

Mídias Multissensoriais e Jogos em Realidade Virtual: Panorama e Desafios

Thaís Ferreira¹

¹Instituto de Computação – Universidade Federal Fluminense (UFF) – Niterói – RJ –
Brasil

{thais_ferreira}@id.uff.br

Abstract. *Advances in the area of multisensory media and Virtual Reality (VR) bring new possibilities for the entertainment industry, especially that of VR games. Thus, this work presents the current panorama of the use of multisensory media in the context of VR games. To this end, a study was carried out on the concepts and challenges of mulsemmedia applications, as well as a mapping of multisensory devices and VR games that explore senses beyond sight and hearing.*

Resumo. *Os avanços na área de mídias multissensoriais e Realidade Virtual (RV) trazem novas possibilidades para a indústria do entretenimento, especialmente a dos jogos em RV. Assim, este trabalho apresenta o atual panorama da utilização de mídias multissensoriais no contexto dos jogos em RV. Com este objetivo, foi realizado um estudo sobre os conceitos e desafios das aplicações mulsemídia, bem como um mapeamento dos dispositivos multissensoriais e dos jogos em RV que exploram sentidos além da visão e audição.*

1. Introdução

A maioria das pessoas é capaz de experienciar o mundo por meio dos cinco sentidos, podendo ter reações únicas e surpreendentes. Essa capacidade de experienciar o mundo utilizando os cinco sentidos tem sido buscada pela indústria de entretenimento de jogos digitais, especialmente com o crescimento do mercado de jogos em Realidade Virtual (RV). Quanto mais real for a interação do jogador com o mundo do jogo, maior será a imersão.

Com a RV, os jogos atingiram um novo patamar, no qual é possível se ter ambientes muito mais imersivos em comparação com os jogos tradicionais. O primeiro sentido a ser percebido em ambientes de RV é a visão. Por meio de um *Head-Mounted Display* (HMD), os jogadores podem ver o cenário apenas movimentando a cabeça, pois o dispositivo coloca o usuário no centro de uma esfera, permitindo que ele possa olhar livremente ao seu redor apenas ajustando sua visão [Nguyen et al. 2020]. Esse tipo de vídeo é conhecido como vídeo 360° e é possível pois o HMD utiliza câmeras omnidirecionais para que a cena seja capturada em todas as direções ao mesmo tempo [Nguyen et al. 2020]. Vídeos 360° podem oferecer uma experiência muito imersiva, fazendo com que o usuário sinta como se realmente estivesse no cenário [Domanski et al. 2017].

Assim como a visão, a audição também tem sido muito explorada em ambientes de RV, pois ajuda na imersão do usuário. Entretanto, embora esses dois sentidos possibilitem experiências mais imersivas ao jogador, a necessidade de explorar os

outros sentidos levou a academia e a indústria a explorarem novos conceitos e tecnologias capazes de proporcionar certas sensações aos usuários. Dentre esses estão as aplicações multissensoriais e os dispositivos que permitem aos jogadores experienciarem os jogos por meio de sentidos além da visão e audição.

Diante desse contexto, este trabalho busca apresentar o atual cenário da mulsemídia em jogos de RV bem como os desafios da área. Como o sentido da visão e da audição são bem explorados, este trabalho apresenta as possibilidades oferecidas pela mulsemídia para os sentidos do tato, olfato e paladar.

Com esse intuito, o artigo está estruturado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta os trabalhos relacionados e a motivação para este trabalho. a Seção 3 faz uma breve apresentação de mulsemídia. A Seção 4 apresenta dispositivos multissensoriais para RV. A Seção 5 apresenta jogos que já exploram sentidos além da visão e audição. A Seção 6 apresenta os desafios da utilização da mulsemídia em jogos de RV. Por fim, a Seção 7 apresenta as conclusões do trabalho.

2. Trabalhos Relacionados

Existem diversos trabalhos na área de mulsemídia, alguns deles com o intuito de cobrir diferentes aspectos do assunto. Covaci et al. (2018) apresentam uma revisão bem completa de sistemas mulsemídia. Os autores fazem uma análise do atual estado da arte em sistemas mulsemídia com ênfase em seus desafios; apresentam algumas tecnologias sensoriais; discutem os desafios que envolvem o conteúdo digital com características multissensoriais nas diferentes fases do fluxo de produção-distribuição-rendering; identificam e discutem futuros desafios e direções de pesquisa.

Saleme et al. (2019a) apresenta um *survey* de dispositivos que simulam sentidos além da visão e audição, além de descreverem abordagens para guiar entusiastas e pesquisadores a construírem seus próprios ambientes mulsemídia. Vi et al. (2017) exploram os desafios relacionados a simulação do paladar. Saleme et al. (2019b) apresentam os desafios relacionados a entrega de mulsemídia e mostram soluções que lidam com a heterogeneidade de *softwares* e *hardwares*. Sulema (2016) explora as diferenças entre mulsemídia e multimídia apresentando o estado da arte e as tendências da área.

Embora esses trabalhos apresentem uma visão bem abrangente sobre mulsemídia e seus desafios, eles não possuem foco na área de jogos em RV. O presente artigo busca propostas semelhantes a esses trabalhos, porém com foco na indústria dos jogos em RV.

3. Mulsemídia

Segundo Mattos e Muchaluat-Saade (2018), as aplicações multimídia atuais, oferecem aos usuários conteúdo audiovisual envolvendo apenas dois dos sentidos humanos: visão e audição. Porém, 60% da comunicação humana não é verbal [Ghinea et al. 2014] e grande parte das pessoas percebe o mundo utilizando os cinco sentidos. Diante desse cenário, diversas pesquisas e estudos foram conduzidos, e um novo conceito surgiu: mulsemídia (MulSeMedia - *Multiple Sensorial Media*), que são as aplicações multimídia que exploram outros sentidos [Ghinea et al. 2014]. Essas aplicações permitem aumentar a Qualidade da Experiência (QE) do usuário, uma vez que elas providenciam meios que estimulam os outros sentidos, como o tato, o olfato e o

paladar [Josué et al. 2018]. Nos jogos digitais, os efeitos sensoriais podem aprimorar a imersão do jogador bem como aumentar a sensação de realidade.

Visando aprimorar a utilização de mulsemídia, o padrão MPEG-V [Kim e Han 2014] define um conjunto de elementos baseados em XML para especificar objetos reais e virtuais. Para o mapeamento dos objetos do mundo virtual para o real, o MPEG-V oferece uma linguagem de descrição de efeitos sensoriais, a SEDL (*Sensory Effect Description Language*) [ISO/IEC 23005-3]. Um arquivo SEDL é chamado de SEM (*Sensory Effect Metadata*) e tem o objetivo de controlar os dispositivos sensoriais. O SEM pode ser associado a qualquer tipo de conteúdo multimídia, incluindo música, filmes, jogos e sites Web [Sulema 2016]. Softwares multimídia incluem ferramentas de autoria e reprodutores de mídias de efeitos sensoriais [Sulema 2016], o que possibilita o desenvolvimento e integração de dispositivos e sistemas. A próxima seção apresenta um levantamento dos principais dispositivos de efeitos sensoriais para RV.

4. Dispositivos de Efeitos Sensoriais para RV

Pode-se dizer que os estudos sobre mulsemídia e RV, datam desde a década de 60. Em 1962, Morton Heiling criou o que hoje é popularmente conhecida como a primeira experiência em RV, embora os sistemas de computação digital e de RV nem existissem na época. A Figura 1 ilustra o dispositivo projetado por Heiling, o Sensorama. Seu objetivo era proporcionar uma experiência imersiva em RV, na qual o usuário faria um passeio de bicicleta pelas ruas do Brooklyn, em Nova Iorque. O Sensorama era completo pois dispunha de movimentos e vibrações, sons, ventiladores e cheiros, ou seja, uma verdadeira e complexa experiência mulsemídia, que envolvia quatro dos cinco principais sentidos. Segundo Heiling (1962), considerando que o paladar está intimamente ligado ao olfato e que um dos aromas emitidos foi o de pão fresco de uma padaria, não é inconcebível que, para alguns usuários, todos os cinco sentidos estivessem envolvidos em sua jornada mulsemídia.



Figura 1. Sensorama

Fonte: <https://proyectoidis.org/sensorama/>

Mas após o Sensorama, o que mais tem sido feito nesse sentido? Para responder a essa pergunta, serão apresentados trabalhos acadêmicos e iniciativas da indústria que explorem o uso de mulsemídia e dispositivos sensoriais com o intuito de aumentar a imersão do usuário em ambientes de RV.

4.1. Efeito Tátil

Em mulsemídia, o *feedback* tátil permite que os usuários possam identificar diferentes tipos de sensações, assim como a pele humana, que contém diferentes receptores sensoriais que respondem aos estímulos mecânicos, térmicos e químicos [Ghinea et al. 2014]. Com o intuito de prover uma interatividade mais realista com objetos virtuais, pesquisadores têm focado em desenvolver dispositivos hápticos que lembram luvas [Scheggi et al. 2015], como o CyberGrasp¹ (Figura 2a), o HaptX² (Figura 2b), o Plexus³ (Figura 2c) e o Teslasuit Glove (Figura 2d). Todos são capazes de prover sensações nas pontas dos dedos das mãos e rastrear as articulações do usuário para que a representação da mão, no ambiente virtual, possa realizar movimentos precisos. No caso do Teslasuit Glove, também é possível registrar o pulso e outras informações biométricas. Com esses equipamentos, o usuário poderá sentir a textura e o toque em objetos do mundo virtual, bem como manipulá-los e sentir a sua resistência.



Figura 2. (a) CyberGrasp (b) HaptX (c) Plexus (d) Teslasuit Glove

Entretanto, segundo Scheggi et al. (2015), esses equipamentos são complexos e caros. Com o intuito de oferecer um dispositivo mais simples e acessível, mas que continue fornecendo uma sensação convincente ao tocar objetos virtuais, os autores utilizam interfaces hápticas capazes de fornecer apenas *force feedback*. Conforme ilustrado na Figura 3, o equipamento consiste em um controlador *Leap Motion* e cinco dispositivos táteis que são colocados em cada dedo. O controlador *Leap Motion* é um pequeno periférico USB que utiliza duas câmeras monocromáticas e três LEDs infravermelhos para rastrear a posição dos dedos em um espaço 3D. Cada dispositivo

¹ CyberGrasp disponível em <http://www.cyberglovesystems.com/cybergasp>

² HaptX disponível em <https://haptx.com/>

³ Plexus disponível em <http://plexus.im/>

está conectado a uma pulseira, fornecendo energia e conexão sem fio a um computador externo. Os autores validaram o experimento por meio de um ambiente em RV, no qual os usuários poderiam interagir com diferentes objetos virtuais. Toda vez que a mão entrava em contato com um objeto virtual, os dispositivos táteis aplicavam uma quantidade adequada de força às pontas dos dedos dos usuários, proporcionando a sensação de tocar o ambiente virtual [Scheggi et al. 2015].

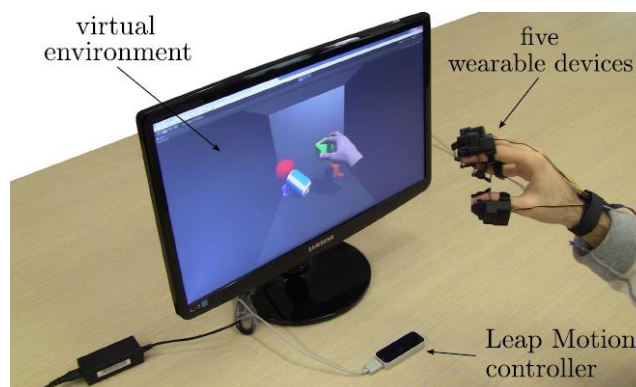


Figura 2. Dispositivo tátil
Fonte: Scheggi et al. (2015)

No trabalho de Schorr e Okamura (2017), os autores apresentam uma proposta semelhante com o intuito de transmitir interações convincentes com objetos virtuais, como agarrar, apertar, pressionar, levantar e tocar, sem a necessidade de um dispositivo tão grande. Com esse objetivo, Schorr e Okamura (2017) utilizam um par de dispositivos de *feedback* háptico que deformam a pele na ponta dos dedos para transmitir informações de força cutânea na manipulação de objetos. Segundo os autores, com o uso dos dispositivos, os usuários podem perceber diferenças no peso do objeto virtual e podem aplicar mais força ao levantar objetos virtuais à medida que a massa renderizada aumenta. A partir dos experimentos, Schorr e Okamura (2017) concluem que os dispositivos de deformação da pele na ponta dos dedos podem fornecer uma experiência háptica convincente.

Lopes et al. (2017) estendem o estudo para os ombros e braços. Os autores buscam simular paredes e outros objetos pesados em um ambiente de RV. Conforme ilustrado na Figura 3, o usuário veste o equipamento e quando interage com algum objeto, o sistema aciona os músculos do ombro, braço e punho do usuário por meio de estímulos elétricos, criando uma força contrária que puxa o braço do usuário para trás. Assim o usuário pode sentir o peso e a resistência dos objetos.

Em uma linha parecida, o ARAIG⁴ é um traje de efeito tátil com *force feedback* que provoca estímulos elétricos nos músculos e reproduz sensações de toque, além de utilizar um *feedback* sonoro. O transmissor se conecta diretamente a uma plataforma para receber informações que são enviadas por conexões sem fio ao ARAIG para que o dispositivo atualize os diversos sensores de *feedback* táteis e sonoros. A camada externa da ARAIG, chamada *Exoskeleton*, possui um sistema de alto-falantes *surround 7.1* embutidos para imersão total em áudio. Outra tecnologia semelhante é o *Teslasuit*⁵, um

⁴ ARAIG disponível em <https://araig.com/>

⁵ Teslasuit disponível em <https://teslasuit.io/the-suit/>

traje de corpo inteiro que utiliza estímulo elétricos para *feedback* tátil. O *Teslasuit* também permite a captura de movimento e possui um sistema biométrico integrado que reúne dados em tempo real dos usuários durante o treinamento. O traje também é capaz de simular mudanças de temperatura, pois utiliza um sistema de controle de temperatura que altera a tensão e a polaridade da corrente. Outro traje é o *Tactsuit*⁶ que possui cinco dispositivos, para cabeça, mãos, braços, pés e torso, esse último possuindo 40 pontos de *feedback* táteis.

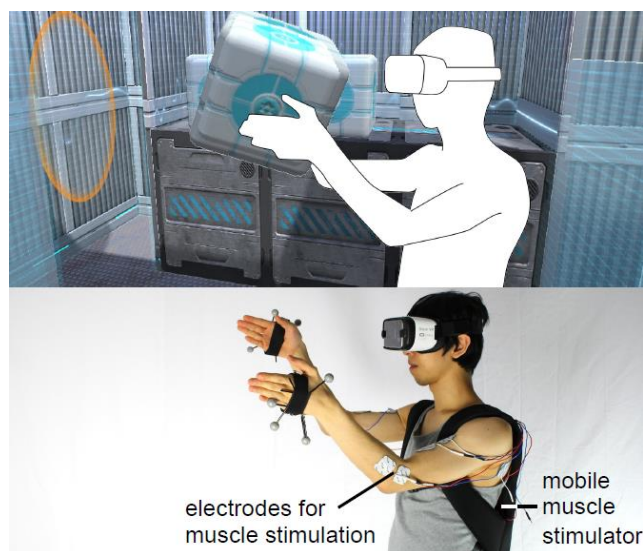


Figura 3. Sistema realiza estímulos elétricos
Fonte: Lopes et al. (2017)

Maimani e Roudaut (2017) apresentam o conceito da *Frozen Suit*, um tipo de roupa que restringe os movimentos dos usuários em certas articulações (e.g., cotovelo, joelho) por meio de um material de interferência de rigidez mutável. O traje pode “congelar” as partes do corpo dos usuários durante um jogo, por exemplo, a fim de proporcionar a sensação física de congelamento após o ataque de um inimigo. A ideia por trás da tecnologia é usar os chamados “tecidos inteligentes” que podem alterar sua rigidez de maneira controlável. São utilizados mecanismos de interferência, usando atuação pneumática. A interferência é uma técnica usada para alterar a rigidez de um material preenchido com partículas [Maimani e Roudaut 2017].

Günther et al. (2020) apresentam o conceito do *Therminator*, um dispositivo termal que fornece a sensação de quente e frio em RV através do fluxo de líquidos com diferentes temperaturas. Os líquidos podem fluir através de uma rede de tubos deformáveis e termicamente condutores. Essa abordagem pode se adaptar a uma variedade de formas e transferir temperaturas diretamente para partes individuais do corpo [Günther et al. 2020].

As pesquisas e tecnologias na área não se restringem a dispositivos para vestir. O *Ultrahaptics*⁷ é um dispositivo comercial capaz de produzir sensações táteis por meio de ultrassom. Ele é composto por pequenas caixas de som que emitem ondas de ultrassom em frequências muito altas, que não podem ser ouvidas. Cada caixa de som

⁶ Tactsuit disponível em <https://www.bhaptics.com/tactsuit/>

⁷ Ultrahaptics disponível em <https://www.ultraleap.com/haptics/>

pode ser controlada individualmente. Por meio de um algoritmo proprietário, as caixas de som são acionadas em tempos diferentes e específicos, fazendo com que as ondas de ultrassom cheguem em um mesmo ponto (chamado de ponto focal) no espaço e ao mesmo tempo. Um controlador *Leap Motion* é utilizado para rastrear a mão do usuário e o ponto focal. As ondas de ultrassom combinadas têm força suficiente para criar um ponto e pressão na pele. Esse ponto é utilizado para criar uma vibração que os sensores da mão podem detectar.

O *VirWind* consiste em um conjunto de ventiladores para criar uma sensação de vento 3D em ambientes de RV com o uso de 4 torres equipadas com ventiladores conforme ilustra a Figura 4.



Figura 4. VirWind

4.2. Efeito Olfativo

O *Olorama*⁸ é um dispositivo que permite integrar odores em ambientes multissensoriais e é compatível com a maioria dos óculos de RV. O *Feelreal*⁹ é um dispositivo sensorial que lembra uma máscara capaz de simular aromas de forma natural. Ele possui um gerador de aromas, que contém um cartucho facilmente substituível, contendo 9 cápsulas de aroma individuais. O usuário pode escolher e combinar qualquer um dos 255 perfumes disponíveis na loja da empresa. Além disso, o *Feelreal* também possui um sistema de ionização ultrassônica, que permite que o usuário sinta algo semelhante a uma névoa em seu rosto. O dispositivo também vem equipado com microcoolers e microaquecedores que permitem ao usuário sentir o ar gelado de uma montanha ou o calor do deserto respectivamente. Assim como o *Olorama*, ele é compatível com a maioria dos óculos de RV.

Salminen et al. (2018) apresentam um protótipo de dispositivo para emitir e detectar odores. O princípio operacional básico do protótipo é usar um compressor de ar (HBM AS-48) e tubos revestidos de plástico para transferir ar perfumado para uma máscara usada pelos participantes [Salmien et al. 2018]. Hasegawa et al. (2018) descrevem uma técnica para controlar a distribuição espacial de aromas por meio de fluxos de ar estreitos que são guiados eletronicamente por ultrassom. O sistema promete

⁸ Olorama disponível em <https://www.olorama.com/vr-smell>

⁹ Feelreal disponível em <https://feelreal.com/>

buscar o odor de um objeto qualquer, situado em um local distante do usuário, e orientá-lo até as narinas dele. Outra proposta é que o sistema será capaz de anular o odor de um objeto próximo a um usuário, levando-o embora antes que ele atinja suas narinas [Hasegawa et al. 2018].

Dobbelstein et al. (2017) apresentam o *inScent*, um monitor olfativo que pode ser usado em situações cotidianas e que permite que o usuário receba notificações aromáticas pessoais. O dispositivo pode ser usado como um colar e contém até oito diferentes aromas que podem ser inseridos e trocados rapidamente através de pequenos cartuchos de perfume. Após a emissão, o aroma é vaporizado e soprado na direção do usuário [Dobbelstein et al. 2017]. Os autores apresentam uma estrutura de hardware e software que permite que os desenvolvedores adicionem aromas a seus aplicativos móveis. Nakamoto et al. (2020) desenvolveram um ambiente virtual com aromas usando cálculo computacional da dinâmica de fluidos, o que permite ter a distribuição dinâmica da concentração de odor, mesmo que haja obstáculos complicados no ambiente virtual. Além disso, os autores também desenvolveram um dispositivo olfatório que pode ser acoplado a um HMD. Esse dispositivo é formado por vários microdispensadores e SAW (*Surface Acoustic Wave*), para que seja possível realizar a rápida troca de fragrâncias.

4.3. Efeito Gustativo

Niijima e Ogawa (2016) propõem um sistema que utiliza estímulos elétricos no músculo do masseter para representar a textura de um alimento virtual. O sistema é chamado de “*Electric Food Texture System*” e consiste em um “detector de mordida”, uma base de dados de texturas de comidas e a parte responsável pelos estímulos elétricos. Os autores utilizam fotorreceptores na mandíbula inferior do usuário para detectar a mordida, sensores de eletromiografia para a textura dos alimentos e um estimulador elétrico [Niijima e Ogawa 2016].

Ranasinghe e Do (2016) apresentam um instrumento experimental chamado *Digital Lollipop* para a simulação do paladar por meio da utilização de estímulos elétricos na língua. O sistema é capaz de manipular as propriedades da corrente elétrica, como magnitude, frequência e polaridade, para formular diferentes estímulos. Karunanayaka et al. (2018) criaram a *Thermal Taste*, uma máquina que produz sensações de gosto na língua do usuário a partir da variação da temperatura. Por meio de experimentos, os autores acreditam que o rápido aquecimento da língua produz a sensação de doçura, oleosidade, calor e reduz a sensibilidade ao sabor metálico. Da mesma forma, os participantes relataram que o resfriamento da língua produzia sabor menta, agradável e frio.

Vi et al. (2018) apresentam o *TasteBud*, uma interface gustativa para o jogo *Minesweeper*. O *TasteBud* é baseado na abordagem do uso de estímulos químicos utilizando líquidos. Foi projetado usando 6 bombas peristálticas que controlam garrafas de 5 sabores básicos e uma garrafa neutra para água. Uma garrafa com sabor pode ser criada a partir da mistura de ingredientes (e.g. açúcar para o doce) com água. O *TasteBud* puxa o líquido da garrafa para a boca do participante.

4.4. Plataformas de Hardware e Software Compatíveis com os Dispositivos

Nesta seção, foram apresentados diversos trabalhos e dispositivos de efeitos sensoriais envolvendo o tato, olfato e paladar. Dentre eles, alguns já possuem *kits* para desenvolvimento de jogos e compatibilidade com *game engines*¹⁰ e outras tecnologias para jogos em RV. A Tabela 1 apresenta as compatibilidades especificadas nos respectivos sites das tecnologias apresentadas.

Tabela 1. Compatibilidade dos dispositivos

Dispositivo	Compatibilidade
Plexus	SDK para as <i>game engines</i> Unity e Unreal, API para C++, C# e Python HTC Vive, Oculus Rift, Windows Mixed Reality Windows, Linux ou Mac
HaptX	SDK para <i>game engines</i> Unity e Unreal 4 API de baixo nível para C++ API
Tactsuit	SDK para Unity, Unreal, C++, C#, Python, Java Oculus Go, Oculus Quest, Oculus Rift, HTC Vive, Windows Mixed Reality Windows, Mac OS, Android, iOS
Olorama	<i>Game engines</i> Unity e Unreal Oculus Go, Oculus Quest, Samsung Gear VR, Oculus Rift, HTC Vive, Cosmos e Idealens
Feelreal	<i>Game Engines</i> Unity e Unreal Oculus Go, Samsung Gear VR, Oculus Rift, HTC Vive e Playstation VR

5. Jogos em RV Multissensoriais

Com os avanços dos dispositivos que possibilitam aos jogadores usarem outros sentidos além da visão e audição, esta seção apresenta alguns jogos que exploram outros sentidos.

The Golden Guardian é um jogo de RV no qual o jogador controla um arqueiro que deve proteger seu ouro. O jogador deve vestir o HDM (Oculus Rift DK2), fone de ouvido auditivo espacial e uma touca tátil controlada por Arduíno que possui uma série de motores vibratórios com um mouse Bluetooth em sua mão [Chen et al. 2017]. O jogador pode girar a cabeça para olhar ao redor e deve calcular o ângulo de disparo do arco, a mira e determinar quando irá atirar, pois o comportamento do arco é calculado de acordo com a física do mundo real. A touca tátil é ativada quando o avatar do

¹⁰ Plataformas que possuem um conjunto de recursos para simplificar e abstrair o desenvolvimento de jogos digitais.

jogador é atingido por um inimigo de acordo com a direção do ataque [Chen et al. 2017].

*The Lost Foxfire*¹¹ é um jogo multissensorial de RV que usa os sentidos do tato (calor) e do olfato para que o jogador encontre e impeça uma raposa de colocar fogo na sua casa por acidente. Os módulos de calor e aroma são acoplados em um colete e no óculos HTC Vive para criar pistas sensoriais direcionais de calor e uma jogabilidade mais envolvente para os jogadores. O jogo é um projeto da *NUS Team (National University of Singapore)*. A Figura 5 ilustra o dispositivo e uma cena do jogo.

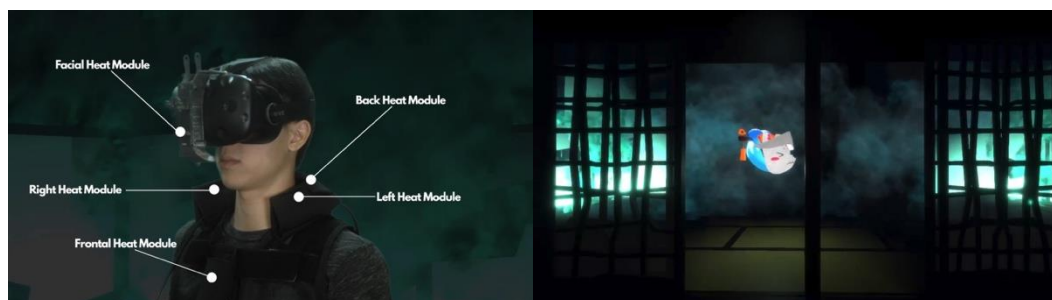


Figura 5. The Lost Foxfire

Fonte: <http://cutecenter.nus.edu.sg/projects/lost-foxfire.html>

O *Feelreal* possui um *kit* de desenvolvimento (SDK) para as *game engines* Unity e Unreal, o que permite que alguns jogos sejam compatíveis com o dispositivo. O site da empresa disponibiliza em sua loja, um conjunto de aromas para os jogos *The Last Day Defense*, *Death Horizon*, *Guns 'n' Stories: Bulletproof*, *Rhythm Game* e *Skyrim VR*. *Skyrim* é um conhecido jogo de *Role Playing Game* (RPG) de mundo aberto no qual o jogador pode realizar diversas missões e até caçar dragões. Se o jogador puder sentir, de forma eficiente, o aroma da floresta e até mesmo o cheiro das chamas que saem da boca de um dragão, isso com certeza fará com que o jogador fique mais imerso no jogo e tenha uma experiência incrível.

O traje *Tactsuit* apresenta em seu site, alguns MODs¹² para jogos como *Half-Life Alyx*, *Sairento VR*, *Fallout 4 VR*, *ZomDay* entre outros. O usuário precisa instalar um arquivo adicional para poder experienciar o jogo com o *Tactsuit*. O dispositivo *Ultrahaptics* (sensação tátil por meio de ultrassom) é utilizado na experiência sobrenatural *Affected The Visit*. Em um determinado momento da experiência, o marcador de um tabuleiro ouija sai voando e atinge a mão do jogador. Por meio do *Ultrahaptics* é possível perceber o impacto do objeto virtual bem como outras interações com o mundo virtual.

Por meio desta pesquisa foi possível perceber que existem poucos jogos em RV que exploram sentidos além da visão e audição. Além disso, a maioria deles apresenta apenas sensações táteis. Isso pode ser explicado pelos avanços dos dispositivos sensoriais. Grande parte deles explora o sentido do tato, pois as sensações relacionadas ao olfato e paladar são mais complexas de simular. Dessa forma, embora a mulsemídia e

¹¹ <http://cutecenter.nus.edu.sg/projects/lost-foxfire.html>

¹² Abreviação de “modification”. É um termo usado para denominar uma alteração em um jogo de forma a fazê-lo operar de forma diferente da original. Fonte: Wikipédia - [https://pt.wikipedia.org/wiki/Mod_\(jogos_eletr%C3%B4nicos\)](https://pt.wikipedia.org/wiki/Mod_(jogos_eletr%C3%B4nicos)).

os dispositivos multissensoriais tenham ganhado importância e progredido nos últimos anos, ainda é uma área que precisa ser mais explorada no contexto dos jogos de RV. Entretanto, os desafios são numerosos. A próxima seção irá discorrer sobre os principais desafios relacionados aos jogos em RV e a introdução dos efeitos multissensoriais.

6. Desafios da Mulsemídia e Jogos de RV

Um dos desafios da mulsemídia está relacionado à padronização, pois diversos formatos e infraestruturas estão surgindo. Segundo Covaci et al. (2018), dada a diversidade das tecnologias multissensoriais, é esperado que elas estejam centradas em paradigmas que possam funcionar com conteúdo mulsemídia e em múltiplos dispositivos. Além disso, é necessário um conjunto de melhores práticas para o desenvolvimento de tecnologias multissensoriais, pois eles irão influenciar diretamente na experiência do usuário.

Outro desafio da área está relacionado à simulação do efeito gustativo. Essa simulação é feita principalmente por meio de estímulos químicos ou elétricos e/ou termais [Vi et al. 2017]. Embora o estímulo químico seja menos invasivo do que os outros, ele tem a desvantagem de necessitar de uma preparação e reposição contínuas do refil para os estímulos gustativos. Os estímulos elétricos e termais prometem maiores possibilidades. Entretanto esse espectro de possibilidades ainda é limitado [Vi et al 2017].

Além disso, existem desafios relacionados a integração, sincronização, controle de intensidade, ao uso de diferentes dispositivos para entregar efeitos sensoriais, entrega remota e a renderização de conteúdo mulsemídia [Saleme 2019b]. Os dispositivos desenvolvidos para a indústria de jogos devem se preocupar com a compatibilidade entre as tecnologias (e.g. *Feelreal* com diversos óculos de RV) e as *game engines* no mercado. O desenvolvimento de jogos em RV se torna mais complexo devido a quantidade de dispositivos e integrações, bem como tentam se adequar aos usuários cada vez mais exigentes.

Por fim, a área de RV ainda lida com problemas como *cybersickness* (mal estar relacionado a exposição a ambientes virtuais) e renderização. Pela RV ser sensível ao contexto, atrasos de movimentos (e.g. jogo não responde rapidamente ao movimento do usuário no mundo real) afetam a imersão e a experiência do jogador. Um ponto a se refletir é se os efeitos olfatórios e gustativos irão ou não predispor o usuário a mais *cybersickness*. Além disso as empresas desenvolvedoras de dispositivos devem estar atentas às normas e procedimentos de cada país. O *Feelreal*, por exemplo, foi banido temporariamente nos Estados Unidos por ser considerado um FDA (*Flavored Vaping Product*), produto de vaporização prejudicial à saúde¹³.

7. Conclusão

Os avanços na área de mídias multissensoriais e RV trazem possibilidades e desafios para os mais variados segmentos. De um lado podemos esperar que certas indústrias de entretenimento, como a de jogos em RV cresça e proporcione experiências cada vez mais imersivas e surpreendentes aos jogadores. Entretanto ela também precisa lidar com diversos desafios.

¹³ <https://vrgear.com/news/feelreal-vr-scent-mask-on-temporary-ban-considered-flavored-vaping-product/>. Acesso em 28 de junho de 2020.

Com o intuito de estudar o cenário de mulsemídia nos jogos em RV, este trabalho apresentou uma visão geral das pesquisas e tecnologias mais recentes na área. Foram apresentados diversos dispositivos que permitem ao jogador experimentar sensações que vão além da visão e da audição. Apesar da maioria desses dispositivos apostar em *feedback* tátil, as pesquisas relativas à simulação do olfato e do paladar vêm crescendo. Com o aumento do número e variedade de tecnologias multissensoriais no mercado, alguns jogos vêm sendo desenvolvidos com o intuito de explorar essas novas sensações. Entretanto, a utilização da mulsemídia em jogos em RV ainda é escassa devido à grande quantidade de desafios como a simulação de certos sentidos, atividades de padronização relacionada a mulsemídia e problemas de sincronização, integração e conteúdo mulsemídia. Devido à importância da aplicação das mídias sensoriais em diversos contextos, a tendência é que a área evolua ainda mais e apresente avanços promissores nos próximos anos.

Referências

- Chen, T., Liu, J., Zhu, K., Waliczky, T. (2017) “The Golden Guardian: Multi-Sensory Immersive Gaming Through Multi-sensory Spatial Cues”. In Proceedings of SA '17 VR Showcase. Bangkok, Thailand, pp. 2.
- Covaci, A., Zou, L., Tal, I., Muntean, G., Ghinea, G. (2018). “Is Multimedia Multisensorial? - A Review of Mulsemimedia Systems”. In ACM Computing Survey 51, 5, Article 91, pp.35.
- Dobbelstein, D., Herrdum, S., Rukzio, E. (2017). “inScent: A Wearable Olfactory Display As an Amplification for Mobile Notifications”. In Proceedings of the ACM International Symposium on Wearable Computers (ISWC). Maui, USA, p.130–137.
- Domanski, M., Stankiewicz, O., Wegner, K., Grajek, T. (2017) “Immersive visual media MPEG-I: 360 video, virtual navigation and beyond”. In IEEE IWSSIP. Poznan, Poland, 1–9.
- Ghinea, G., Timmerer, C., Lin, W., Gulliver, S. (2014). “Mulsemimedia: State of the art, perspectives, and challenges”. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communications and Applications 11, 1s, Article 17 pp. 23.
- Günther, S., Müller, F., Schön, D., Elmoghazy, O., Mühlhäuser, M., Schmitz, M. (2020) “Therminator: Understanding the Interdependency of Visual and On-Body Thermal Feedback in Virtual Reality”. In Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI). Denver, USA, pp.14.
- Hasegawa, K., Qiu, L., Shinoda, H. (2018) “Midair Ultrasound Fragrance Rendering”. In IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, Vol. 24, No. 4, p.1477-1485.
- Heilig, M. (1962) Sensorama simulator. United States Patent 3,050,870. Filed January 10, 1961, Patented August 28, 1962.
- ISO/IEC 23005-3 (2019) Information technology - media context and control - Part 3: sensory information. ISO/IEC JTC 1/SC 29.
- Karunanayaka, K. et al. (2018) “NewThermal Taste Actuation Technology for Future Multisensory Virtual Reality and Internet”. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, p.1496–1505.

- Kim, S., Han, J. (2014) Text of white paper on MPEG-V. In San Jose, USA. MPEG Group Meeting, ISO/IEC JTC, Vol. 1.
- Josué, M., Abreu, R., Barreto, F., Mattos, D., Amorim, G., Santos, J., Muchaluat-Saade, D. (2018) “Modeling Sensory Effects as First-Class Entities in Multimedia Applications”. MMSys’18, Amsterdam, NL.
- Lopes, P., You, S., Cheng, L., Marwecki, S., Baudisch, P. (2017) “Providing Haptics to Walls & Heavy Objects in Virtual Reality by Means of Electrical Muscle Stimulation”. In Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI). Denver, USA, p.1471-1482.
- Maimani, A., Roudaut, A. (2017) “Frozen Suit: Toward a Changeable Stiffness Suit and its Application for Haptic Games”. In Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI). Denver, USA, p.2440-2448.
- Mattos, D., Muchaluat-Saade, D. (2018) “MultiSEM: A Mulsemmedia Model for Supporting the Development of Authoring Tools”. In Brazilian Symposium on Multimedia and the Web, Salvador, BA, Brazil. ACM, New York, NY, USA, 8 pages. DOI: <https://doi.org/10.1145/3243082.3243114>
- Nakamoto, T., Hirasawa, T., Hanyu, Y. (2020) “Virtual environment with smell using wearable olfactory display and computational fluid dynamics simulation”. In Proceedings of the IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces (VR). Atlanta, Georgia, p.713-720.
- Nguyen, D., Tran, H., Thang, T. (2020) “An Evaluation of Tile Selection Methods for Viewport-Adaptive Streaming of 360-Degree Video”. In ACM Transactions on Multimedia Computing, Communication and Application 16, 1, Article 8, pp.24.
- Nijjima, A., Ogawa, T. (2016) “Virtual Food Texture by Electrical Muscle Stimulation”. In Proceedings of the International Symposium o Wereable Computers (ISWC). Heidelberg, Germany, p.48-49.
- Ranasinghe, N., Do, E. (2016). “Digital Lollipop: Studying electrical stimulation on thehuman tongue to simulate taste sensations”. ACM Transactions on Multimedia Computing, Communication and Application. 13, 1, Article 5, pp.22.
- Saleme, E., Covaci, A., Mesfin, G., Santos, C., Ghinea, G. (2019a) “Sumarização de Dispositivos de Efeitos Multissensoriais para Interações Humano-Computador”. In Anais Estendidos do XVIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais, Porto Alegre, Brasil.
- Saleme, E., Santos, C., Ghinea, G. (2019b) “Coping With the Challenges of Delivering Multiple Sensorial Media”. In IEEE MultiMedia, p.66-75.
- Salminen, K., Rantala, J., Isokoski, P., Lehtonen, M., Müller, P., Karjalainen, M., Väliaho, J., Kontunen, A., Nieminen, V., Leivo, J., Telembeci, A., Lekkala, J., Kallio, P., Surakka, V. (2018) “Olfactory Display Prototype for Presenting and Sensing Authentic and Synthetic Odors”. In Proceedings of the 20th International Conference on Multimodal Interaction (ICMI). Boulder, USA, p.73-77.
- Scheggi, S., Meli, L., Pacchierotti, C., Prattichizzo, D. (2015) “Touch the virtual reality: using the Leap Motion controller for hand tracking and wearable tactile devices for immersive haptic rendering”. SIGGRAPH Posters. Los Angeles, USA.

- Schorr, S., Okamura, A. (2017) "Fingertip Tactile Devices for Virtual Object Manipulation and Exploration". In Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI). Denver, USA, p.3115-3119.
- Sulema, Y. (2016) "Mulsemedia vs. Multimedia: State of the Art and Future Trends". In Proceedings of the 23rd International Conference on Systems, Signals and Image Processing. Bratislava, Slovakia, pp. 5.
- Vi, C., Ablart, D., Arthur, D., Obrist, M. (2017) "Gustatory Interface: The Challenges of 'How' to Stimulate the Sense of Taste". In Proceedings of 2nd ACM SIGCHI International Workshop on Multisensory Approaches to Human-Food Interaction (MHFI'17). New York, USA, p.29-33.
- Vi, C., Arthur, D., Obrist, M. (2018) "TasteBud: Bring Taste Back into the Game". Approaches to Human-Food Interaction (MHFI), Boulder, USA, pp.5.