento e jogos

- **Experiências de entretenimento em RV:** a RV é amplamente adotada na indústria do entretenimento, proporcionando experiências imersivas em filmes, documentários e jogos.
- **Jogos de RA:** jogos como Pokémon GO demonstram a capacidade da RA para envolver os jogadores no mundo real, sobrepondo elementos digitais ao ambiente físico.

1.4 Hardwares e softwares apropriados

1.4.1 Realidade virtual (RV)

Hardware

- **Óculos de realidade virtual (HMDs):** são dispositivos essenciais na RV, oferecendo telas para cobrir os olhos do usuário e proporcionar uma experiência imersiva. Exemplos incluem Oculus Rift, HTC Vive e PlayStation VR.
- **Sensores de rastreamento:** utilizados para monitorar os movimentos do usuário, proporcionando interações precisas no ambiente virtual. Exemplos incluem sensores como Oculus Sensor ou estações de base como as do HTC Vive.
- **Controladores de movimento:** permitem aos usuários interagir com o ambiente virtual por meio de gestos. Exemplos: controladores Oculus Touch e os controladores do PlayStation Move.
- **Computadores poderosos:** são necessários para uma experiência de RV de alta qualidade. Eles devem ter placas gráficas poderosas para renderizar gráficos em tempo real. Exemplos incluem GPUs como NVIDIA GeForce RTX e AMD Radeon RX.

Software

- **Plataformas de desenvolvimento:** Unity e Unreal Engine são duas das principais plataformas para o desenvolvimento de aplicativos de RV. Elas oferecem ferramentas robustas para a criação de ambientes virtuais.
- **Sistemas operacionais específicos:** alguns dispositivos de RV têm sistemas operacionais dedicados, como o Oculus OS ou o SteamVR, que garantem a compatibilidade e a otimização com o hardware específico.
- **Aplicações e jogos VR:** uma variedade de aplicativos e jogos de VR estão disponíveis, desde experiências imersivas em educação até jogos de entretenimento. Exemplos incluem Tilt Brush, Beat Saber e Vader Immortal.

1.4.2 Realidade aumentada (RA)

Hardware

- **Óculos inteligentes:** dispositivos como Microsoft HoloLens, Google Glass e Magic Leap oferecem uma experiência de RA, sobrepondo informações digitais ao campo de visão do usuário.
- **Smartphones e tablets:** amplamente usados como dispositivos de RA, empregam suas câmeras e sensores para sobrepor informações digitais ao mundo real por meio de aplicativos específicos.

- **Sensores de posicionamento e movimento:** essenciais para rastrear a posição e os movimentos do usuário. Exemplos incluem GPS, acelerômetros, giroscópios e magnetômetros.

Software

- **Kits de desenvolvimento (SDKs):** empresas como ARKit (Apple), ARCore (Google) e Vuforia oferecem SDKs que permitem aos desenvolvedores criar aplicativos de RA compatíveis com diferentes dispositivos.
- **Plataformas de desenvolvimento:** Unity e Unreal Engine também são utilizadas na criação de aplicações de RA, proporcionando uma base sólida para criar experiências interativas.
- **Aplicações de navegação:** aplicativos como Google Maps e Yelp usam a RA para sobrepor informações de navegação e pontos de interesse no mundo real.
- **Aplicações de comércio:** várias empresas de comércio eletrônico e varejo implementam a RA para permitir que os consumidores visualizem produtos em seus próprios ambientes antes da compra.

1.4.3 Integração de RV e RA

Dispositivos multifuncionais como o Oculus Quest incorporam capacidades de RA, permitindo a sobreposição de elementos digitais no mundo real enquanto ainda oferecem experiências de RV. Empresas trabalham para criar plataformas que unificam ambas as tecnologias, proporcionando uma experiência mais completa e versátil. O hardware e software específicos para RV e RA são importantes na criação e no consumo dessas experiências imersivas. A constante evolução das tecnologias impulsiona inovações em diversas áreas, desde entretenimento e educação até saúde e indústria.

Na RA, elementos virtuais são sobrepostos ao ambiente físico real. Isso pode incluir informações contextuais, objetos 3D ou dados visuais que enriquecem a percepção do usuário sobre o mundo ao seu redor. Um método comum é aquele no qual a tecnologia reconhece marcadores físicos, como códigos de barras ou imagens específicas, para posicionar e alinhar os elementos virtuais no ambiente real.

Muitas aplicações de RA são acessíveis por meio de smartphones. Os sensores de câmera e giroscópio desses dispositivos permitem a sobreposição de elementos virtuais ao mundo real.

Dispositivos de entrada que possibilitam aos usuários interagir com o ambiente virtual ou aumentado podem incluir controles de mão, joysticks ou dispositivos de rastreamento de movimento. O objetivo deles é criar experiências que respondam de maneira intuitiva aos gestos e movimentos naturais do usuário, proporcionando uma sensação de presença mais autêntica. Tanto na RV quanto na RA, as simulações são utilizadas para treinar profissionais em ambientes controlados e realistas, como simulações médicas para cirurgias ou treinamento de pilotos. A RA é frequentemente adotada em campanhas de marketing interativo, possibilitando aos consumidores experimentar produtos virtualmente antes da compra, enquanto a RV cria experiências imersivas de marca.

Com a compreensão de tais conceitos e terminologia, é possível explorar as vastas potencialidades e aplicações dessas tecnologias inovadoras, que continuam a evoluir rapidamente.

2 FUNDAMENTOS DA COMPUTAÇÃO GRÁFICA PARA SIMULADORES

A computação gráfica é essencial no desenvolvimento de simuladores, proporcionando ambientes visuais realistas e interativos. Os conceitos dessa área são vitais para criar experiências simuladas imersivas em diversos campos, como treinamento militar, aviação, medicina, manufatura e entretenimento.

A representação tridimensional de objetos e ambientes é a base da computação gráfica para simuladores. Os modelos 3D são criados por meio de técnicas como polígonos, malhas e superfícies paramétricas, permitindo a construção detalhada e realista de elementos virtuais.

A renderização é o processo de converter modelos 3D em imagens 2D que são exibidas na tela. Técnicas avançadas de renderização, como sombreadamento, mapeamento de texturas, efeitos de iluminação e sombras, são essenciais para criar visuais convincentes e realistas em simuladores. Por sua vez, simuladores exigem uma capacidade significativa de processamento gráfico em tempo real para garantir uma resposta rápida às interações do usuário. Isso envolve otimização de código, uso eficiente de recursos de hardware e implementação de algoritmos que mantenham a qualidade visual em tempo hábil.

A simulação de física é vital para criar ambientes interativos e realistas. Isso inclui a modelagem precisa de movimentos, colisões, fluidos e outros fenômenos físicos. A integração de engines de física ajuda a garantir que os objetos virtuais se comportem de maneira semelhante aos seus equivalentes no mundo real.

A interação eficaz é um elemento importante nos simuladores. Isso envolve o desenvolvimento de interfaces de usuário intuitivas e a integração de dispositivos de entrada, como joysticks, controles de movimento e outros periféricos. A resposta em tempo real às ações do usuário é essencial para proporcionar uma experiência imersiva. A utilização de sistemas de partículas permite a simulação de fenômenos como fogo, fumaça, chuva e explosões, contribuindo para a autenticidade das cenas. Efeitos visuais avançados, como motion blur, profundidade de campo e reflexos, melhoram a qualidade estética da simulação.

A integração de tecnologias de RV e RA nos simuladores expande as possibilidades de interação e imersão. Ambientes virtuais criados pela RV oferecem experiências imersivas, enquanto a RA pode sobrepor informações úteis ao mundo real, aprimorando a simulação.

A aplicação de texturas em modelos 3D é essencial para dar detalhes e realismo às superfícies virtuais. Técnicas avançadas de mapeamento de texturas, como bump mapping e normal mapping, são empregadas para criar superfícies mais complexas e detalhadas. A simulação de iluminação global também é fundamental para reproduzir com precisão os efeitos de iluminação em um ambiente virtual.

Técnicas como o mapeamento de ambiente e o uso de equações de reflexão são aplicadas para criar ambientes visualmente convincentes.

Engines gráficas são frameworks de software que facilitam o desenvolvimento de simuladores. Exemplos incluem Unity, Unreal Engine e CryEngine, que fornecem ferramentas poderosas para a criação, renderização e otimização de ambientes 3D.

Em suma, os fundamentos da computação gráfica são a espinha dorsal dos simuladores, permitindo a criação de ambientes virtuais envolventes e realistas. A evolução constante desses fundamentos impulsiona a inovação em simuladores, oferecendo experiências cada vez mais sofisticadas e impactantes.



Saiba mais

Para entender melhor a computação gráfica, recomendamos o seguinte livro:

AZEVEDO, E.; CONCI, A. *Computação gráfica: teoria e prática*. Rio de Janeiro: Campus, 2003b. v. 2.

2.1 Sistemas de interfaces não convencionais

Contribuem para a evolução dos simuladores, proporcionando experiências mais imersivas e interativas. Essas interfaces exploram tecnologias avançadas para tornar a interação entre o usuário e o simulador mais natural e envolvente.

O rastreamento de movimento utiliza sensores para localizar os movimentos do corpo e das mãos do usuário na RV. Isso permite uma interação mais natural com o ambiente virtual, aumentando a sensação de presença. O reconhecimento de gestos permite que os usuários controlem o simulador através de movimentos específicos. Essa abordagem é comumente adotada em aplicações de treinamento militar e simulações de voo.

A integração de dispositivos hápticos gera feedback tátil através de luvas hápticas e dispositivos de retroalimentação de força. Esses dispositivos reproduzem sensações táteis, aumentando a sensação de realismo. A utilização de óculos inteligentes sobrepõe informações digitais ao ambiente real, oferecendo uma interface de usuário transparente, proporcionando dados contextualizados durante a interação com o simulador.

O reconhecimento de marcadores e imagens é feito por meio de sistemas que utilizam o reconhecimento de marcadores ou imagens para sobrepor informações digitais a objetos específicos no ambiente real. Isso é explorado em simulações médicas e treinamento industrial. A utilização de reconhecimento de voz permite aos usuários controlar o simulador por meio de comandos de voz. Essa

abordagem é particularmente útil em situações em que o uso de mãos e olhos está comprometido, como em simulações de condução.

Há ainda a utilização de câmeras para reconhecer expressões faciais e traduzi-las em comandos para o simulador. Isso pode ser aplicado em simulações de treinamento de atendimento ao cliente e treinamento de habilidades sociais.

Acentua-se que sistemas capturam e interpretam sinais cerebrais, permitindo que os usuários controlem o simulador com o pensamento. Essa abordagem, embora em estágios iniciais, pode ter aplicações futuras significativas.

Como vimos, a integração de dispositivos vestíveis oferece feedback tátil, como coletes ou luvas hápticas. Esses dispositivos proporcionam sensações táteis realistas durante a interação com o ambiente virtual.

As interfaces não convencionais aumentam a imersão, possibilitando aos usuários interagirem de maneira mais natural e intuitiva com o simulador. A execução dessas tecnologias enfrenta desafios técnicos, como a necessidade de algoritmos avançados e hardware especializado. Além disso, questões ergonômicas devem ser consideradas para garantir conforto e segurança. Essas interfaces permitem maior personalização da experiência do usuário, adaptando-se a preferências individuais e necessidades específicas.

Os sistemas de interfaces não convencionais são muito importantes na evolução dos simuladores, proporcionando experiências mais imersivas e realistas. Com o constante desenvolvimento dessas tecnologias, espera-se que a interação entre usuários e simuladores alcance novos patamares de sofisticação e envolvimento.

2.2 Etapas de processamento: sistema de realidade virtual

Os sistemas de RV são complexos e envolvem diversas etapas de processamento para proporcionar experiências imersivas aos usuários. A computação gráfica é fundamental nesse processo, criando ambientes virtuais e garantindo uma interação em tempo real.

- 1. Captura e rastreamento de movimento:** sensores, câmeras e dispositivos de rastreamento são utilizados para registrar as posições e os movimentos de cabeça, mãos e, em alguns casos, do corpo inteiro.
- 2. Modelagem e renderização:** os modelos 3D dos ambientes virtuais e objetos são criados. Isso envolve a representação detalhada de geometria, texturas e outros atributos visuais dos elementos virtuais. Os modelos 3D são processados para criar imagens 2D. Técnicas avançadas de renderização, como sombreadimento, mapeamento de texturas e efeitos de iluminação, são aplicadas para gerar visuais realistas.

3. **Rastreamento de posicionamento:** é fundamental garantir que a posição e a orientação dos objetos virtuais estejam corretamente alinhadas com o mundo real. Calibração e sincronização são essenciais para manter a coerência entre o ambiente virtual e a movimentação do usuário.
4. **Integração de dispositivos de entrada:** integração de controladores de mão, luvas hápticas e outros periféricos. Esses dispositivos permitem que o usuário interaja com o ambiente virtual de maneira mais natural.
5. **Geração de som e áudio espacial:** etapa crucial para a imersão. Técnicas de áudio espacial são aplicadas para criar uma experiência auditiva realista, incluindo a simulação de direção e distância de fontes sonoras.
6. **Redução de latência:** a latência é minimizada para garantir que as interações do usuário sejam refletidas instantaneamente no ambiente virtual. Isso é essencial para evitar desconforto e manter a sensação de presença.
7. **Integração de RA:** quando aplicável, a integração de elementos de RA é realizada sobrepondo informações digitais ao mundo real. Isso pode incluir marcadores visuais, dados contextuais ou gráficos sobrepostos.
8. **Personalização e adaptação:** os sistemas de RV podem incluir configurações para se adaptar às opções e características individuais dos usuários, como altura, preferências visuais e sensibilidade a movimentos.
9. **Monitoramento e atualização dinâmica:** o sistema monitora constantemente as interações do usuário e ajusta dinamicamente o ambiente virtual. Isso pode envolver a adaptação da iluminação, a incorporação de elementos dinâmicos e a otimização do desempenho.
10. **Encerramento e feedback final:** ao encerrar a sessão de RV, é importante fornecer feedback final ao usuário. Isso pode incluir estatísticas de desempenho, recomendações para melhorias ou simplesmente um resumo da sessão.

Essas etapas ilustram a complexidade envolvida na criação e execução de sistemas de RV. Com a evolução da tecnologia, espera-se que as etapas se tornem mais sofisticadas, proporcionando experiências mais imersivas e realistas.

2.3 Coordenadas, transformações e projeções

A manipulação eficiente de coordenadas, transformações e projeções é vital na criação de ambientes virtuais realistas em simuladores por meio da computação gráfica. Esses conceitos são essenciais para posicionar objetos no espaço 3D, alterar sua aparência e projetá-los na tela de forma convincente.

Coordenadas

As **coordenadas de mundo**, também conhecidas como coordenadas globais, são um conceito vital em computação gráfica e em muitas áreas da ciência e engenharia. Elas descrevem a posição de

um objeto em um sistema de coordenadas tridimensional fixo e absoluto em relação a um ponto de referência comum.

Em uma aplicação de gráficos 3D, o sistema de coordenadas de mundo define um espaço tridimensional no qual todos os objetos são posicionados e orientados. Geralmente, esse sistema é definido com base em um ponto de origem fixo, com eixos que se estendem nas direções X, Y e Z. Por exemplo, o ponto (0, 0, 0) pode ser definido como o centro do mundo, onde os eixos X, Y e Z se cruzam.

As coordenadas de mundo são usadas para especificar a posição e orientação de cada objeto em uma cena 3D. A cada objeto é atribuído um conjunto de coordenadas de mundo que indicam sua localização e orientação em relação ao ponto de origem do sistema de coordenadas. Essas coordenadas são usadas pelos programas de computador para renderizar os objetos em suas posições corretas na tela.

Além disso, as coordenadas de mundo são importantes para calcular transformações e interações entre objetos em uma cena 3D. Por exemplo, ao mover um objeto de uma posição para outra, é necessário atualizar suas coordenadas de mundo para refletir sua nova localização. Da mesma forma, ao rotacionar ou escalar um objeto, suas coordenadas são ajustadas para manter sua posição e orientação corretas.

Outro grupo é formado pelas **coordenadas de objeto**, que são um conceito importante em computação gráfica e em áreas relacionadas, como jogos, modelagem 3D e design de computador. Elas descrevem a posição, orientação e escala de um objeto em relação ao próprio objeto ou a um sistema local de coordenadas. Em contraste com as coordenadas de mundo, que descrevem a posição de um objeto em um sistema fixo e absoluto de coordenadas tridimensional, as de objeto são relativas ao próprio objeto ou a um sistema de coordenadas nele localizado.

Em um sistema de coordenadas de objeto local, o objeto possui seu próprio conjunto de eixos coordenados (X, Y e Z), geralmente centrados nele próprio. As coordenadas de objeto descrevem a posição do objeto em relação a esse sistema de coordenadas local. Por exemplo, se o objeto estiver posicionado exatamente no centro de seu sistema de coordenadas local, suas coordenadas de objeto serão (0, 0, 0). Se ele estiver deslocado para a direita em relação ao eixo X local, suas coordenadas de objeto serão positivas nesse eixo, e assim por diante.

As coordenadas de objeto são frequentemente usadas para realizar transformações locais em objetos individuais. Por exemplo, ao girar um objeto em torno de seu próprio eixo, elas são empregadas para calcular a rotação com base em seu sistema de coordenadas local. Da mesma forma, ao escalar um objeto, procuram determinar a escala relativa ao objeto, mantendo seu sistema de coordenadas local como ponto de referência. Elas são ainda úteis em cenários onde vários objetos estão interagindo entre si, sendo que cada um deles pode ter suas próprias coordenadas de objeto locais, permitindo que seja movido, girado ou escalado independentemente de outros objetos na cena.

Por fim, temos as **coordenadas de visão ou coordenadas de câmera**, que são um aspecto vital em ambientes tridimensionais, especialmente em computação gráfica, realidade virtual e jogos. Elas descrevem a posição e orientação de uma câmera virtual em relação a um sistema de coordenadas tridimensional.

Em um sistema de coordenadas de visão, a câmera é o ponto de vista através do qual a cena é observada e renderizada. Ela define o que será visto na tela ou no visor em um aplicativo gráfico ou em um jogo. As coordenadas de visão incluem informações como a posição da câmera no espaço tridimensional (X, Y, Z), sua direção de visualização e sua orientação.

A posição da câmera no espaço é crucial, pois determina o ponto de onde a cena será visualizada. Por exemplo, se a câmera estiver posicionada em uma dada coordenada (X, Y, Z), ela capturará a cena a partir desse ponto específico. Além disso, a direção de visualização indica para onde ela está apontada, estabelecendo o que será visível na cena. Por fim, a orientação da câmera, geralmente especificada em termos de ângulos de rotação em relação aos eixos X, Y e Z , afeta a perspectiva e a composição da cena na imagem final.

As coordenadas de visão são fundamentais para o processo de renderização de gráficos 3D. Elas são usadas para calcular como cada objeto na cena é projetado na imagem final, levando em consideração a posição e orientação da câmera em relação aos objetos. Isso inclui cálculos de perspectiva, projeção e iluminação necessários para criar uma representação visual realista da cena. Além disso, elas são importantes em sistemas de RV, nos quais a posição e orientação da câmera são usadas para rastrear o movimento da cabeça do usuário e atualizar a cena em conformidade, proporcionando uma experiência imersiva e interativa.

Transformações

A **translação** é um conceito essencial em geometria e matemática que descreve o movimento de um objeto de uma posição para outra em um espaço tridimensional, mantendo sua orientação e forma. No contexto da computação gráfica, é uma das três transformações básicas aplicadas a objetos 3D, com rotação e escala. Em termos simples, ela envolve mover um objeto do ponto A para o ponto B no espaço, deslocando-o em uma direção específica e por uma determinada distância. Isso é feito adicionando ou subtraindo valores específicos às coordenadas do objeto em cada eixo (X, Y, Z) para determinar sua nova posição.

Por exemplo, se quisermos transladar um objeto em uma direção horizontal (eixo X), adicionamos ou subtraímos um valor à sua coordenada X . Da mesma forma, para transladar em uma direção vertical (eixo Y) ou profundidade (eixo Z), aplicamos mudanças nas coordenadas Y ou Z , respectivamente.

A translação pode ser representada matematicamente por um vetor de translação, que especifica a quantidade de movimento em cada direção. Esse vetor é frequentemente expresso como (dx, dy, dz) , onde dx representa a mudança ao longo do eixo X , dy a mudança ao longo do eixo Y e dz a mudança ao longo do eixo Z .

Trata-se de uma operação linear, o que significa que é comutativa e associativa. Ou seja, a ordem em que as translações são aplicadas não afeta o resultado final, e múltiplas delas podem ser combinadas em uma única translação. Por exemplo, transladar um objeto 3 unidades ao longo do eixo X e, em seguida, 5 unidades ao longo do eixo Y , é equivalente a transladar o objeto 5 unidades ao longo do eixo Y primeiro e, em seguida, 3 unidades ao longo do eixo X .

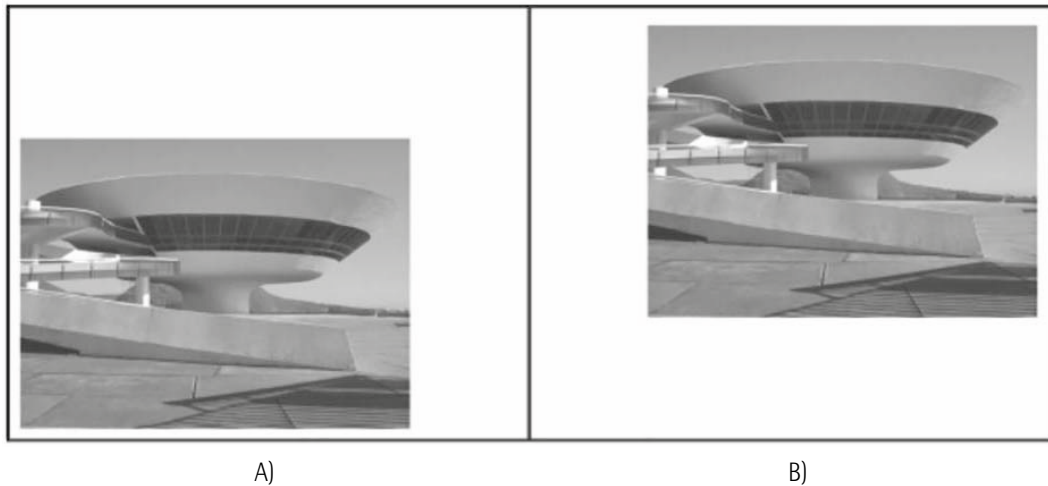


Figura 10 – Exemplo de translação da imagem. A) Imagem original e B) imagem transladada

Fonte: Azevedo, Conci e Leta (2022, p. 135).

A **rotação** é uma das transformações básicas usadas em geometria e computação gráfica para manipular objetos em um espaço tridimensional. Ela envolve girar um objeto em torno de um ponto ou eixo específico, alterando sua orientação sem modificar sua forma ou posição relativa.

Existem diferentes formas de realizar rotações, dependendo do sistema de coordenadas utilizado e do tipo de rotação desejado. Elas podem ser especificadas em relação aos eixos X, Y e Z (rotação de Euler), em torno de um eixo arbitrário definido por um vetor, ou em torno de um ponto específico no espaço. Por exemplo, em uma rotação em torno do eixo Y, o objeto gira em torno do eixo vertical. Isso significa que a cada ponto do objeto é aplicada uma rotação em torno do eixo Y mantendo os pontos no mesmo raio da origem, criando assim uma rotação em torno do eixo Y.

As rotações são frequentemente expressas em termos de ângulos, como graus ou radianos. Um ângulo positivo de rotação indica uma rotação no sentido anti-horário, enquanto um ângulo negativo indica uma rotação no sentido horário (em um sistema de coordenadas de mão direita). A quantidade de rotação é determinada pelo ângulo especificado.

Uma propriedade importante das rotações é a composição, isto é, múltiplas rotações podem ser combinadas para formar uma única. Isso é especialmente útil ao criar animações ou manipular objetos em ambientes 3D.

Na computação gráfica, rotações são utilizadas para criar efeitos visuais, animações e simulações tridimensionais. Elas são essenciais para dar vida a personagens, objetos e cenários, permitindo que sejam vistos de diferentes ângulos e perspectivas.

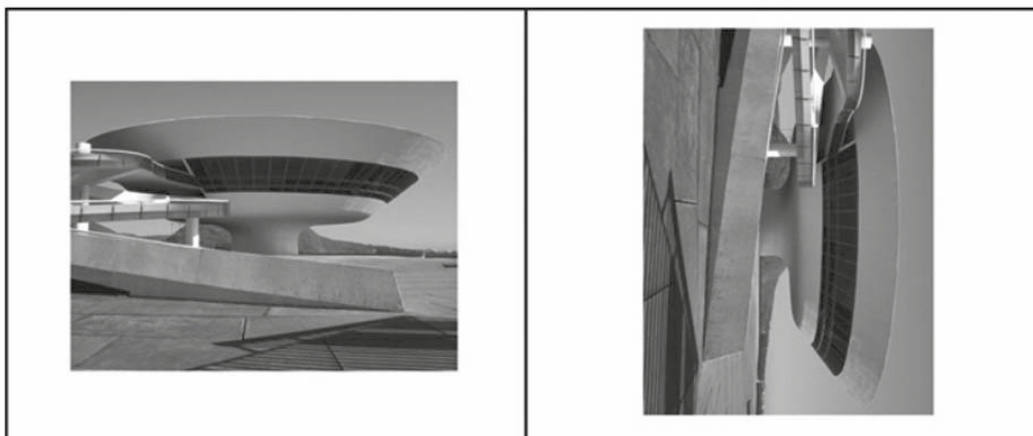


Figura 11 – Exemplo de rotação de 90° no sentido horário

Fonte: Azevedo, Conci e Leta (2022, p. 135).

A **escala** é uma das transformações fundamentais utilizadas em geometria e computação gráfica para modificar o tamanho de um objeto em um espaço tridimensional. Ela envolve aumentar ou diminuir as dimensões de um objeto em todas as direções, mantendo sua forma e proporções. Nela, um fator de escala é aplicado a cada coordenada do objeto ao longo dos eixos X, Y e Z. Esse fator determina o quanto o objeto será redimensionado em cada direção. Por exemplo, um fator de escala de 2 dobraria o tamanho do objeto em relação a cada eixo, enquanto um fator de 0.5 reduziria pela metade seu tamanho.

A escala pode ser uniforme, ou seja, um mesmo fator é aplicado em todas as direções, resultando em um redimensionamento uniforme do objeto em qualquer dimensão. Alternativamente, ela pode ser não uniforme, quando diferentes fatores de escala são aplicados em cada direção, ocasionando distorção do objeto.

Um aspecto importante da escala é que ela afeta não apenas o tamanho do objeto, mas também sua posição relativa aos outros objetos na cena. Por exemplo, ao escalar um objeto em relação a um ponto específico, esse ponto pode permanecer fixo ou ser movido de acordo com o fator de escala aplicado.

Trata-se de uma ferramenta poderosa em computação gráfica e design, permitindo ajustar o tamanho e a aparência dos objetos de acordo com as necessidades do projeto. É amplamente utilizada em jogos, animações, modelagem 3D, design de produtos e arquitetura, entre outros campos.

Na computação gráfica, a escala é crucial na criação de efeitos visuais, como zoom in e zoom out, bem como de perspectivas e profundidade em cenas 3D.

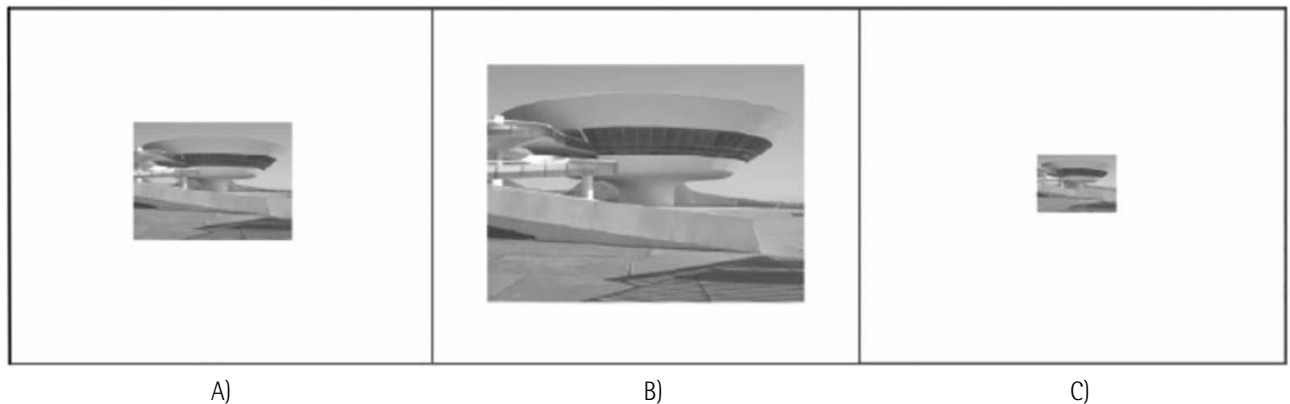


Figura 12 – Exemplo de ampliação e redução da imagem. A) Imagem original, B) imagem ampliada duas vezes e C) imagem reduzida pela metade

Fonte: Azevedo, Conci e Leta (2022, p. 135).



Saiba mais

Para que haja uma melhor compreensão a respeito do tema, sugerimos a leitura do capítulo 4.4.1, "Translação, rotação e escala", do seguinte livro:

AZEVEDO, E.; CONCI, A.; Leta, F. *Computação gráfica: teoria e prática: geração de imagens*. São Paulo: Alta Books, 2022. v. 2.

A **transformação Modelview**, também conhecida como transformação de modelo-visualização, é uma etapa fundamental na pipeline gráfica de renderização em 3D. Essa transformação combina duas funções principais: a transformação de modelo e a de visualização. Ela é usada para posicionar e orientar objetos em uma cena 3D em relação a uma câmera ou ponto de vista, preparando-os para serem renderizados na tela.

A transformação de modelo é responsável por posicionar e orientar os objetos em relação a um sistema de coordenadas local ou global. Isso significa que ela define a posição, orientação e escala de cada objeto individualmente, transformando seus vértices e coordenadas de acordo com os parâmetros especificados. Por exemplo, se você tiver um modelo de carro em um sistema de coordenadas local centrado no próprio carro, a transformação de modelo será usada para posicionar e orientar esse modelo no espaço global da cena.

A transformação de visualização, por outro lado, é responsável por posicionar e orientar a câmera ou ponto de vista na cena 3D. Isso inclui definir a posição da câmera, seu alvo de olhar (para onde está apontando), sua orientação e sua perspectiva. Ela garante que a cena seja vista da maneira desejada pelo usuário, definindo como os objetos são projetados na tela.

A transformação Modelview combina essas duas etapas em uma única. Ela aplica a transformação de modelo para cada objeto na cena, posicionando-o e orientando-o conforme necessário, e então emprega a transformação de visualização para posicionar e orientar a câmera na cena. Isso significa que a transformação Modelview leva em consideração tanto a posição e orientação dos objetos quanto a posição e orientação da câmera, preparando a cena para ser renderizada na tela.

A **transformação de projeção** é uma etapa fundamental na renderização de gráficos 3D que converte coordenadas tridimensionais de objetos em coordenadas bidimensionais para serem exibidas em uma tela ou plano de imagem. Essa transformação é responsável por simular a perspectiva e a projeção dos objetos em um ambiente tridimensional para uma visualização em 2D, como acontece em jogos, simulações ou aplicativos de modelagem 3D.

Projeções

- **Projeção ortográfica:** os objetos são projetados perpendicularmente a um plano de imagem, independentemente da sua posição ou distância em relação à câmera. Isso resulta em uma representação mais uniforme dos objetos, na qual não há distorção de perspectiva e todos eles têm o mesmo tamanho aparente, apesar de sua posição na cena.
- **Projeção perspectiva:** os objetos são projetados em um plano de imagem com base em uma câmera ou ponto de vista virtual. Isso simula a forma como eles aparecem quando são vistos de uma determinada posição em um espaço tridimensional. A projeção perspectiva pondera a distância dos objetos em relação à câmera, resultando em uma distorção de perspectiva na qual os objetos mais distantes parecem menores do que os objetos mais próximos.
- **Projeção em perspectiva homogênea:** método comum usado em gráficos 3D para transformar coordenadas tridimensionais em coordenadas bidimensionais de tela (2D). Ele é fundamental para simular a perspectiva e a profundidade em uma cena tridimensional, dando a ilusão de distância e profundidade aos objetos renderizados. Examinaremos na sequência em detalhes como funciona e por que é usado.

A projeção em perspectiva homogênea é feita com o uso de coordenadas homogêneas, que são um tipo especial de coordenadas usadas em gráficos 3D. Elas são compostas de quatro componentes (x, y, z, w), onde w é um fator de escala. No caso da projeção perspectiva, w normalmente é definido como a distância do ponto à câmera. A projeção em perspectiva homogênea é realizada multiplicando as coordenadas dos vértices do objeto pela matriz de projeção. Essa matriz de projeção é construída de modo a transformar as coordenadas dos vértices para uma nova forma que represente a perspectiva do observador, garantindo que objetos mais distantes apareçam menores. Após a multiplicação pela matriz de projeção, as coordenadas resultantes são normalmente divididas pelo componente w . Isso é feito para normalizar as coordenadas homogêneas e obter as coordenadas finais em um espaço bidimensional, que podem então ser usadas para renderizar os objetos na tela.

Ela é fundamental para criar cenas 3D realistas, dando a sensação de profundidade e distância, simulando como os objetos aparecem quando vistos de um determinado ponto de vista em um ambiente

tridimensional. Através da projeção perspectiva, objetos mais distantes são renderizados menores do que aqueles próximos à câmera, o que ajuda a transmitir a sensação de profundidade na cena. É amplamente suportado por motores de renderização 3D e APIs gráficas, tornando-se um padrão para projeção em ambientes 3D.

A **transformação de viewport** é uma etapa importante no processo de renderização de gráficos 3D que mapeia as coordenadas normalizadas de dispositivos gráficos para as coordenadas da tela ou janela de visualização final. Ela define como a cena 3D é exibida na tela do dispositivo, ajustando o tamanho, a posição e escala dos objetos renderizados para se adequar ao espaço disponível.

Essa transformação é frequentemente realizada após a etapa de projeção, na qual os objetos da cena são projetados em um plano de imagem bidimensional. Após a projeção, as coordenadas normalizadas resultantes (geralmente variando de -1 a 1 ao longo dos eixos X e Y, e de 0 a 1 ao longo do eixo Z) precisam ser convertidas para as coordenadas de tela reais, levando em conta a resolução e as dimensões da tela ou janela de visualização.

As coordenadas normalizadas resultantes da projeção são mapeadas para as coordenadas da tela ou janela de visualização. Isso envolve ajustar as escalas e proporções das coordenadas para corresponder ao tamanho da tela. O tamanho da área de visualização na tela é definido durante a configuração da viewport, fato que determina a região da tela onde a cena será renderizada. A posição da viewport na tela é especificada em relação às coordenadas de tela, permitindo posicionar a cena renderizada em qualquer lugar da tela desejada. As coordenadas normalizadas são convertidas em coordenadas de tela reais, ponderando o tamanho e a posição da viewport, bem como a resolução da tela. Se necessário, a escala das coordenadas pode ser ajustada para se adequar à resolução e à densidade de pixels do dispositivo.

Esses passos garantem que a cena 3D seja renderizada corretamente na tela do dispositivo, ocupando a área desejada e mantendo as proporções corretas.



Observação

Um pixel é a menor unidade de uma imagem digital ou display que pode ser controlada ou manipulada. É essencialmente um ponto individual em uma grade, composta de milhões de pixels, em que cada pixel tem sua própria cor e intensidade. Em monitores e telas digitais, os pixels são organizados em linhas e colunas para formar uma imagem. Quanto mais pixels por polegada (densidade de pixels), maior será a resolução da imagem e a clareza dos detalhes que podem ser exibidos.

Considerações adicionais

As **matrizes de transformação** são fundamentais na computação gráfica e em muitas outras áreas da computação. Elas são usadas para representar e realizar uma variedade de transformações geométricas, como translação, rotação, escala e projeção em objetos em um espaço tridimensional.

- **Matriz de translação:** representa translações, ou seja, move um objeto de uma posição para outra em um espaço tridimensional. Geralmente é uma matriz 4x4 e na qual os elementos da diagonal principal significam os valores de translação ao longo dos eixos X, Y e Z.
- **Matriz de rotação:** expressa rotações de objetos em torno de um eixo específico ou em relação a um determinado ponto no espaço. Existem várias formas de representar rotações usando matrizes, como a matriz de rotação em torno do eixo X, a matriz de rotação em torno do eixo Y e a matriz de rotação em torno do eixo Z.
- **Matriz de escala:** indica a alteração do tamanho de um objeto em um ou mais eixos. Ela define como os valores das coordenadas de um objeto devem ser multiplicados para aumentar ou diminuir seu tamanho em cada direção.
- **Matriz de projeção:** ilustra projeções em perspectiva ou ortográficas de objetos tridimensionais em um plano de imagem bidimensional. Ela define como os objetos são mapeados do espaço tridimensional para o plano de imagem.

Além desses tipos básicos de transformações, existem matrizes compostas que combinam várias transformações em uma única. Por exemplo, a transformação de modelo-visualização (Modelview) e a de projeção são frequentemente representadas como matrizes compostas que combinam translação, rotação e escala em uma matriz.

As matrizes de transformação são aplicadas a pontos ou vetores que expressam os vértices dos objetos tridimensionais. Para aplicar uma transformação a um objeto, seus vértices são multiplicados pela matriz de transformação apropriada. Isso resulta em novos vértices que representam a posição, orientação, escala ou projeção do objeto após a transformação.

A **pipeline gráfica**, também conhecida como pipeline de renderização, é um conceito vital na computação gráfica que descreve o processo de transformar dados de objetos tridimensionais em imagens bidimensionais para exibição em uma tela ou dispositivo de saída. Essa pipeline consiste em uma série de etapas sequenciais, cada uma realizando uma função específica para processar os dados e preparar a imagem final para visualização.

Embora as pipelines gráficas possam variar em detalhes dependendo da aplicação específica ou da arquitetura do hardware, uma pipeline gráfica típica pode ser dividida em várias etapas principais:

- **Entrada de dados:** a pipeline começa com a entrada de dados indicando objetos tridimensionais na cena, com informações sobre a câmera, as luzes e os materiais. Esses dados geralmente são fornecidos em forma de modelos 3D, texturas, shaders e outras informações relevantes.
- **Transformação de modelo-visualização (Modelview):** os objetos tridimensionais na cena são posicionados e orientados em relação à câmera ou ao ponto de vista do observador. Isso envolve a aplicação de transformações geométricas, como translação, rotação e escala, usando matrizes de transformação.

- **Transformação de projeção:** após a transformação de modelo-visualização, os objetos na cena são projetados em um plano de imagem bidimensional, simulando a perspectiva e a projeção do mundo tridimensional em uma tela ou plano de visualização. Isso pode envolver projeções perspectivas ou ortográficas.
- **Recorte e culling:** os objetos que estão fora do campo de visão da câmera ou obstruídos por outros são removidos da cena para economizar tempo de processamento.
- **Rasterização:** os objetos 3D que passaram pelo processo de projeção são divididos em fragmentos ou pixels na tela. Cada fragmento é então atribuído a uma cor com base em suas propriedades, como cor, textura e iluminação.
- **Testes de profundidade:** envolvem a comparação dos fragmentos gerados na rasterização para determinar quais deles estão mais próximos da câmera. Isso é feito para garantir que apenas os fragmentos mais próximos sejam renderizados, evitando artefatos visuais como oclusões incorretas.
- **Shading:** cada fragmento é processado por um shader, que determina a cor final do fragmento com base em suas propriedades, como iluminação, textura e materiais. Isso pode envolver shaders de vértice, que calculam propriedades de iluminação para cada vértice do objeto, e shaders de fragmento, que interpolam essas propriedades para cada pixel.
- **Composição:** por último, os fragmentos processados são combinados para formar a imagem final que será exibida na tela. Isso pode envolver a combinação de múltiplos fragmentos sobrepostos, o uso de técnicas de blending para mesclar cores e a aplicação de efeitos de pós-processamento, como anti-aliasing.

A pipeline gráfica é essencial para a renderização de gráficos 3D em tempo real em jogos, simulações, aplicativos de design e muitas outras aplicações. Cada etapa é fundamental na transformação e no processamento dos dados de entrada para criar uma imagem final que seja precisa, realista e visualmente atraente.

Em algumas situações quatérnios são utilizados para expressar rotações tridimensionais de forma mais eficiente e sem as singularidades existentes em representações eulerianas.

A manipulação hábil desses conceitos é essencial para garantir que os objetos virtuais se movam, se comportem e sejam exibidos de maneira realista em ambientes de simuladores. Desse modo, compreender e otimizar essas etapas contribui para a criação de experiências de computação gráfica envolventes e precisas em simuladores.

2.4 Estereoscopia, paralaxe e anaglifo

A **estereoscopia** é uma técnica que emprega dois pontos de vista ligeiramente diferentes para criar uma sensação tridimensional. Em simuladores, ela é aplicada a fim de proporcionar uma experiência visual mais imersiva.

- **Visão estereoscópica:** utiliza dois pontos de vista, um para cada olho, simulando a maneira como os olhos humanos percebem o mundo real. Tal ação resulta em uma percepção de profundidade e tridimensionalidade.
- **Óculos 3D:** são necessários óculos especiais para separar as imagens destinadas a cada olho. Existem diferentes tecnologias, como obturação ativa (utilizando óculos eletrônicos) e polarização (usando óculos polarizados).
- **RV e estereoscopia:** em ambientes de RV, a estereoscopia é particularmente eficaz, pois está alinhada com a natureza imersiva da RV. O rastreamento da cabeça do usuário garante que os pontos de vista se ajustem dinamicamente às mudanças de posição.

A **paralaxe** é a mudança aparente na posição de um objeto quando visto de diferentes pontos de vista. Em computação gráfica para simuladores, a paralaxe é incorporada para criar uma sensação de profundidade e realismo.

- **Paralaxe de rolagem:** é usada em ambientes bidimensionais, como jogos 2D, para simular profundidade quando elementos próximos e distantes se movem a diferentes velocidades durante a rolagem da tela.
- **Paralaxe de camada:** em ambientes 3D, diferentes camadas de objetos podem ter movimentos independentes, criando a sensação de profundidade. Isso é especialmente útil em simulações de voo, quando objetos próximos se movem mais rapidamente do que os distantes.
- **Efeito de profundidade na estereoscopia:** a combinação de estereoscopia com paralaxe reforça a sensação de profundidade. A paralaxe ajuda a criar uma experiência mais natural, permitindo que objetos próximos e distantes se movam e mudem de posição de maneira convincente.

Por sua vez, o **anaglifo** é uma técnica que utiliza cores diferentes para cada olho, geralmente com o uso de óculos com lentes coloridas (um filtro vermelho para um olho e ciano para o outro). Ela é especialmente conhecida por sua aplicação em imagens 3D, podendo ser adotada em simuladores com os seguintes aspectos:

- **Criação de imagens 3D:** duas imagens ligeiramente diferentes, uma para cada olho, são sobrepostas. Então, o uso de filtros coloridos as separa para cada olho, proporcionando a percepção tridimensional.
- **Simplicidade e acessibilidade:** o anaglifo é uma abordagem simples e acessível para criar imagens 3D em simuladores. Embora não proporcione a mesma qualidade que outras técnicas, é eficaz e amplamente utilizada em contextos como entretenimento e jogos.
- **Limitações de cor:** o uso de filtros coloridos limita a reprodução precisa das cores. No entanto, para muitas aplicações, a perda de fidelidade de cor é aceitável em troca da experiência tridimensional.

A estereoscopia, a paralaxe e o anaglifo são elementos-chave na busca por experiências visuais mais imersivas e realistas em simuladores. A combinação dessas técnicas, quando aplicada com precisão, contribui para a criação de ambientes virtuais que replicam de maneira convincente a percepção humana do espaço tridimensional.

2.5 Rastreadores e funcionamento de óculos estereoscópicos

Os **rastreadores** são vitais em sistemas de simuladores, proporcionando a captura precisa dos movimentos e posições do usuário. Esses dispositivos ajudam a manter a coesão entre a movimentação do mundo real e a visualização no ambiente virtual.

- **Sensores inerciais:** muitos rastreadores usam sensores inerciais, como acelerômetros e giroscópios, para monitorar as mudanças na orientação e posição do dispositivo. Isso é crucial para rastrear movimentos da cabeça, mãos ou corpo do usuário.
- **Sistemas de posicionamento absoluto:** alguns simuladores utilizam sistemas de posicionamento absoluto, como câmeras infravermelhas ou marcadores visuais, para rastrear com precisão a posição do usuário no espaço tridimensional.
- **Feedback háptico:** além de rastrear movimentos, alguns rastreadores fornecem feedback tátil, usando motores de vibração para simular sensações táteis. Isso contribui para uma experiência mais imersiva.
- **Integração com dispositivos de entrada:** os rastreadores se integram a dispositivos de entrada, como controladores e luvas hápticas, permitindo uma interação mais natural e intuitiva com o ambiente virtual.
- **Atualização em tempo real:** a eficiência dos rastreadores está diretamente ligada à sua capacidade de fornecer dados em tempo real. Latências mínimas são essenciais para manter a sincronização entre os movimentos do usuário e a resposta no ambiente virtual.

Funcionamento de óculos estereoscópicos

Os óculos estereoscópicos são projetados para criar uma experiência tridimensional, apresentando imagens diferentes para cada olho. Em simuladores, eles são utilizados para proporcionar uma sensação mais imersiva e realista.

- **Disparidade estéreo:** os óculos estereoscópicos utilizam a disparidade estéreo, que é a diferença na posição aparente de um objeto visto por cada olho. Ela cria a sensação de profundidade e tridimensionalidade.
- **Tecnologias de exibição:** existem diversas tecnologias de exibição em óculos estereoscópicos, incluindo obturação ativa, polarização e LCDs com lentes especiais. Cada uma delas tem suas vantagens e desvantagens em termos de custo, qualidade de imagem e conforto visual.

- **Sincronização com rastreadores:** a eficácia dos óculos estereoscópicos é maximizada quando sincronizados com rastreadores. Isso garante que a perspectiva tridimensional seja ajustada de acordo com os movimentos da cabeça do usuário, proporcionando uma experiência mais natural.
- **Ajustes de parâmetros:** alguns óculos estereoscópicos permitem ajustes de parâmetros, como a distância interpupilar, para se adequar às características individuais dos usuários. Isso contribui para uma experiência mais personalizada e confortável.
- **Compatibilidade com estereoscopia passiva e ativa:** alguns óculos suportam tanto estereoscopia passiva (usando filtros polarizados) quanto ativa (usando obturação ativa). A escolha entre essas abordagens depende das necessidades específicas do simulador e das preferências do usuário.
- **Redução de efeitos colaterais:** os desenvolvedores de sistemas de simuladores trabalham para minimizar efeitos colaterais, como fadiga ocular e cinetose, ajustando as características dos óculos estereoscópicos e otimizando as taxas de atualização.

Os rastreadores e óculos estereoscópicos combinados proporcionam uma imersão mais profunda, permitindo que os usuários explorem ambientes virtuais de maneira mais natural. Garantir a sincronização adequada entre os movimentos rastreados e a apresentação visual nos óculos é crucial para evitar desconforto e cinetose. A capacidade de ajustar parâmetros, como a distância interpupilar, permite uma adaptação mais personalizada, considerando as características visuais únicas de cada usuário.

A combinação de rastreadores e óculos estereoscópicos são vitais na criação de experiências de simuladores mais envolventes e realistas. A constante evolução dessas tecnologias busca superar desafios e proporcionar experiências cada vez mais imersivas.

3 REALIDADE VIRTUAL IMERSIVA E NÃO IMERSIVA

A RV é uma tecnologia que busca criar ambientes simulados, oferecendo experiências sensoriais aos usuários. Nesse contexto, a RV pode ser dividida em duas categorias principais: imersiva e não imersiva. Cada uma dessas abordagens apresenta características distintas em termos de envolvimento do usuário e aplicação.

RV imersiva

Busca envolver totalmente os usuários em ambientes virtuais, proporcionando uma sensação de presença e interação realista. A imersão é alcançada por meio do uso de dispositivos dedicados, como óculos de VR, que cobrem completamente o campo de visão do usuário.

Sistemas sofisticados de rastreamento de movimento podem incorporar sensores e câmeras, eles são utilizados para monitorar e responder aos movimentos do usuário em tempo real. A imersão é aprimorada pela capacidade de interação natural com o ambiente virtual. Isso pode incluir gestos, comandos de voz e até mesmo o uso de controles hápticos para proporcionar feedback tátil.

Além da visão, a RV imersiva pode envolver outros sentidos, como o som tridimensional, criando uma experiência multissensorial mais completa. Ela é aplicada em diversos setores, como treinamento militar, simulação médica, jogos, educação virtual, turismo virtual, entre outros.

Apesar dos avanços, alguns desafios persistem, como a necessidade de equipamentos robustos, potência de processamento significativa e a possibilidade de causar desconforto visual ou cinetose em alguns usuários.

RV não imersiva

A RV não imersiva, por outro lado, não busca criar uma completa substituição do mundo real, mas oferece uma experiência virtual mais limitada. Ela muitas vezes pode ser acessada por dispositivos mais convencionais, como computadores pessoais, tablets ou smartphones, sem a necessidade de equipamentos especializados.

A interação com o ambiente virtual pode ser menos sofisticada em comparação com a RV imersiva. Geralmente, a navegação ocorre por meio de interfaces tradicionais, como teclado, mouse ou toque na tela. A ênfase na imersão sensorial é menor, concentrando-se mais na apresentação visual e, em alguns casos, auditiva.

A RV não imersiva é utilizada em aplicações nas quais o objetivo é fornecer informações visuais, como passeios virtuais, apresentações arquitetônicas e treinamento básico. Devido à utilização de dispositivos mais acessíveis e à menor complexidade técnica, a RV não imersiva tende a ser mais acessível e ter menor custo.

Ela pode ser integrada a outras tecnologias, como (RA), para aprimorar a sobreposição de informações virtuais no mundo real.

Embora seja mais acessível, a RV não imersiva pode enfrentar desafios em termos de envolvimento do usuário e limitações na criação de experiências totalmente envolventes.

A escolha entre RV imersiva e não imersiva depende dos objetivos específicos da aplicação, das necessidades do usuário e das considerações práticas. Ambas têm o potencial de transformar a maneira como interagimos com ambientes virtuais, oferecendo oportunidades únicas em diversos campos. À medida que a tecnologia continua, é provável que vejamos novas formas de integração entre esses paradigmas, proporcionando experiências mais personalizadas e adaptáveis.

3.1 Três pilares da realidade virtual: imersão, interação e visualização

A RV é sustentada por três pilares para proporcionar experiências envolventes e convincentes: imersão, interação e visualização.

Imersão

A imersão na RV refere-se à capacidade de transportar os usuários para ambientes virtuais de maneira convincente, criando a sensação de presença e envolvimento total.

- **Visão panorâmica:** utilização de óculos de RV que cobrem completamente o campo de visão do usuário, eliminando distrações do mundo real e aumentando a sensação de estar em outro lugar.
- **Som tridimensional:** integração de áudio imersivo que responde à direção e posição do usuário, contribuindo para a criação de uma experiência envolvente e realista.
- **Rastreamento de movimento:** monitoramento preciso dos movimentos da cabeça e, em alguns casos, do corpo, para garantir que a visão do ambiente virtual mude em sincronia com os movimentos do usuário.
- **Feedback háptico:** integração de dispositivos hápticos que proporcionam feedback tátil, como luvas hápticas, para aumentar a imersão através do sentido do tato.

A imersão busca eliminar a linha entre o mundo real e o virtual, oferecendo uma experiência que parece tão real quanto possível.

Interação

A interação na RV refere-se à capacidade dos usuários de se envolverem ativamente com o ambiente virtual, indo além da mera observação.

- **Controles e dispositivos de entrada:** utilização de dispositivos como controladores de mão, luvas e sensores de movimento para permitir que os usuários interajam de maneira natural e intuitiva com objetos virtuais.
- **Gestos e movimentos:** a detecção e interpretação de gestos e movimentos do usuário, como apontar, agarrar ou mover objetos no ambiente virtual, proporcionando uma experiência mais intuitiva.
- **Comandos de voz:** integração de reconhecimento de voz para permitir que os usuários emitam comandos e interajam verbalmente com o ambiente virtual.
- **Simulação de toque:** desenvolvimento de tecnologias que simulam a sensação tátil e a resistência ao toque, permitindo que os usuários experimentem a sensação de manipular objetos virtuais.

A interação na RV visa criar um ambiente dinâmico e responsivo, no qual os usuários não são apenas observadores, mas participantes ativos.

Visualização

A visualização na RV refere-se à representação visual do ambiente virtual e à entrega eficaz de informações visuais.

- **Gráficos realistas:** utilização de tecnologias avançadas de renderização para criar gráficos realistas, texturas detalhadas e iluminação convincente.
- **Projeções perspectivas:** aplicação de técnicas de projeção que simulam a perspectiva natural, oferecendo a sensação de profundidade e distância.
- **Taxa de atualização elevada:** garantia de que as imagens sejam exibidas em uma taxa de atualização elevada para evitar atrasos visuais e proporcionar uma experiência suave.
- **Compatibilidade com dispositivos:** adaptação da visualização para se adequar a diferentes dispositivos de RV, como óculos VR, monitores e telas de projeção.

A visualização é crucial para criar um ambiente virtual convincente, no qual os usuários podem explorar e interagir de maneira significativa.

A interseção harmoniosa desses três pilares – imersão, interação e visualização – é fundamental para o sucesso da RV. Quando implementados de forma eficaz, esses elementos criam experiências virtuais que transcendem a simples simulação, oferecendo ambientes envolventes e interativos que abrem novas possibilidades em diversos campos, como treinamento, educação, entretenimento e simulação.

3.2 Conceitos básicos sobre interação, controles e manipuladores

Na RV, a interação, os controles e os manipuladores são indispensáveis para a criação de experiências envolventes e imersivas. Esses conceitos básicos contribuem para a sensação de presença e participação ativa dos usuários nos ambientes virtuais.

Interação

- **Participação ativa:** visa envolver os usuários de maneira ativa, permitindo que eles não apenas observem o ambiente virtual, mas também o influenciem e o moldem através de suas ações.
- **Controle do ambiente:** os usuários podem interagir com objetos virtuais, alterar cenários e influenciar o fluxo da experiência virtual. A interação envolve a manipulação de objetos, a realização de ações específicas e a tomada de decisões.
- **Feedback em tempo real:** a RV proporciona feedback em tempo real em resposta às ações dos usuários, garantindo uma experiência interativa fluida e imersiva. Isso inclui feedback visual, auditivo e tátil.

- **Exploração ativa:** os usuários têm a capacidade de explorar ativamente o ambiente virtual, mover-se, olhar ao redor e interagir com elementos do cenário, proporcionando uma sensação de presença e liberdade.

Controles

- **Dispositivos de entrada:** controles na RV são frequentemente realizados por meio de dispositivos específicos, como controladores de mão, joysticks, luvas hápticas e outros periféricos que permitem a tradução das ações do usuário para o ambiente virtual.
- **Rastreamento de movimento:** muitos controles na RV incorporam rastreamento de movimento para capturar os movimentos e gestos dos usuários, garantindo uma representação precisa de suas ações no ambiente virtual.
- **Botões e gatilhos:** os controles podem apresentar botões, gatilhos e superfícies sensíveis ao toque para possibilitar uma variedade de interações, como seleção de objetos, manipulação e navegação.
- **Feedback háptico:** alguns controles na RV ofertam feedback tátil, simulando a sensação de toque ou resistência ao manipular objetos virtuais, aumentando a sensação de realismo e imersão.

Manipuladores

- **Manipulação de objetos virtuais:** os manipuladores na RV referem-se à capacidade dos usuários de manipular objetos virtuais no ambiente. Isso inclui agarrar, girar, empurrar, puxar e outras ações que simulam a interação com objetos no mundo real.
- **Precisão e naturalidade:** a RV busca proporcionar manipulação precisa e natural de objetos virtuais, replicando o comportamento esperado com base nas ações físicas dos usuários.
- **Simulação de física:** é empregada para garantir que a manipulação de objetos virtuais responda de maneira realista a forças, movimentos e colisões.
- **Integração com controles e rastreamento:** os manipuladores são integrados aos controles e ao rastreamento de movimento, permitindo que os usuários interajam de maneira fluida e intuitiva com o ambiente virtual.

Os elementos mencionados são centrais na RV, proporcionando uma experiência imersiva e envolvente. À medida que a tecnologia evolui, a busca pela melhoria desses conceitos básicos visa criar experiências mais realistas, intuitivas e personalizadas, ampliando as possibilidades em áreas como treinamento, simulação, educação e entretenimento.

3.3 Navegação no ambiente virtual

A navegação no ambiente virtual é um aspecto importante da experiência do usuário tanto na RV imersiva quanto na RV não imersiva. O modo como os usuários se movem e exploram o ambiente virtual contribui diretamente para a sensação de imersão e interatividade. Eles o fazem fisicamente no mundo real para se deslocarem no ambiente virtual. Isso é mais viável em espaços dedicados à RV, onde o usuário pode caminhar ou se movimentar livremente. Os usuários selecionam um ponto específico no ambiente virtual para o qual desejam se teletransportar. Essa abordagem minimiza a cinetose (desconforto causado por movimentos virtuais) e é comum em experiências que priorizam o conforto do usuário. As pessoas simulam andar ou correr virtualmente sem sair do lugar, geralmente utilizando controles ou dispositivos de rastreamento de movimento. Esse método pode ser combinado com sensores para ajustar a velocidade conforme a intenção do usuário.

Os simuladores de movimentos tridimensionais permitem aos usuários voar ou nadar no ambiente virtual, proporcionando uma experiência mais dinâmica e expansiva. Eles podem ser controlados por gestos, controles ou comandos de voz. Os usuários apontam para um local desejado no ambiente virtual, clicam ou pressionam um botão, e o sistema move o avatar para esse ponto. Isso é comum em experiências mais simples ou em aplicações não imersivas.

Alguns indivíduos experimentam cinetose quando há descompasso entre os movimentos percebidos na RV e a ausência de movimento físico no mundo real. Estratégias como teletransporte são frequentemente usadas para minimizar esse desconforto.

Evitar colisões virtuais é um desafio no ambiente virtual, especialmente quando os usuários estão se movendo em locais virtuais complexos. Métodos avançados de simulação de física são empregados para lidar com essas situações.

Em ambientes virtuais, os usuários podem ter alturas diferentes da realidade. Sincronizar a navegação e as interações para a escala correta é essencial para uma experiência natural. Em ambientes não dedicados à RV, os usuários podem se deparar com limitações de espaço para movimentos físicos. Isso requer métodos de navegação que se adaptem a áreas restritas.

Navegar em ambientes virtuais por longos períodos pode causar fadiga física ou visual. Estratégias como a combinação de métodos de teletransporte e movimento físico tentam mitigar esse problema.

Sistemas de RV empregam aprendizado de máquina para entender e antecipar as preferências de navegação dos usuários, personalizando a experiência de acordo. Aqueles mais avançados podem ajustar os métodos de navegação com base no contexto do ambiente virtual, possibilitando uma experiência mais fluida e intuitiva.

Dispositivos wearable, como sensores de movimento no corpo, ajudam na navegação, oferecendo uma representação mais precisa dos movimentos do usuário. Pesquisas em interfaces neurais permitem que os usuários controlem a navegação diretamente por meio de pensamentos, aumentando a naturalidade da interação.

A navegação no ambiente virtual continua a evoluir à medida que novas tecnologias e abordagens são desenvolvidas. A busca por métodos mais intuitivos e confortáveis impulsiona inovações significativas, expandindo as possibilidades da RV em diversos campos.



Lembrete

Os simuladores de movimentos tridimensionais permitem aos usuários voar ou nadar no ambiente virtual, proporcionando uma experiência mais dinâmica e expansiva.

3.4 Humanos virtuais e avatares

Na RV, a criação de humanos virtuais e avatares promove a imersão e a facilitação da interação social. Essas representações digitais dos usuários ou personagens enriquecem as experiências virtuais, permitindo uma camada adicional de envolvimento emocional e social.

Humanos virtuais na RV imersiva

Em ambientes de RV imersiva, a ênfase é colocada no realismo visual dos humanos virtuais. Modelagem avançada, texturas detalhadas e animações faciais realistas contribuem para a criação de personagens virtuais que se assemelham cada vez mais aos seres humanos reais.

Humanos virtuais na RV imersiva podem reagir emocionalmente às ações e expressões dos usuários. Isso cria uma interação mais rica e permite que os usuários desenvolvam conexões emocionais com personagens virtuais. Em jogos e ambientes sociais virtuais, humanos virtuais desempenham diversos papéis, desde personagens não jogáveis com histórias elaboradas até representações digitais de outros usuários, possibilitando interações sociais mais profundas.

Em ambientes não imersivos, avatares são usados para representar os usuários em plataformas online, fóruns, ou ambientes de trabalho colaborativos. A personalização é um elemento-chave, permitindo que os usuários expressem sua identidade digital. Por exemplo: em ambientes corporativos, avatares são utilizados para representar os colaboradores durante reuniões e eventos virtuais. Isso proporciona uma experiência mais próxima da interação presencial, mesmo a distância.

Em jogos e plataformas de entretenimento, avatares são uma extensão da experiência do usuário. A sua personalização permite que os jogadores se identifiquem com seus personagens e participem ativamente da narrativa do jogo. Desafios persistem na busca pelo realismo total e presença em humanos virtuais. Inovações em tecnologias de captura de movimento e renderização gráfica estão continuamente elevando o padrão para criar representações digitais mais autênticas.

Na criação de avatares, a customização é uma preocupação importante. Garantir uma variedade de opções que respeitem a diversidade e a inclusão é uma área em constante evolução. Questões éticas,

como o uso responsável de avatares em ambientes sociais, e a segurança em termos de identidade digital são preocupações crescentes que requerem atenção contínua.

Melhorar a interação natural com humanos virtuais e avatares é um objetivo constante. A execução de interfaces mais intuitivas, com reconhecimento de gestos e expressões, contribui para uma experiência mais imersiva. Com o avanço da inteligência artificial podemos permitir interações mais dinâmicas com humanos virtuais, tornando suas respostas e comportamentos mais adaptativos e personalizados.

A integração de avatares em ambientes mistos, onde o mundo virtual se sobrepõe ao mundo real por meio de RA, cria possibilidades de interação social em contextos do dia a dia. A colaboração em ambientes virtuais, onde humanos virtuais e avatares se encontram, trabalham e interagem, representa uma área promissora para o futuro da RV.

Os humanos virtuais e avatares na RV são uma forma fascinante de unir o mundo digital ao humano. Seja na busca por experiências emocionalmente ricas na RV imersiva, seja na criação de identidades digitais e interações sociais em ambientes não imersivos, essas representações digitais moldam o modo como vivenciamos e compartilhamos experiências virtualmente. A evolução contínua dessas tecnologias promete ampliar as fronteiras da interação humana na realidade digital.

Representação do corpo humano em ambientes virtuais

A representação do corpo humano em ambientes virtuais é crucial na experiência do usuário, impactando desde a sensação de presença até as interações sociais. A busca pela criação de representações digitais precisas e envolventes é um campo em constante evolução, abrangendo a imersiva e a RV não imersiva.

Realismo visual

- **Modelagem 3D detalhada:** a representação realista do corpo humano na RV envolve modelagem tridimensional detalhada, captura de movimento e texturas de alta resolução. Isso visa criar personagens ou avatares que se assemelhem ao máximo possível aos seres humanos reais.
- **Expressões faciais e animações:** a inclusão de expressões faciais realistas e animações naturais contribui para a sensação de imersão. Tecnologias como captura de expressões faciais em tempo real têm avançado, permitindo uma representação mais fiel das emoções.
- **Variedade e inclusão:** a representação do corpo humano deve abranger uma variedade de tipos de corpos, etnias, gêneros e características físicas, garantindo inclusão e respeito à diversidade.

Interação e movimento

- **Captura de movimento:** a tecnologia de captura de movimento é essencial para traduzir os movimentos do mundo real para o ambiente virtual. Sensores, câmeras e sistemas avançados de rastreamento são utilizados para registrar movimentos corporais com precisão.

- **Háptica e feedback tátil:** integração de tecnologias hápticas que proporcionam feedback tátil, permitindo aos usuários sentir texturas, resistência e toque virtual, aprimorando a sensação de interação com o corpo digital.
- **Locomoção natural:** métodos de navegação que promovem a locomoção natural no ambiente virtual, como andar, correr ou voar, contribuindo para uma experiência mais envolvente e intuitiva.

Desafios na representação do corpo humano

- **Cinetose e desconexão sensorial:** a discrepância entre os movimentos percebidos na RV e a ausência de movimento físico real pode levar à cinetose (enjoo virtual) e a uma sensação de desconexão sensorial. Estratégias de movimentação e feedback háptico são usados para mitigar esses desafios.
- **Ética e diversidade:** a representação do corpo humano em ambientes virtuais levanta questões éticas, como a necessidade de evitar estereótipos prejudiciais e garantir a representação diversificada e inclusiva.
- **Realismo versus conforto:** buscar o realismo extremo pode resultar em experiências desconfortáveis para os usuários. Encontrar o equilíbrio entre realismo e conforto é um desafio constante na criação de ambientes virtuais.

Inovações futuras

- **Realidade mista e holografia:** a integração de representações do corpo humano em ambientes mistos, onde hologramas interagem com o mundo real, amplia as possibilidades para a RV e a RA.
- **Interfaces neurais:** a pesquisa em interfaces neurais visa permitir que os usuários controlem seus avatares na RV diretamente por meio de sinais cerebrais, proporcionando uma interação mais intuitiva.
- **Simulação sensorial completa:** avanços em tecnologias de simulação sensorial buscam proporcionar experiências completas, envolvendo não apenas visão e audição, mas também olfato, tato e até mesmo paladar em ambientes virtuais.

A representação do corpo humano em ambientes virtuais é um campo em constante evolução, impulsionado pela busca por experiências mais imersivas e realistas. À medida que as tecnologias avançam, a criação de corpos digitais que se aproximam da realidade promete revolucionar não apenas o entretenimento e a interação social, mas também campos como educação, saúde e treinamento. Encontrar o equilíbrio entre realismo, ética e inovação é vital para garantir que essas representações digitais enriqueçam a experiência do usuário de maneira positiva. Além disso, a contínua atenção à diversidade, inclusão e ética na representação do corpo humano é essencial para evitar a reprodução de preconceitos e estereótipos.

À medida que a pesquisa e o desenvolvimento progredirem, a integração de avançadas tecnologias de captura de movimento, simulação sensorial e interfaces neurais abrirá fronteiras na representação

do corpo humano em ambientes virtuais. A busca por maior fidelidade na interação, combinada com uma compreensão mais profunda das nuances da diversidade humana, moldará o futuro dessa área.

Ambientes virtuais, ricos em detalhes e representações realistas do corpo humano, não apenas oferecerão experiências de entretenimento mais imersivas, mas também serão usados em contextos profissionais, educacionais e terapêuticos. Ao incorporar princípios de design centrados no usuário e considerando cuidadosamente as implicações éticas, os desenvolvedores e pesquisadores contribuem para a revolução na forma como interagimos e nos relacionamos nos mundos virtuais. A representação do corpo humano, como parte integral dessa revolução, promete transformar a paisagem digital de maneiras emocionantes e significativas.

Estratégias de imersão corporais

As estratégias de imersão corporais na RV visam envolver os usuários de maneira mais completa, integrando sensações táteis, movimentos e feedback físico para criar uma experiência envolvente e convincente. Essas estratégias têm como objetivo transportar os usuários para um mundo virtual de forma a incorporar não apenas a visão e a audição, mas também a sensação tátil e a consciência corporal.

Feedback háptico

- **Luvas hápticas e dispositivos táteis:** o uso de luvas hápticas e dispositivos táteis permite que os usuários sintam a textura e a resistência de objetos virtuais. Esses dispositivos aplicam pressão, vibração e outros estímulos táteis para simular a sensação de toque.
- **Vestimentas táteis:** roupas especiais equipadas com sensores táteis podem ser utilizadas para fornecer feedback tátil em várias partes do corpo. Isso é especialmente eficaz para simular sensações como vento, impacto e temperatura.

Captura de movimento e rastreamento

- **Sensores de movimento:** a captura de movimento por meio de sensores rastreia as ações do corpo do usuário e os reproduz no ambiente virtual. Isso permite uma experiência mais natural e intuitiva, na qual os movimentos físicos se traduzem diretamente em ações no mundo virtual.
- **Esteiras e plataformas de movimento:** para simular a locomoção, esteiras omnidirecionais e plataformas de movimento são empregadas. Esses dispositivos permitem que os usuários caminhem, corram ou se movam no espaço físico, enquanto a sensação de movimento é replicada no ambiente virtual.

Interfaces neurais e controle mental

- **Interfaces cérebro-computador (BCI):** a integração de BCI permite que os usuários controlem elementos do ambiente virtual por meio de sinais cerebrais. Embora ainda em estágios iniciais, essa tecnologia tem o potencial de proporcionar uma experiência imersiva controlada diretamente pelos pensamentos do usuário.

RA e mistura de mundos

- **Projeções no mundo real:** a mistura de elementos virtuais com o mundo real, através de dispositivos de RA, contribui para uma imersão mais convincente. Isso cria uma sobreposição entre o ambiente real e o virtual, proporcionando uma experiência híbrida.

Desafios e considerações

- **Sincronização precisa:** garantir que as sensações táteis, movimentos e feedback sejam sincronizados perfeitamente com as ações no ambiente virtual é essencial para evitar desconexão sensorial e proporcionar uma experiência coesa.
- **Conforto do usuário:** nem todas as pessoas respondem da mesma forma às estratégias de imersão corporais. Considerações ergonômicas, preferências individuais e limitações físicas devem ser ponderadas para garantir o conforto do usuário.
- **Cinetose e desafios de movimento:** estratégias que envolvem movimentos físicos ou virtuais intensos podem levar à cinetose. Desenvolver abordagens que minimizem esse desconforto é um desafio contínuo.

Perspectivas futuras

- **Integração multissensorial avançada:** a criação de tecnologias que integram de forma mais eficaz os sentidos, como olfato e paladar, proporcionará uma imersão mais completa.
- **Simulação de experiências complexas:** estratégias que simulam experiências complexas, como a sensação de estar em diferentes ambientes ou a realização de atividades específicas, prometem expandir significativamente o escopo da imersão corporal.

As estratégias de imersão corporais na RV estão sempre evoluindo, impulsionadas pela busca de proporcionar experiências mais realistas e envolventes. À medida que a tecnologia avança, a integração eficaz de feedback tátil, movimento preciso e interfaces neurais oferecerá novas possibilidades em campos que vão desde o entretenimento até a educação e o treinamento. Enquanto enfrentamos desafios técnicos e éticos, o futuro da imersão corporal na RV promete abrir portas para experiências virtuais que desafiam as fronteiras entre o real e o digital.

Agentes virtuais

Trata-se de entidades digitais capazes de interagir com usuários ou outros agentes no ambiente virtual. Eles podem assumir diversas formas, desde avatares humanoides até entidades mais abstratas, e são fundamentais na criação de experiências imersivas e interativas.

Características dos agentes virtuais

- **Inteligência artificial (IA):** agentes virtuais geralmente incorporam técnicas de inteligência artificial para simular comportamentos inteligentes, como aprendizado, tomada de decisões e adaptação ao ambiente.
- **Comportamento natural:** a capacidade de reagir de maneira natural às interações do usuário, compreender comandos e responder de forma contextual contribui para a autenticidade dos agentes virtuais.
- **Expressões e comunicação:** agentes virtuais podem ser equipados com expressões faciais, linguagem corporal e habilidades de fala para facilitar a comunicação eficaz e a transmissão de emoções.
- **Adaptação ao ambiente:** a capacidade de navegar, interagir e se adaptar ao ambiente virtual é fundamental. Agentes podem ser programados para realizar tarefas específicas ou aprender com a experiência.

Aplicações dos agentes virtuais

- **Assistentes virtuais:** agentes virtuais são utilizados como assistentes pessoais em ambientes virtuais ou em plataformas de RA, auxiliando usuários em diversas tarefas.
- **Educação e treinamento:** em simulações educacionais ou treinamentos, agentes virtuais podem desempenhar o papel de instrutores, fornecendo informações, feedback e orientações aos usuários.
- **Entretenimento:** em jogos e experiências de entretenimento, agentes virtuais contribuem para a narrativa, criando personagens interativos e desafiadores.
- **Assistência em saúde:** agentes virtuais podem ser implementados em ambientes de saúde para fornecer informações, monitorar pacientes ou oferecer apoio emocional.

Desafios associados

- **Realismo e inteligência:** criar agentes virtuais que se comportem de maneira realista e demonstrem inteligência semelhante à humana é um desafio contínuo.
- **Interação natural:** seu foco é garantir que a interação com agentes virtuais seja natural e livre de obstáculos, evitando respostas robóticas ou não intuitivas.
- **Ética e segurança:** lidar com questões éticas, como o tratamento justo e não discriminatório dos usuários, bem como garantir a segurança das interações, são preocupações importantes.

- **Adaptação contextual:** permitir que agentes compreendam e se adaptem a diferentes contextos, levando em consideração a diversidade de situações, é um desafio em constante evolução.

Futuro dos agentes virtuais

- **Integração com interfaces cérebro-computador:** avanços na integração de agentes virtuais com interfaces cérebro-computador podem permitir interações diretas baseadas em pensamentos.
- **Personalização avançada:** busca-se o desenvolvimento de agentes virtuais capazes de se adaptar às preferências e personalidade específicas de cada usuário, proporcionando experiências mais personalizadas.
- **Colaboração em ambientes mistas:** a integração de agentes virtuais em ambientes mistos, onde a realidade virtual se sobrepõe ao mundo real, promete novas formas de colaboração e interação.

Agentes virtuais representam uma área emocionante e em constante evolução na interseção da inteligência artificial, RV e interação humano-computador. Seja na assistência cotidiana, educação, entretenimento ou saúde, essas entidades digitais são vitais na criação de experiências mais envolventes e interativas. O aprimoramento contínuo da inteligência e das capacidades de interação desses agentes abrirá novas possibilidades, influenciando significativamente a forma como interagimos com o mundo digital.

Geração de movimentos parametrizados

Refere-se ao processo de criar sequências de movimentos com base em parâmetros específicos. Essa abordagem é importante em contextos que vão desde animação digital e simulação até aplicações mais imersivas, como a RV.

Simulação de movimentos

- **Modelagem cinemática e dinâmica:** é algo vital na geração de movimentos. Ela engloba a representação matemática dos corpos e articulações envolvidos nos movimentos, permitindo a simulação de trajetórias e comportamentos físicos.
- **Parâmetros físicos:** parâmetros como massa, comprimento de membros, forças externas e restrições articulares são utilizados para influenciar e controlar a simulação de movimentos. Ajustar esses parâmetros afeta diretamente a dinâmica e a aparência dos movimentos gerados.

Animação digital

- **Rigging e skeletal animation:** em animação digital, o rigging cria a estrutura esquelética de personagens ou objetos, enquanto a animação esquelética utiliza parâmetros para gerar movimentos realistas. Controladores, curvas de animação e outros parâmetros são ajustados para criar movimentos desejados.

- **Expressões faciais e movimentos artísticos:** além dos movimentos físicos, a geração de movimentos em animação digital inclui expressões faciais e gestos artísticos, nos quais parâmetros específicos influenciam a emoção e a estética da animação.

RV e interação humano-computador

- **Controle por parâmetros:** na RV, a criação de movimentos parametrizados é vital para a interação. Controles baseados em gestos, movimentos da cabeça ou outros parâmetros físicos permitem que os usuários controlem avatares ou elementos virtuais.
- **Adaptação ao usuário:** a capacidade de adaptar os movimentos virtuais com base nos parâmetros físicos e preferências do usuário é essencial para criar experiências personalizadas e imersivas.

Aplicações específicas

- **Treinamento e simulações:** em contextos de treinamento, como simulações médicas ou de pilotagem, a geração de movimentos parametrizados permite criar ambientes realistas para prática e aprimoramento de habilidades.
- **Jogos e entretenimento:** na indústria de jogos, a criação de movimentos parametrizados é utilizada para criar personagens e criaturas com movimentos realistas, além de possibilitar a interação fluida com o ambiente virtual.
- **Aplicações terapêuticas:** em terapias baseadas em RV, a geração de movimentos parametrizados pode ser adaptada para atender a objetivos terapêuticos, como reabilitação física ou tratamento de fobias.

Desafios e inovações

- **Naturalidade e realismo:** alcançar movimentos que pareçam naturais e realistas, especialmente em ambientes virtuais, é um desafio constante que envolve aprimoramentos contínuos nos algoritmos de simulação.
- **Integração multissensorial:** a integração de dados de sensores adicionais, como dispositivos de rastreamento de movimento ou sensores biométricos, pode melhorar a precisão e a autenticidade dos movimentos gerados.
- **Eficiência computacional:** em ambientes de tempo real, como jogos e RV, a eficiência computacional é vital para garantir que a criação de movimentos ocorra sem atrasos perceptíveis.

Perspectivas futuras

- **Aprendizado de máquina e movimentos preditivos:** avanços em técnicas de aprendizado de máquina permitem que os sistemas prevejam e gerem movimentos com base em contextos específicos e históricos de interação.

- **Integração de feedback háptico:** a incorporação de feedback tátil na criação de movimentos proporciona uma experiência mais imersiva, na qual os usuários sentem a resistência e a textura associadas aos movimentos virtuais.

A geração de movimentos parametrizados é fundamental em diversos campos, desde a animação digital até a criação de experiências imersivas em RV. Como as tecnologias avançadas continuam a moldar esse campo, a capacidade de personalizar, simular e interagir com movimentos de forma eficiente e realista aumentará, proporcionando novas possibilidades nas áreas de entretenimento, educação e treinamento. O futuro da geração de movimentos promete uma integração mais profunda entre o mundo virtual e o real, transformando a forma como nos envolvemos e interagimos com ambientes digitais.

4 INTRODUÇÃO À REALIDADE MISTURADA

A realidade misturada (RM) emerge como uma fronteira tecnológica inovadora, fundindo elementos do mundo real com experiências digitais de maneira envolvente e interativa. Essa convergência cria ambientes híbridos, onde o físico e o virtual coexistem, proporcionando novas possibilidades para interação e imersão. Ela representa uma fusão de tecnologias de RV e RA. Enquanto a RV transporta os usuários para ambientes completamente virtuais, a RA sobrepõe elementos digitais ao mundo real. A RM, portanto, transcende essas categorias, criando uma experiência que integra de forma inteligente o ambiente físico com o digital.

A RV engloba a imersão total em ambientes digitais, muitas vezes por meio do uso de óculos ou headsets, isolando os usuários do mundo real e transportando-os para universos totalmente virtuais.

Já a RA adiciona camadas digitais ao ambiente real, utilizando dispositivos como smartphones, óculos inteligentes ou visores holográficos para sobrepor informações digitais, gráficos ou objetos interativos ao mundo físico.



Figura 13 – Tecnologia de realidade mista mostrada com 30 anos de diferença.

À esquerda consta o sistema Virtual Fixtures no laboratório de pesquisa da Força Aérea em 1992.

À direita temos o produto comercial Meta Quest Pro em 2022. Ambos permitem interações manuais de 6 GDL (graus de liberdade) e usam câmeras de passagem para capturar o mundo real e alinhar o conteúdo virtual no espaço 3D. A redução de tamanho, custo e peso até 2022 é extrema

Disponível em: <https://tinyurl.com/5e3k9v2v>. Acesso em: 26 mar. 2024.



Observação

Na ciência da computação, especialmente em áreas como animação, modelagem 3D e robótica, o grau de liberdade se refere à medida da quantidade de movimento independente disponível para um objeto virtual ou sistema. Esse conceito é crucial para descrever a flexibilidade ou a capacidade de um objeto se mover em um ambiente digital.

Por exemplo, considere um braço robótico com várias articulações. Cada junta ou articulação dele representa um grau de liberdade. Se um braço tiver três articulações rotacionais, então ele terá três graus de liberdade, permitindo que ele se mova em três direções diferentes. Isso significa que ele poderá se mover livremente para cima e para baixo, para frente e para trás, e girará em torno de seu próprio eixo.

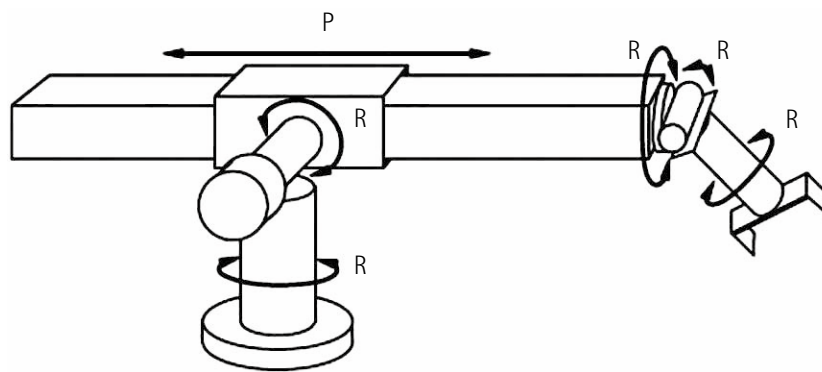


Figura 14 – O manipulador de Stanford, um antigo braço robô com cinco articulações de revolução (R) e uma articulação prismática (P), que gera um movimento de deslizamento, perfazendo um total de seis graus de liberdade

Fonte: Russell e Norvig (2013, p. 831).

Além disso, em animação por computador, o grau de liberdade é usado para descrever a complexidade e a fluidez dos movimentos de personagens ou objetos virtuais. Por exemplo, ao animar um personagem humano, diferentes partes do corpo, como braços, pernas, tronco e cabeça, podem ter graus de liberdade diferentes, o que afeta a naturalidade e a precisão dos movimentos gerados.

O grau de liberdade é a medida da capacidade de movimento independente de um objeto ou sistema em um ambiente digital, e é vital para a animação, modelagem 3D, simulações físicas e controle de robôs.

Os sensores de rastreamento fazem a coleta de dados do ambiente real por meio de sensores, câmeras e tecnologias, sendo vital para a integração eficaz de elementos virtuais na RM.

Podemos aplicar a RM em ambientes de trabalho inteligentes revolucionando o local, oferecendo ferramentas digitais, interfaces e colaboração remota integradas ao espaço físico. Na educação, a RM transforma salas de aula, permitindo a visualização de modelos tridimensionais, simulações e interações imersivas para melhorar a compreensão dos conceitos. Aplicações em saúde incluem treinamento médico em ambientes virtuais realistas, visualização de dados médicos em tempo real e cirurgias assistidas por RM. A RM promete experiências de entretenimento mais imersivas, nas quais personagens e eventos virtuais coexistem e interagem com o mundo real, proporcionando narrativas e jogabilidade únicas.

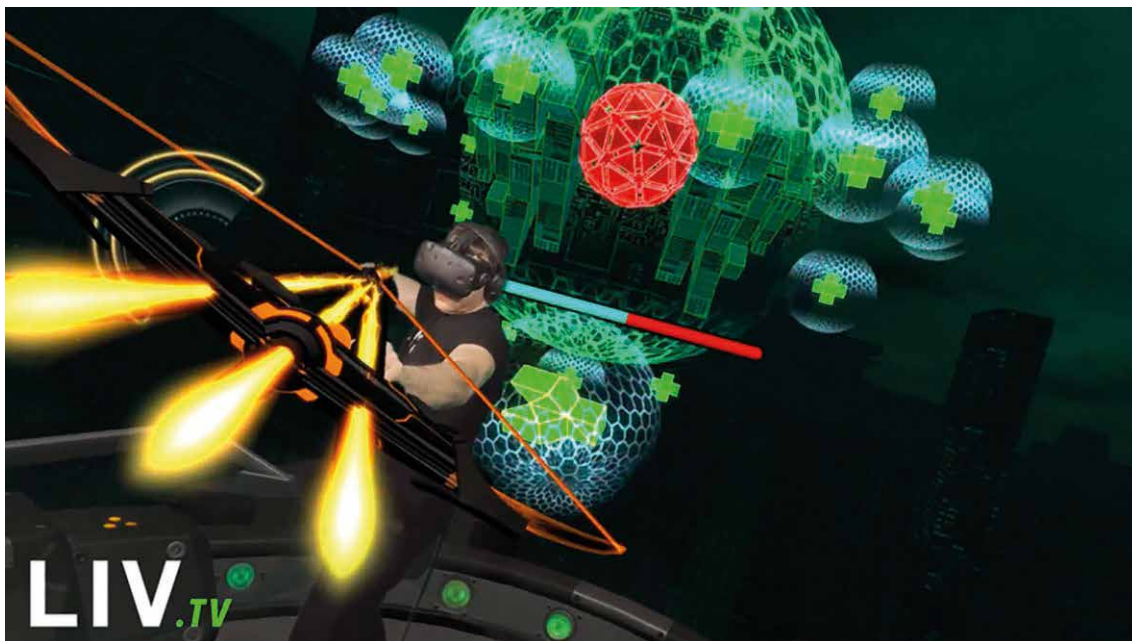


Figura 15 – RM com headset de RV. Alguém em um ambiente virtual, visto com uma câmera, atuando como ponto de vista de terceira pessoa

Disponível em: <https://tinyurl.com/25e3h4jv>. Acesso em: 26 mar. 2024.

Um dos desafios futuros da RM é alcançar a integração perfeita entre os elementos virtuais e o ambiente físico, proporcionando uma experiência fluida e natural. Questões relacionadas à privacidade e ética surgem à medida que a RM introduz novas formas de interação e coleta de dados no mundo real. O avanço em dispositivos, sensores e algoritmos é crucial para impulsionar a adoção massiva da RM e expandir suas aplicações.

Ela representa uma jornada fascinante em direção à criação de ambientes digitais que coexistem de maneira harmoniosa com o mundo físico. À medida que a tecnologia evolui, a RM promete transformar a forma como vivemos, aprendemos e nos entretemos, abrindo portas para um futuro em que o real e o virtual se entrelaçam de maneira inovadora e revolucionária.

4.1 Diferenças entre realidade real, realidade virtual, realidade aumentada, virtualidade aumentada e realidade misturada

As diversas formas de realidade e virtualidade oferecem experiências distintas, influenciando como interagimos com o mundo ao nosso redor. As diferenças essenciais entre elas são:

Realidade real (RR)

- **Definição:** refere-se ao ambiente físico e tangível que percebemos com nossos sentidos naturais, sem alterações ou sobreposições digitais.
- **Interatividade:** totalmente interativo, pois todas as experiências e estímulos ocorrem no mundo real.

Realidade virtual (RV)

- **Definição:** cria um ambiente completamente digital e simulado por meio de tecnologias, como headsets ou óculos de RV, isolando os usuários do mundo real.
- **Interatividade:** totalmente interativo no ambiente virtual criado, com o mundo real sendo excluído temporariamente da percepção do usuário.

Realidade aumentada (RA)

- **Definição:** sobrepõe informações digitais ao ambiente real, geralmente visualizadas por meio de dispositivos como smartphones, óculos inteligentes ou visores holográficos.
- **Interatividade:** adiciona elementos digitais à experiência no mundo real, mas a interação é limitada a interfaces específicas ou gestos.

Virtualidade aumentada (VA)

- **Definição:** similar à RA, porém a ênfase está na sobreposição de elementos virtuais em ambientes virtuais preexistentes.
- **Interatividade:** oferece interatividade avançada em ambientes virtuais, permitindo que usuários manipulem objetos digitais sobrepostos a ambientes virtuais.

Realidade misturada (RM)

- **Definição:** combina elementos da RV e RA, integrando o digital e o real de maneira inteligente, permitindo que coexistam e interajam de forma dinâmica.
- **Interatividade:** proporciona interatividade rica, com elementos digitais e físicos interagindo harmoniosamente, permitindo uma experiência mais integrada.

Portanto, surge um contexto mais amplo denominado RM, que integra o mundo real e o mundo virtual por meio de técnicas computacionais. Nela, a RA se manifesta quando objetos virtuais são inseridos no mundo real. A interface do usuário é aquela que ele utiliza no mundo real, adaptada para visualizar e interagir com os objetos virtuais inseridos em seu ambiente. Por outro lado, a VA ocorre quando elementos reais são incorporados ao mundo virtual. Neste caso, a interface do usuário é aquela que transporta o usuário para o ambiente virtual, mesmo que ele esteja visualizando ou interagindo com elementos reais inseridos ali.

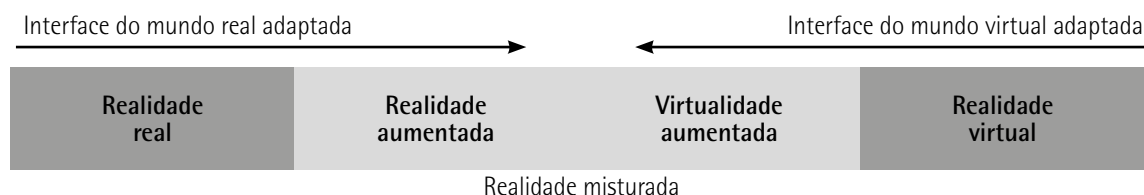


Figura 16 – Ambiente de RM

Adaptada de: Milgram *et al.* (1994).

Principais diferenças

Presença no mundo real

- **RR**: experiência exclusiva no mundo físico.
- **RV**: totalmente imerso em um ambiente digital.
- **RA**: sobreposição de elementos digitais ao mundo real.
- **VA**: sobreposição de elementos virtuais a ambientes virtuais preexistentes.
- **RM**: coexistência e interação dinâmica entre elementos digitais e físicos.

Dispositivos e tecnologias

- **RR**: não requer dispositivos especiais.
- **RV**: requer headsets ou óculos de RV.
- **RA**: pode ser experimentada em smartphones, óculos inteligentes etc.
- **VA**: geralmente em ambientes virtuais.
- **RM**: utiliza headsets, óculos inteligentes ou visores holográficos.

Nível de interatividade

- **RR:** interatividade natural.
- **RV:** altamente interativo no ambiente virtual.
- **RA:** interação limitada a interfaces específicas.
- **VA:** interatividade avançada em ambientes virtuais.
- **RM:** rica interatividade entre elementos digitais e físicos.

Objetivos de uso

- **RR:** vida cotidiana e experiências naturais.
- **RV:** simulações, treinamentos e entretenimento imersivo.
- **RA:** informações contextuais sobre o mundo real.
- **VA:** ambientes virtuais com sobreposições digitais.
- **RM:** integração inteligente de elementos digitais e físicos para experiências mais ricas.

Cada modalidade de realidade e virtualidade oferece uma experiência única, adaptando-se a diferentes contextos e objetivos. A evolução contínua dessas tecnologias promete transformar o modo como interagimos com o mundo digital e físico, ampliando as fronteiras da experiência humana.

4.2 Formas de interação para realidade misturada (RM)

Como vimos, a RM apresenta um ecossistema de interações que transcendem as limitações tradicionais, permitindo uma integração inteligente entre o mundo real e os elementos digitais. Essas formas de interação são importantes na criação de experiências imersivas e colaborativas.

- **Gestos e rastreamento de mão:** utiliza sensores para rastrear movimentos e gestos das mãos do usuário. Podemos usá-los na manipulação de objetos virtuais, navegação em interfaces digitais e controle de elementos sobrepostos no mundo real.
- **Controle por toque:** integra superfícies táteis ou dispositivos de toque para interagir com elementos digitais. Podemos aplicá-lo na manipulação de hologramas, seleção de opções e interações contextuais por meio do toque.

- **Comandos de voz:** usa tecnologia de reconhecimento de voz para comandar e controlar elementos virtuais. Podemos utilizá-los na ativação de funções, busca de informações e interações sem a necessidade de dispositivos físicos.
- **Marcadores e reconhecimento de objetos:** identifica marcadores físicos ou objetos no ambiente real para então acionar a exibição de informações digitais. Podemos aplicá-los nas informações sobre objetos, navegação em ambientes mistos e experiências interativas baseadas em contextos específicos.
- **Dispositivos de entrada específicos:** emprega dispositivos de entrada especializados, como canetas digitais ou controladores específicos da RM. Podemos adotá-los nos desenhos em ambientes virtuais, manipulação de objetos e interações precisas.
- **Rastreamento de olhar:** acompanha a direção do olhar do usuário para ajustar elementos digitais com base no foco visual. Podemos usá-lo em controle de interfaces, ativação por olhar e ajuste dinâmico de informações exibidas.
- **Colaboração em tempo real:** permite que usuários compartilhem experiências digitais e colaborem em ambientes mistos. Podemos adotá-la em reuniões virtuais, trabalho em equipe em projetos e compartilhamento de informações digitalizadas.
- **Realidade aumentada social:** engloba elementos virtuais em interações sociais, permitindo que usuários compartilhem experiências digitais. Podemos aplicá-la em jogos sociais, experiências compartilhadas em eventos e comunicação virtual em ambientes físicos.
- **Integração com dispositivos móveis:** utiliza smartphones ou tablets para fornecer informações digitais sobre o ambiente real. Podemos adotá-la na navegação assistida, informações contextuais e experiências de turismo aumentadas.
- **Interfaces cérebro-computador (BCI):** possibilita a interação direta entre o cérebro do usuário e o ambiente misto. Podemos usá-las no controle mental de objetos virtuais, ou seja, são interações sem a necessidade de movimentos físicos.

A RM tem alguns desafios para o futuro, como garantir uma interação mais fluida entre o real e o virtual, abordar questões éticas relacionadas à coleta de dados e privacidade em ambientes mistos, investir em inovações tecnológicas para melhorar a precisão e a variedade das interações possíveis e promover a adoção generalizada dessas formas de interação, tornando-as acessíveis e intuitivas para diversos públicos.

Ela redefine as possibilidades de interação, capacitando os usuários a moldarem digitalmente o mundo ao seu redor. Como novas tecnologias e abordagens emergem constantemente, a experiência na RM continuará a evoluir, transformando a maneira como vivemos, trabalhamos e nos conectamos digitalmente.

Visão direta sem capacete

A visão direta sem capacete na RM representa uma abordagem inovadora para interação, eliminando a necessidade de dispositivos de cabeça específicos e permitindo que os usuários experimentem ambientes mistos de maneira mais natural. Essa forma de interação busca integrar elementos digitais diretamente no campo de visão do usuário, sem depender de equipamentos adicionais.

A visão direta sem capacete na RM refere-se à sobreposição de elementos digitais no campo de visão do usuário sem a necessidade de utilizar dispositivos específicos, como óculos ou headsets de RM.

Podemos usar próteses retinianas, que são dispositivos que projetam imagens diretamente na retina, permitindo a sobreposição de elementos digitais no campo de visão natural. As lentes de contato inteligentes incorporam tecnologia para exibição de informações digitais. Outra tecnologia a ser adotada é a projeção direta em óculos de visão convencional, que se utiliza de óculos convencionais com tecnologia de projeção direta, integrando elementos virtuais ao ambiente visual.

As aplicações são diversas, desde a exibição de informações relevantes ao contexto, como direções, dados de produtos, ou identificação de objetos. O auxílio à navegação utiliza sobreposição de direções de navegação ou informações sobre pontos de interesse ao olhar do usuário. A colaboração em tempo real usa compartilhamento de informações digitais durante reuniões ou colaborações em ambientes físicos. Na RA social ocorre a integração de elementos virtuais em interações sociais, sem a necessidade de dispositivos de cabeça.

A visão direta sem capacete oferece uma experiência mais natural, pois elimina a necessidade de dispositivos adicionais. A sobreposição de elementos digitais diretamente no campo de visão do usuário proporciona uma integração mais fluida entre o real e o virtual. A ausência de capacetes ou óculos especiais torna essa forma de interação mais acessível para um público mais amplo.

Como a maioria das tecnologias, a visão direta sem capacete na RM tem seus desafios, como questões relacionadas à privacidade e segurança ao exibir informações diretamente no campo de visão público. É essencial desenvolver tecnologias que garantam uma exibição clara e nítida de elementos digitais sem comprometer a visão natural, bem como superar eventuais resistências sociais relacionadas ao uso de dispositivos de visão direta.

No futuro serão necessários avanços contínuos em dispositivos de projeção e lentes de contato inteligentes. Podemos expandir as possibilidades de aplicações em setores como turismo, saúde, educação e entretenimento, utilizando maior integração com smartphones e dispositivos móveis para controle e interação.

A visão direta sem capacete na RM representa um passo significativo em direção a uma interação mais intuitiva e integrada entre o mundo real e o digital. Ao eliminar a necessidade de dispositivos específicos, essa abordagem promete tornar as experiências mistas mais acessíveis e naturalmente incorporadas ao cotidiano, redefinindo a forma como interagimos com o ambiente ao nosso redor.

Visão direta com capacete

A visão direta com capacete na RM representa uma abordagem avançada para a interação entre o mundo real e digital. Nesse cenário, a sobreposição de elementos digitais ocorre por meio de capacetes ou óculos especiais, enriquecendo a percepção do usuário.

A visão direta com capacete na RM refere-se à sobreposição de informações e elementos digitais no campo de visão do usuário através do uso de dispositivos específicos, como capacetes ou óculos de RM. Podemos utilizar óculos de RM, dispositivos que incorporam telas transparentes ou holográficas para sobrepor informações digitais no campo de visão do usuário. Os capacetes inteligentes são equipados com sistemas de exibição, sensores e capacidade de processamento para criar experiências mistas.

As aplicações são diversas, como a utilização em treinamentos profissionais, simulações industriais e práticas de procedimentos médicos. Existe a colaboração em tempo real entre profissionais especializados e técnicos no local, com sobreposição de informações úteis; sobreposição de direções de navegação; informações sobre pontos de interesse e dados contextuais relevantes; visualização de modelos 3D, plantas arquitetônicas e elementos de design no contexto físico.

O uso de capacetes proporciona mais imersão ao sobrepor elementos digitais diretamente no campo de visão, inclusive permitindo uma interação mais avançada, com gestos, rastreamento de olhar e comandos de voz, dependendo da tecnologia incorporada. Ideal para ambientes controlados, onde a sobreposição de informações específicas é essencial para a execução de tarefas especializadas.

São muitos os desafios da visão direta com capacete, com a necessidade de embutir tecnologias avançadas podendo resultar em dispositivos mais pesados, afetando o conforto do usuário durante o uso prolongado. O uso de capacetes gera resistência social em determinados contextos, requerendo esforços para normalizar a presença desses dispositivos. A tecnologia avançada embutida em capacetes pode torná-los mais caros, afetando a acessibilidade para determinados públicos.

No futuro os avanços em miniaturização e materiais leves para tornar os capacetes mais confortáveis e menos intrusivos serão necessários, assim como a incorporação de inteligência artificial para aprimorar a interpretação de informações contextuais e proporcionar respostas mais personalizadas, proporcionando uma maior integração em setores como medicina, indústria, serviços técnicos e design.

A visão direta com capacete na RM continua a moldar a forma como interagimos com o ambiente, possibilitando experiências mais ricas e eficientes. Com avanços tecnológicos contínuos, espera-se que essa abordagem se torne mais acessível, proporcionando uma visão mais clara e prática do potencial da RM em diversas áreas.

Visão indireta

A visão indireta na RM representa uma abordagem única, na qual os usuários interagem com elementos digitais sem que estes sejam diretamente sobrepostos ao seu campo de visão. Essa forma de interação utiliza superfícies intermediárias para exibir informações digitais, oferecendo uma experiência

envolvente e prática. Trata-se da apresentação de elementos digitais em superfícies intermediárias, como telas ou hologramas, sem sobrepor diretamente ao campo de visão do usuário.

Podemos usar as telas transparentes ou holográficas para exibir informações digitais sem bloquear completamente a visão do mundo real. As projeções inteligentes disponibilizam informações digitais em superfícies específicas, tornando-as interativas e contextualmente relevantes.

A visão indireta pode ser aplicada em diversas áreas, como nos ambientes de trabalho inteligentes, sendo usados em escritórios para exibir dados, gráficos e informações contextuais em superfícies como mesas ou monitores transparentes. Podemos utilizá-la na educação interativa, por exemplo, em salas de aula para apresentações, visualização de modelos 3D e manipulação de informações digitais em quadros interativos. No varejo e nas experiências dos clientes, implementamos lojas para exibir informações sobre produtos, ofertas especiais e guias de navegação em superfícies de exibição, bem como aplicações em locais públicos, como museus ou centros comerciais, para oferecer experiências interativas e informativas.

A visão indireta permite a interação digital sem obscurecer completamente a visão do ambiente real, mantendo uma experiência não intrusiva. Possibilita a utilização de superfícies já presentes, como paredes ou mesas, para exibir informações digitais. É usada em aplicações diversificadas em diferentes setores, proporcionando uma abordagem versátil para a interação mista.

Os desafios da visão direta também são complexos, como a questão da visibilidade de informações em superfícies, algo que pode ser desafiador em ambientes muito iluminados. A superfície disponível pode limitar o tamanho e a complexidade das informações exibidas. A calibração deve garantir a precisão das projeções e interações.

No futuro será necessário investir em tecnologias que permitam a transformação de diversas superfícies em interfaces interativas, maior integração com dispositivos móveis para possibilitar que usuários controlem e interajam com projeções de forma intuitiva, bem como o desenvolvimento contínuo de telas transparentes mais avançadas, proporcionando uma experiência visual mais nítida e imersiva.

A visão indireta na RM oferece uma abordagem alternativa, explorando as possibilidades de interação digital sem comprometer a visão natural do usuário. À medida que as tecnologias continuam a evoluir, espera-se que essa forma de interação ganhe mais destaque em ambientes diversos, proporcionando experiências mistas cada vez mais ricas e integradas.



Resumo

Vimos nesta unidade conceitos básicos e terminologias de realidade virtual (RV) e realidade aumentada (RA).

Observamos que RV refere-se a um ambiente simulado gerado por computador que imita a realidade e permite a interação do usuário através de dispositivos sensoriais. Além das definições básicas, é importante destacar que a RV geralmente é experimentada por meio de dispositivos que bloqueiam a visão do mundo real e o substituem por um ambiente virtual completo. Por outro lado, a RA é frequentemente vista em aplicativos de smartphones e dispositivos de RA sobrepondo informações digitais na visão do usuário do mundo real, criando uma experiência híbrida.

A RA combina elementos virtuais com o ambiente físico do usuário, sobrepondo informações digitais em tempo real. A terminologia inclui conceitos como rastreamento de posição, que permite que o sistema acompanhe os movimentos do usuário no espaço virtual ou real, e interação natural, que se refere à capacidade de os usuários interagirem com objetos virtuais de uma forma que imita a interação no mundo real.

Foram apresentados fundamentos da computação gráfica para simuladores. A computação gráfica envolve a criação, manipulação e exibição de imagens e gráficos digitais. Nos simuladores, ela é usada para renderizar ambientes virtuais, objetos e personagens de maneira realista. Além da renderização de imagens e gráficos, os fundamentos da computação gráfica para simuladores envolvem técnicas avançadas de modelagem 3D, animação, iluminação e texturização para criar ambientes virtuais realistas. Também mencionamos o papel dos motores de jogo e software de design 3D, que fornecem as ferramentas necessárias para criar e visualizar esses ambientes virtuais.

Avançamos em outras formas de realidade, como a realidade virtual imersiva e a realidade virtual não imersiva. A primeira oferece uma experiência altamente imersiva, na qual os usuários são transportados para ambientes virtuais e podem interagir com eles através de dispositivos sensoriais. Já a segunda proporciona uma experiência menos imersiva, muitas vezes através de telas de computador ou dispositivos móveis, sem a completa sensação de presença no ambiente virtual.

Depois, estudamos a realidade misturada (RM), uma combinação de RV e RA, em que objetos virtuais interagem com o mundo real e vice-versa.

Ela oferece a capacidade de inserir objetos digitais no ambiente físico do usuário, criando uma experiência de interação entre o mundo real e o virtual.

Além de inserir objetos digitais no mundo real, a RM envolve a capacidade de mapear e interagir com o ambiente físico. Por exemplo, um usuário pode usar um dispositivo de RA para ver instruções digitais sobrepostas a uma máquina real, enquanto ainda vê e interage com os controles físicos da máquina. A RM tem aplicações potenciais em áreas como educação, treinamento, design e entretenimento, em que a sobreposição de informações digitais no mundo real melhora a compreensão e a experiência do usuário.

Esses temas são fundamentais para compreender os conceitos básicos e avançados relacionados à RV, RA e à integração de ambos, como na RM.



Exercícios

Questão 1. A respeito dos conceitos de realidade virtual (RV) e de realidade aumentada (RA), avalie as afirmativas.

I – A RV é a tecnologia que permite que os usuários interajam com o mundo real, mas com informações digitais sobrepostas.

II – A RV é capaz de criar ambientes totalmente imersivos, que simulam o mundo real ou que estabelecem um mundo imaginário.

III – A RA exige o uso de dispositivos especializados, como capacetes ou óculos inteligentes.

É correto o que se afirma em:

A) I, apenas.

B) II, apenas.

C) I e II, apenas.

D) II e III, apenas.

E) I, II e III.

Resposta correta: alternativa B.

Análise das afirmativas

I – Afirmativa incorreta.

Justificativa: o foco da RV é criar ambientes virtuais tridimensionais. A tecnologia especializada em sobrepor elementos digitais a imagens do mundo real é a RA.

II – Afirmativa correta.

Justificativa: o foco da RV é criar ambientes virtuais tridimensionais, sejam eles similares ao mundo real, sejam eles imaginários. Com isso, ela é capaz de criar ambientes totalmente imersivos.

III – Afirmativa incorreta.

Justificativa: a RA pode utilizar dispositivos especializados, mas nem sempre requer o uso desses equipamentos. É possível interagir com um ambiente por meio de realidade aumentada usando smartphones ou tablets convencionais, por exemplo.

Questão 2. A computação gráfica é aplicada à criação de ambientes virtuais. Nesse contexto, as transformações permitem a modificação de imagens presentes nesses ambientes.

A respeito dos conceitos de translação, rotação e escala na computação gráfica aplicada a ambientes virtuais, avalie as afirmativas.

I – A translação envolve mover um objeto ao redor de um eixo fixo.

II – A rotação envolve alterar o tamanho de um objeto sem alterar a sua forma.

III – A escala envolve alterar o tamanho de um objeto, mantendo a sua forma e as suas proporções.

IV – A translação, a rotação e a escala não têm impacto na percepção dos usuários em um ambiente de realidade virtual.

É correto o que se afirma em:

A) III, apenas.

B) II e III, apenas.

C) I, II e IV, apenas.

D) II, III e IV, apenas.

E) I, II, III e IV.

Resposta correta: alternativa A.

Análise das afirmativas

I – Afirmativa incorreta.

Justificativa: a translação descreve o movimento de um objeto de uma posição para outra em um espaço tridimensional, mantendo a sua orientação e a sua forma. Em termos simples, a translação envolve mover um objeto de um ponto A para um ponto B no espaço.

II – Afirmativa incorreta.

Justificativa: a rotação compreende girar um objeto em torno de um ponto ou de um eixo específico, alterando a sua orientação sem mudar a sua forma ou a sua posição relativa.

III – Afirmativa correta.

Justificativa: a escala envolve aumentar ou diminuir as dimensões de um objeto em todas as direções, mantendo a sua forma e as suas proporções.

IV – Afirmativa incorreta.

Justificativa: essas três transformações impactam diretamente a forma como os usuários percebem as imagens dispostas em um ambiente de realidade virtual, pois são capazes de mudar o posicionamento, a orientação e o tamanho de objetos virtuais.

This image shows a full page of white paper with horizontal blue or grey ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, leaving small margins at the top and bottom. There are no vertical margin lines, text, or other markings on the page.