

Interceptadores: lições aprendidas com o desenvolvimento de um jogo educacional de realidade virtual

Interceptadores: lessons learned from developing an educational virtual reality game

Rodrigo Souza¹, Josenilda Mesquita², Felipe Sousa³, Tharcísio Moraes³, Levi Paganucci, Beatriz Guedes⁴, Lucas Souza¹, Mateus Seabra¹, Fabricio Santos³, Anna Clara Luiz⁴

¹Instituto de Computação – Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Salvador, BA

²Universidade Católica do Salvador (UCSal) – Salvador, BA

³Team Zeroth – Salvador, BA

⁴Instituto de Humanidades, Artes e Ciências (IHAC) – Universidade Federal da Bahia (UFBA) – Salvador, BA

{rodrigorgs, lucasjulio, mateusseabra, annaluiz}@ufba.br

{josymesquita, buyops, tharcisiovaz}@gmail.com

{levi.paganucci, beatrizgonsalves.98, vini.161092}@gmail.com

Abstract. *Introduction:* Virtual reality (VR) devices have grown in popularity in recent years, attracting the interest of game developers to this technology. However, VR development presents unique platform-specific challenges.

Objective: This work aims to share the experiences and lessons learned during the design, development, and evaluation of an educational VR game, with the goal of contributing to future similar projects. **Methodology:** First, we discuss challenges and design choices in game design, programming, and art, considering the particularities of VR development. Next, we present the difficulties and solutions encountered while testing different versions of the game in a school environment. Finally, we analyze the results of an evaluation conducted with 70 public school students, collected through post-experience questionnaires. **Results:** The students demonstrated strong engagement with the game, particularly praising its immersive qualities and ease of use. However, opportunities for improvement were identified regarding physical comfort and instructional clarity. We expect this experience report—covering the game’s design, development, and evaluation—to serve as a guide for future VR projects.

Keywords virtual reality, game development, educational games.

Resumo. *Introdução:* Dispositivos de realidade virtual (VR) têm se popularizado nos últimos anos, despertando o interesse de desenvolvedores de jogos para esse tipo de tecnologia. No entanto, desenvolver para VR possui desafios próprios da plataforma. **Objetivo:** O objetivo deste trabalho é compartilhar as experiências e aprendizados obtidos durante a concepção, o desenvolvimento e a avaliação de um jogo de VR educacional, visando contribuir para futuros projetos similares. **Metodologia:** Primeiramente, são discutidos desafios e escolhas de game design, programação e arte realizadas

durante o projeto, tendo em vista as particularidades do desenvolvimento para VR. Então, são expostas as dificuldades e soluções encontradas para testar diversas versões do jogo em ambiente escolar. Por fim, são apresentados os resultados de uma avaliação realizada com 70 estudantes de escolas públicas, coletados por meio de questionários pós-experiência. Resultados: Os estudantes demonstraram boa aceitação do jogo, destacando-se aspectos como imersão e facilidade de uso, mas foram identificadas oportunidades de melhoria em relação ao conforto físico e à clareza didática. Esperamos que este relato de experiência, incluindo a concepção, o desenvolvimento e a avaliação do jogo, sirva como guia para orientar futuros projetos de VR.

Palavras-Chave realidade virtual, desenvolvimento de jogos, jogos educacionais.

1. Introdução

Realidade virtual (VR, do inglês *virtual reality*) é um conjunto de tecnologias que permite a criação de um ambiente gerado por computador que o usuário percebe e com o qual interage como se fosse real [Jerald 2015]. Embora o termo possa ser aplicado a jogos de computador e console, exibidos em monitores e TVs, ele é mais comumente usado para se referir à realidade virtual *imersiva*, baseada em equipamentos como óculos de VR.

Imersão é a capacidade de um sistema de envolver o usuário com estímulos visuais, auditivos, dentre outros, de forma a induzir no usuário a ilusão de estar presente no ambiente virtual [Jerald 2015]. As soluções para o mercado de consumo em massa buscam a imersão através de óculos de VR, que proporcionam visão estereoscópica e rastreamento dos movimentos da cabeça [Petersen et al. 2022]. Além disso, sensores e câmeras nos óculos permitem rastrear a posição e a pose das mãos do usuário. Os equipamentos muitas vezes incluem um controle para cada mão, similares a *gamepads*, com botões e *sticks* analógicos, para ampliar as possibilidades de interação.

Embora a pesquisa em VR tenha se iniciado na mesma época em que apareceram os computadores pessoais [Sutherland et al. 1965], foi apenas há pouco mais de uma década que surgiram equipamentos voltados para o mercado consumidor de massa. O Oculus Rift, lançado em 2012, é o precursor da geração atual de equipamentos de realidade virtual, a exemplo do Meta Quest 3 (2023). Somente em 2019, no entanto, um jogo de VR chegou a 1 milhão de cópias vendidas [Rogers 2019].

VR tem sido aplicada em diversos contextos, como construção civil, saúde, turismo, educação e entretenimento [Syamimi et al. 2020]. O potencial para uso na educação, em particular, é evidenciado por teorias como a cognição corporificada [Riva 2008] e aprendizagem experencial [Asad et al. 2021], sugerindo que VR é uma tecnologia promissora nesse contexto.

Dada a recente popularização dos dispositivos de VR e do seu potencial para a educação, e considerando a escassez de recursos educacionais para esses dispositivos, sobretudo no contexto nacional (ver Seção 2), decidimos desenvolver um jogo para apoiar o ensino da história da independência do Brasil na Bahia. No processo, enfrentamos desafios relacionados ao desenvolvimento de jogos para VR e à sua aplicação em escolas.

O objetivo deste trabalho é relatar as lições aprendidas com o desenvolvimento do jogo, de forma a fornecer *insights* para quem planeja conduzir iniciativas semelhantes.

O relato de experiência (Seção 3) engloba desde aspectos da concepção do jogo até sua avaliação em ambiente escolar, passando por questões relacionadas à sua programação e à criação de arte. A seguir (Seção 4), são apresentados e discutidos os resultados de uma avaliação realizada com 70 estudantes de escolas públicas, que responderam a um questionário após terem seu primeiro contato com o jogo. Por fim (Seção 5), são expostas considerações gerais sobre o trabalho.

2. Trabalhos Relacionados

Uma revisão sistemática da literatura em inglês sobre o uso de realidade virtual imersiva na educação superior mostrou que engenharia, ciência da computação e astronomia são as áreas mais abordadas, representando mais de 40% dos artigos analisados, seguidas por biologia, enfermagem, geografia, medicina e arte [Radiani et al. 2020]. A tendência se confirma no contexto brasileiro: uma busca pelo termo “realidade virtual” nos anais do Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital (SBGames) entre 2021 e 2024 revelou uma predominância de jogos sobre matemática e ciência da computação.

No contexto da educação básica, destacam-se iniciativas como o *Math Mission* [Júnior et al. 2024], para ensino de frações, e o *GeoMeta* [Estevam et al. 2024], para ensino de geometria, além de minijogos sobre pensamento computacional [Lima et al. 2024]. Todos esses jogos usam como tecnologia *smartphones* acoplados a visores de realidade virtual simples, a exemplo do Google Cardboard¹. Nessa tecnologia, os usuários podem olhar ao redor ao mover a cabeça, mas a imersão é limitada, pois o dispositivo não rastreia a posição das mãos ou a movimentação do usuário no ambiente.

Na educação superior, destacam-se os jogos *Não Queima Meu Led!* [Matos e Sarinho 2023], sobre circuitos digitais, testado no Meta Quest 2, e um jogo sobre neuroanatomia [Souza et al. 2018] testado no Oculus Rift CV1. Em ambos, o jogador pode manipular objetos no ambiente virtual através da movimentação das próprias mãos, tornando a experiência mais imersiva.

Esses trabalhos evidenciam a diversidade de abordagens e áreas do conhecimento que têm se beneficiado da aplicação de jogos em realidade virtual. No entanto, ainda há uma lacuna na literatura relacionada às dificuldades enfrentadas durante o processo de desenvolvimento desses jogos.

3. Relato de Experiência

O jogo Interceptadores² tem como objetivo apoiar o ensino sobre a independência do Brasil na Bahia para estudantes do ensino médio através do uso de realidade virtual imersiva³. Para isso, o jogo recria, com personagens populares e locais da época, um momento da história da independência: a chegada a Salvador da carta régia que dava plenos poderes ao Brigadeiro Inácio Luis Madeira de Melo para ação contra a resistência baiana na guerra pela independência.

¹<https://arvr.google.com/cardboard/>

²Disponível em <https://indigente.github.io/projetos/interceptadores/>

³Este trabalho foi realizado com o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), por meio do Termo de Outorga nº PES0001/2024.



Figura 1. Cenário do jogo Interceptadores.

O jogador deve localizar o guarda que está transportando uma carta da Coroa Portuguesa, interceptar essa carta, e por fim levá-la a um ponto de referência enquanto evita ser capturado. A Figura 1 mostra uma vista aérea do cenário do jogo.

A escolha das ferramentas de desenvolvimento e da plataforma de realidade virtual levou em consideração as tecnologias mais prevalentes no mercado no momento da concepção do projeto (2023) no contexto da realidade virtual imersiva. Assim, o jogo foi desenvolvido no motor Unity⁴, tendo como alvo o dispositivo Meta Quest 2. Posteriormente, o jogo foi testado e se mostrou compatível com versões mais novas do dispositivo, como o Meta Quest 3. Além disso, com o objetivo de tornar o jogo acessível a uma parcela maior da população, decidiu-se desenvolver em paralelo uma versão para computadores pessoais (PCs), em especial para os sistemas Windows e macOS.

3.1. Game design

Apesar de o uso de VR ser um requisito essencial para o jogo, no momento de sua concepção nenhum membro da equipe possuía experiência com realidade virtual imersiva. Assim, o *game design* inicial tinha a proposta de um jogo em primeira pessoa, baseado em combate e locomoção pelo cenário, jogável em PCs através de teclado e mouse ou de um *gamepad*. A ideia é que o jogo pudesse rodar no Meta Quest com poucas adaptações, uma vez que seus controladores são similares a *gamepads*. Adicionalmente, a versão para Meta Quest permitiria ao jogador movimentar a cabeça para olhar ao redor.

Apesar de ser uma ideia tecnicamente viável, quando a equipe experimentou o Meta Quest pela primeira vez, ficou claro que jogos de VR para essa plataforma são mais do que jogos de PC com movimentação de cabeça. Como discutido a seguir, o processo de design para esses jogos envolve preocupações específicas com desempenho, locomoção e interação de forma a alcançar um maior grau de imersão e evitar sensação de desconforto.

Desempenho. Já no game design inicial, optou-se por um estilo gráfico estilizado e modelos com poucos polígonos. Durante o desenvolvimento essa decisão se mostrou acertada. A necessidade de otimização gráfica é especialmente importante no Meta Quest,

⁴<https://unity.com/>

uma vez que ele possui menor poder de processamento comparado a PCs e consoles de última geração, e precisa renderizar em uma tela com mais de 9 milhões de pixels (contra cerca de 2 milhões de uma tela Full HD).

Locomoção. A locomoção é uma mecânica central no jogo, pois o jogador precisa explorar o cenário para encontrar a carta e então fugir. No entanto, locomover-se em um ambiente de realidade virtual usando os controles pode causar enjoo e outros tipos de desconforto, pois a percepção visual entra em conflito com a percepção do sistema vestibular [Jerald 2015]. Para lidar com essa questão, a velocidade do jogador foi mantida baixa, e o giro do jogador na versão para Meta Quest passou a ser dado em incrementos de 30 graus, um recurso usado em muitos outros jogos. Chegou-se a implementar a movimentação por teleporte, considerada a opção menos suscetível a desconforto físico, mas ela foi descartada por dar uma vantagem para o jogador ao fugir dos guardas.

Interação. Na concepção original, o jogador poderia controlar um capoeirista, que deveria combater os guardas portugueses para capturar a carta. Dado que os movimentos da capoeira privilegiavam pés e quadris, partes do corpo que não são rastreadas pelo Meta Quest, o jogador teria de recorrer a botões para executar os movimentos, prejudicando a imersão. Assim, a ideia de controlar um capoeirista foi abandonada. Por outro lado, foram adicionados ao cenário objetos com os quais o jogador poderia interagir com as mãos, tais como pedras e panfletos.

3.2. Desenvolvimento

O primeiro protótipo do jogo foi desenvolvido para PC, com uma equipe reduzida, e usava teclado e mouse para movimentação do jogador. Transformar esse protótipo em um jogo para VR, com bom desempenho, desenvolvido por uma equipe maior, trouxe diversos desafios, que são discutidos a seguir.

Pacote de VR. Para adaptar o protótipo para o Meta Quest, primeiramente foi necessário escolher um pacote para Unity que acelerasse o desenvolvimento de jogos para VR. As principais opções são o XR Interaction Toolkit, da própria Unity, e o Meta Building Blocks, da Meta. Apesar de o segundo ter mais recursos, optou-se por usar o XR Interaction Toolkit por ele permitir a exportação do jogo para outras plataformas além do Quest. O pacote disponibiliza componentes configuráveis para locomoção e interação, além de UI adaptada para VR. Ele também disponibiliza um simulador de VR, que permite que o desenvolvedor teste a versão VR do jogo no próprio computador, emulando com teclado e mouse a movimentação da cabeça e das mãos do jogador.

Desempenho. Enquanto o protótipo rodava no PC com desempenho acima de 100 quadros por segundo (FPS, do inglês *frames per second*), no Meta Quest 2 ele estava rodando a pouco mais de 10 FPS, tornando a experiência inviável e desconfortável. Uma série de otimizações foi realizada para melhorar o desempenho, tanto na arte quanto na programação, conforme descrito a seguir.

Primeiramente, o recurso *screen space ambient occlusion* (SSAO) foi desabilitado, pois, à medida que a complexidade do jogo aumentava com mais objetos em cena, esse componente causava *overhead* excessivo, impactando negativamente o desempenho. A própria Meta recomenda sua desativação para projetos em VR.

Inicialmente, utilizou-se o componente *Terrain* do Unity para representar o chão

do jogo, mas logo se percebeu que esse tipo de objeto comprometia a performance, especialmente no Meta Quest, que possui uma capacidade gráfica equivalente à de um *smartphone*. A solução foi substituir o *Terrain* por um *mesh* personalizado com contagem de polígonos controlada.

No início, o artista 3D optou por criar casas em partes separadas (estrutura, portas, janelas, telhado), visando flexibilidade na personalização. Contudo, isso resultou em baixo desempenho, devido ao aumento de draw calls (requisições realizadas à GPU para desenhar objetos na tela). Segundo diretrizes da Meta⁵, o ideal é manter esse número entre 500 e 1.000, levando como referência o Meta Quest 3. Cada *mesh* ou material distinto gera uma *draw call*, além de chamadas extras provenientes de *shaders* e luzes dinâmicas com sombras. O Unity oferece um recurso chamado *batching*, que agrupa objetos com as mesmas *meshes* ou materiais, reduzindo o número de *draw calls*. Assim, tornou-se fundamental criar modelos unificados, com portas e janelas já incorporadas e utilizando apenas um material. Essas casas foram replicadas ao longo da cena, promovendo uma melhoria significativa na performance.

Para otimizar o desempenho sem comprometer a qualidade visual, priorizamos o *baking* de detalhes e sombras sempre que possível. O *baking* consiste em pré-computar certas informações gráficas e armazená-las em texturas ou mapas, de forma que não precisem ser recalculadas em tempo real. Além disso, limitamos as resoluções das texturas com base na distância esperada dos objetos na cena, evitando carregamento desnecessário. Para os *shaders*, utilizamos materiais mais leves, evitando transparências excessivas e efeitos computacionalmente custosos.

Mesmo após todas as otimizações, percebeu-se que o desempenho oscilava com base na orientação da câmera: quando o jogador olhava para regiões com muitas casas, a taxa de FPS caía. A solução foi aplicar LOD (*level of detail*), técnica que reduz a complexidade dos modelos conforme aumenta a distância entre o objeto e a câmera. Por exemplo, uma casa a 100 metros pode ser substituída por uma versão extremamente simples, com menos polígonos, e a 200 metros pode desaparecer completamente, economizando recursos de renderização. Após sua implementação, a técnica demonstrou ser eficaz para melhorar o desempenho geral do jogo.

Infraestrutura de desenvolvimento. Para facilitar o desenvolvimento colaborativo, inicialmente foi configurado um repositório no GitHub, ativando a extensão Git LFS para lidar com arquivos grandes. No entanto, o projeto rapidamente excedeu os limites gratuitos do GitHub, motivo pelo qual o repositório foi migrado para o GitLab, que possui limites maiores de armazenamento no plano gratuito.

O Unity oferece um fluxo de trabalho ágil para testes em VR, permitindo que o desenvolvedor conecte o Meta Quest ao computador via cabo USB e visualize as alterações da cena em tempo real. Essa abordagem acelera o desenvolvimento, evitando a necessidade de gerar builds completas a cada ajuste. No entanto, alguns problemas de desempenho e bugs específicos só se manifestam quando o jogo é executado nativamente, seja no Quest ou nas outras plataformas suportadas pelo jogo.

Para garantir a estabilidade em todos os cenários, implementamos um sistema de integração/entrega contínua (CI/CD, do inglês *continuous integration/continuous*

⁵<https://developers.meta.com/horizon/documentation/unity/unity-perf/>



Figura 2. Sessão de playtesting do jogo Interceptadores com o Meta Quest 3.

delivery) [Fowler e Foemmel 2006] no GitLab⁶: a cada atualização no repositório principal, *builds* eram geradas automaticamente para Windows, macOS e Meta Quest, e então disponibilizadas publicamente para a equipe. Dessa forma, mesmo membros sem conhecimentos técnicos em Unity ou Git podiam acessar e testar a versão mais recente do projeto com facilidade.

Observou-se, no entanto, que quando o repositório era atualizado muitas vezes em um curto intervalo de tempo, o *cache* de *build* era corrompido, fazendo com que todas as *builds* subsequentes falhassem imediatamente, impedindo a geração de novas versões do projeto. Para resolver o problema, era necessário limpar o *cache* e reexecutar o processo, que levava mais de uma hora para reconstruir o *cache*. Felizmente esse problema ocorreu raras vezes durante o desenvolvimento.

3.3. Playtesting

Desde os primeiros protótipos do jogo para VR foram conduzidas sessões de *playtesting* para avaliar o jogo, como ilustrado na Figura 2. Ao mesmo tempo em que os resultados da avaliação permitem aprender lições sobre desenvolvimento para VR, a própria realização das avaliações apresenta desafios e oportunidades de aprendizagem. A seguir, apresentamos alguns desafios e lições aprendidas relacionadas a desempenho, bateria, higiene, conforto, usabilidade e outros aspectos.

Desempenho. Durante o desenvolvimento inicial do jogo, surgiu uma oportunidade de demonstrar e avaliar o jogo com estudantes do ensino médio no ambiente escolar. No entanto, com a taxa de atualização abaixo de 20 FPS, a jogabilidade estava muito ruim e poderia provocar desconforto físico aos jogadores. Para contornar esse problema, foi feita uma configuração na qual o jogo executava em um notebook, com alto desempenho, e era transmitido para o Meta Quest, usado tanto para visualização do jogo quanto para interação. A conexão foi feita através de um cabo USB, uma vez que a rede Wi-Fi da escola era instável. Apesar do inconveniente da configuração mais complexa e dos cabos, essa abordagem nos permitiu obter as primeiras observações do público-alvo.

⁶Utilizamos configurações disponibilizadas pelo projeto GameCI (<https://game.ci/>)

Espelhamento. Depois que o jogo foi otimizado, ele foi testado em outras escolas, sendo percebidos diversos desafios. Em todos os casos, a imagem do jogo executando no Meta Quest era espelhada para um notebook ligado a um projetor, para que toda a turma pudesse acompanhar o que o estudante portador do Meta Quest estava fazendo. Quando possível, o espelhamento era realizado sem fio, mas em alguns casos a qualidade da conexão exigiu que fosse usado um cabo para conectar o Meta Quest ao notebook.

Bateria. A duração da bateria do Meta Quest também foi um desafio. Nas sessões com estudantes, a bateria durava entre 1 e 2 horas. Mesmo com o Meta Quest ligado a uma fonte de energia, a carga da bateria diminuía com o tempo. Com isso, foi necessário recorrer a estratégias como (i) interromper a sessão de jogo para carregar a bateria, (ii) levar um Meta Quest reserva, ou ainda (iii) manter o Meta Quest ligado na tomada, o que prejudica a imersão uma vez que o jogador precisa se preocupar com o cabo de energia conectado ao *headset*.

Ergonomia. Questões de ergonomia também se mostraram importantes. Embora o headset possua espaço suficiente para uma pessoa usar juntamente com óculos de grau, usuários com defeitos leves de visão eram encorajados a retirar seus óculos de grau para maior conforto. Certos penteadeos, como coques e rabos de cavalo altos, tornavam desafiador o processo de vestir o *headset* no jogador. Era necessário posicionar o elástico acima do coque, correndo o risco de escorregar por cima da cabeça, ou abaixo dele, deixando o elástico folgado. Futuramente pretendemos testar acessórios como uma alça acoplada ao headset que permite melhor ajuste à cabeça e que inclui uma bateria externa para aumentar o tempo de uso do Meta Quest.

Higiene. Durante os testes com mais de 10 alunos, ficou evidente a importância da higiene. Máscaras descartáveis de uso individual que protegem a região ao redor dos olhos, de forma a evitar o contato do rosto do usuário com o headset, resolvem uma parte dos problemas. No entanto, ao testar o jogo durante o verão em uma escola sem ar condicionado, percebemos que o suor das mãos rapidamente se acumulava nos controles. Assim, desenvolvemos um protocolo de limpeza para situações em que há compartilhamento do Meta Quest.

Idade. Apesar de não ser um fator avaliado explicitamente, durante as várias sessões de teste pudemos formar uma ideia sobre o impacto da idade do jogador na experiência de jogo. Percebemos que, comparativamente, uma maior proporção de adultos teve dificuldade na interação com o jogo, possivelmente devido a uma menor experiência com jogos e *gamepads*. Além disso, crianças mais novas, com 6 a 7 anos de idade, tiveram dificuldade de segurar os controles na posição recomendada (devido ao tamanho pequeno das mãos), mas ainda assim conseguiram jogar de forma satisfatória. A experiência sugere que, embora a empresa Meta recomende o uso do Quest apenas a partir dos 10 anos, crianças a partir de 6 anos já possuem capacidade e habilidade suficientes para interagir com jogos de VR, ainda que com limitações.

4. Avaliação

Para avaliar a imersão, a usabilidade e o potencial didático do jogo, conduzimos um estudo com estudantes do ensino médio, que jogaram a experiência em VR e, em seguida, responderam a um questionário. O estudo foi realizado em uma feira expositiva de três dias voltada para estudantes de ensino médio de escolas públicas estaduais.

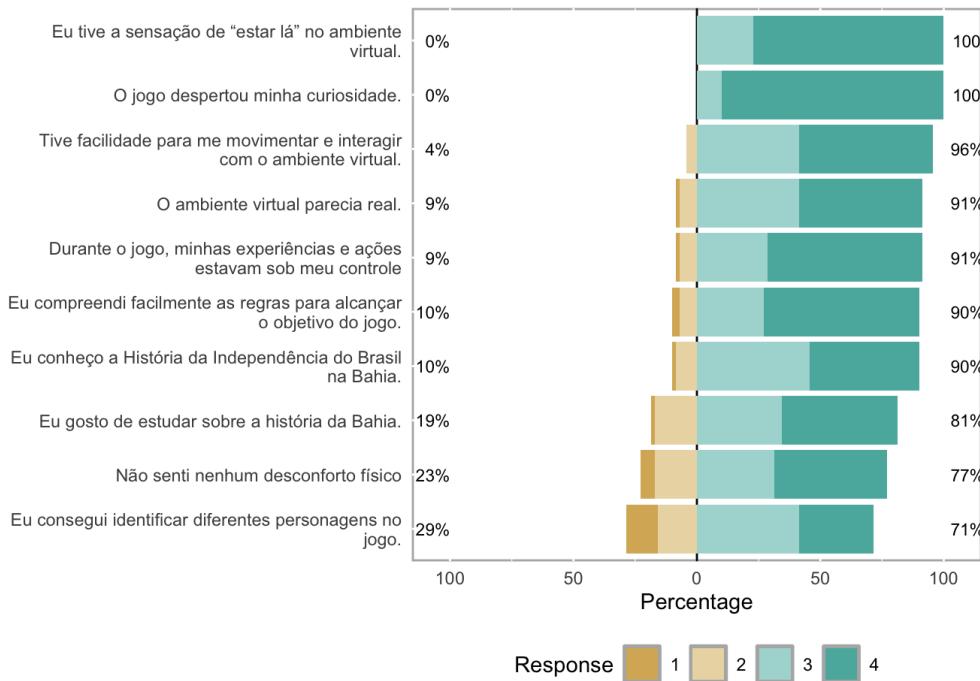


Figura 3. Resultado da avaliação do jogo Interceptadores por 70 estudantes de ensino médio. Legenda: 1 = discordo totalmente, 2 = discordo parcialmente, 3 = concordo parcialmente, 4 = concordo totalmente.

Cada estudante recebeu breves orientações sobre o jogo e pôde jogar durante 3 minutos enquanto os pesquisadores acompanhavam a sessão através de um celular espelhando a tela do *headset*. Ao final, cada estudante preencheu um formulário no qual deveria informar o nível de concordância em relação a 10 afirmações sobre a sua experiência com o jogo. As afirmações foram adaptadas de um questionário baseado no *Cognitive Affective Model of Immersive Learning* (CAMIL) [Makransky e Petersen 2021, Petersen et al. 2022], e avaliam dimensões como agência, sensação de presença, motivação intrínseca, carga cognitiva de interação e interesse situacional.

4.1. Resultados

No total, 70 respostas foram coletadas. A Figura 3 apresenta uma síntese dos resultados obtidos, ordenando as afirmações de acordo com o nível de concordância dos participantes.

Imersão. Todos os participantes relataram a sensação de estar fisicamente presentes no ambiente virtual, ainda que 9% discordem que o ambiente parecia real. Os resultados sugerem que a opção por gráficos menos realistas não prejudicou a imersão.

Usabilidade. Mais de 90% dos jogadores afirmaram ter entendido as regras e ter se sentido no controle de suas ações no jogo, o que mostra que a tecnologia e os mecanismos de locomoção e interação implementados no jogo são intuitivos, sobretudo considerando que a maioria dos participantes nunca havia jogado jogos de realidade virtual. Ainda assim, percebeu-se que os jogadores tinham dificuldade de pegar objetos que por algum motivo caíam no chão, devido à necessidade de se agachar no mundo real. Para mitigar esse problema, posteriormente adicionamos a possibilidade de apontar para

um objeto a pequena distância e fechar a mão para pegá-lo.

Por outro lado, 23% dos participantes sentiram algum desconforto físico, o que mostra que ainda há oportunidades de melhoria. Observou-se, por exemplo, que, ao subir ou descer de escadas no jogo, a câmera trepidava devido aos degraus, causando certo desconforto. Na versão final do jogo, foram colocados colisores retos na escada, dando a sensação para o jogador de estar subindo ou descendo de uma rampa.

Potencial didático. Todos os participantes responderam que o jogo despertou a curiosidade. A curiosidade é um indicador de interesse situacional, que é um dos fatores que contribuem diretamente para o aprendizado, visto que o interesse gera engajamento no sujeito para conhecer mais sobre o tema [Petersen et al. 2022]. A possibilidade de simulação do contexto histórico através de VR permite que o participante ouça, veja e interaja com personagens, ambientes e dilemas da época. Além disso, a maioria dos participantes sentiu que as ações estavam sob seu controle (91%) e teve facilidade para interagir com o ambiente virtual (96%), indicando alto nível de agência e baixa carga cognitiva ao jogar, que são fatores que contribuem indiretamente para o aprendizado. Essa facilidade de interação pode facilitar a compreensão dentro do uso pedagógico para cenários complexos como batalhas, mobilizações populares e identificação de construções da época, inclusive algumas que foram destruídas com o tempo, pois a simulação oportuniza a recriação destes cenários.

Por outro lado, 19% dos participantes relataram não gostar de estudar sobre a história da Bahia, o que sugere uma motivação intrínseca relativamente baixa e nos aponta a necessidade de fomentar interesse, através de diversas iniciativas e recursos, visto que realizamos os testes com estudantes baianos, que neste contexto afirmaram não gostar de estudar a sua história. Além disso, 29% dos participantes relataram não conseguir identificar diferentes personagens no jogo, o que sugere oportunidades de melhoria, mas também pode estar ligado à ausência de aproximação ou estudo sobre a temática. O conhecimento dos participantes sobre o conteúdo histórico não foi testado, pois o teste teria que ocorrer em varias sessões e com sequências didáticas que amparassem a experiência.

5. Considerações Finais

Neste artigo, foram apresentados desafios e aprendizados relacionados ao design, ao desenvolvimento e à avaliação de um jogo educacional de realidade virtual imersiva sobre a história da independência do Brasil na Bahia. Os aspectos apresentados englobam questões diversas como desempenho, imersão, conforto, usabilidade e potencial didático.

A experiência revelou que desenvolver e testar jogos para VR traz desafios próprios, como o projeto de formas de interação e locomoção imersivos, além da preocupação com enjojo de movimento e outros males. Já questões relacionadas a desempenho, embora estejam presentes em jogos para qualquer plataforma, se mostraram ainda mais importantes no contexto de VR, que se traduz em jogos 3D que rodam em equipamentos de relativo baixo poder computacional com telas de alta definição.

Como trabalho futuro, planejamos conduzir um estudo comparativo entre as versões do jogo para Meta Quest e para PC. Esta comparação direta permitirá isolar o efeito da imersão em aspectos como engajamento e retenção de conteúdo, fornecendo dados empíricos para orientar decisões em projetos futuros de jogos educacionais.

Referências

- Asad, M. M., Naz, A., Churi, P., e Tahanzadeh, M. M. (2021). Virtual reality as pedagogical tool to enhance experiential learning: a systematic literature review. *Education Research International*, 2021(1):7061623.
- Estevam, L., Júnior, W. O., Silva, B., Bezerra, T., Cardoso, D., e Seruffo, M. (2024). Realidade virtual e aumentada no ensino de geometria: Um estudo de caso com geometa. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1233–1244, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Fowler, M. e Foemmel, M. (2006). Continuous integration. Disponível em <https://martinfowler.com/articles/continuousIntegration.html>.
- Jerald, J. (2015). *The VR book: Human-centered design for virtual reality*. Morgan & Claypool.
- Júnior, F. A., Fülber, H., e Merlin, B. (2024). Math mission: Uma proposta de jogo sério com realidade virtual para ensino do conteúdo de frações para alunos do 6º e 7º anos com tda. In *Anais do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 936–947, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Lima, M. A., Cardoso, A., Lopes, R., Domingues, R., Gaspar, G. L., Toffoli, G., Otoni, G. H., e Barbosa, L. A. (2024). Jogo sério de realidade virtual baseado em escape room com minijogos para promoção do pensamento computacional. In *Anais Estendidos do XXIII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 159–165, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Makransky, G. e Petersen, G. B. (2021). The cognitive affective model of immersive learning (camil): A theoretical research-based model of learning in immersive virtual reality. *Educational psychology review*, 33(3):937–958.
- Matos, O. C. e Sarinho, V. (2023). “Não queima meu LED!” - um jogo de realidade virtual para o ensino de circuitos digitais. In *Anais Estendidos do XXII Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 1066–1071, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.
- Petersen, G. B., Petkakis, G., e Makransky, G. (2022). A study of how immersion and interactivity drive vr learning. *Computers & Education*, 179:104429.
- Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J., e Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & education*, 147:103778.
- Riva, G. (2008). From virtual to real body: virtual reality as embodied technology. *J. Cyber Ther. Rehabil*, 1:7–22.
- Rogers, S. (2019). 2019: The year virtual reality gets real. *Forbes*. Disponível em <https://www.forbes.com/sites/solrogers/2019/06/21/2019-the-year-virtual-reality-gets-real/>.
- Souza, V., Rachevsky, D., Nedel, L., Loges, K., e Schlemmer, E. (2018). Desenvolvimento e avaliação de um jogo em realidade virtual para o ensino e aprendizagem de neuroanatomia. *SBC - Proceedings of SBGames 2018*.
- Sutherland, I. E. et al. (1965). The ultimate display. In *Proceedings of the IFIP Congress*, volume 2, pages 506–508. New York.

Syamimi, A., Gong, Y., e Liew, R. (2020). Vr industrial applications—a singapore perspective. *Virtual Reality & Intelligent Hardware*, 2(5):409–420.