

## Simulador de Realidade Virtual Aplicado à Educação Patrimonial para Experiências Imersivas Gamificadas

Huoston Rodrigues Batista, Programa de Pós-graduação em Informática e Gestão do Conhecimento da Universidade Nove de Julho,  
huostonrodrigues@gmail.com

Paulo Ricardo Batista Mesquita, Programa de Pós-graduação em Informática e Gestão do Conhecimento da Universidade Nove de Julho,  
pauloricardo@uni9.pro.br

Marcos Antonio Gaspar, Programa de Pós-graduação em Informática e Gestão do Conhecimento da Universidade Nove de Julho, marcos.antonio@uni9.pro.br

### Resumo

O objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um simulador de realidade virtual para experiências imersivas gamificadas aplicado à educação patrimonial, que adotou como objeto de interesse o complexo conhecido como 'Fábrica de Sal' em Ribeirão Pires (SP). O desenvolvimento do simulador contemplou quatro etapas: pesquisa documental, levantamento fotográfico, reconstrução digital dos espaços e programação do simulador. A solução desenvolvida foi validada por profissionais de Educação e do Patrimônio, tendo sido testada por crianças em idade escolar do Ensino Fundamental. Foi possível perceber o potencial da solução desenvolvida para a criação de experiências imersivas aplicadas à educação patrimonial. O resultado contribui para a combinação da Realidade Virtual e gamificação como ferramenta educacional.

**Palavras-chave:** Educação imersiva. Educação patrimonial. Gamificação. Realidade virtual.

### A Virtual Reality Simulator Applied to Heritage Education for Gamified Immersive Experiences

#### Abstract

This research aims to present the development of a Virtual Reality simulator for immersive experiments applied to patrimonial education, that considered as object of interest the complex known as 'Salt Factory' (city of Ribeirão Pires, state of São Paulo – Brazil). The development consisted of four stages, which involved documentary research, photographic survey, the digital reconstruction of the space of the Salt Factory and the programming of the simulator, developed with the support of digital game development software. The tool was validated by Education and Patrimonial professionals and tested by school-aged children. The result obtained in this experiment points to a useful contribution in the combination of Virtual Reality and gamification as an educational tool.

**Key words:** Immersive education. Patrimonial education. Gamification. Virtual reality.

#### 1. INTRODUÇÃO

A educação pode ser definida como a formação de mudanças comportamentais permanentes de um indivíduo por meio de suas próprias experiências (Piaget, 2013). A aprendizagem, por sua vez, é um processo cognitivo que requer participação ativa do indivíduo (Kaya e Akdemir, 2016).

Do ponto de vista da educação e do ensino, os avanços tecnológicos mais recentes trazem muitas oportunidades que corroboram esta visão, possibilitando a criação de

oportunidades para que os indivíduos aprendam de forma eficiente, permanente e, acima de tudo, interativa.

Dentre as tecnologias que possibilitam interação destaca-se a Realidade Virtual (RV), cuja aplicação na área de Educação tem se tornado crescente nos últimos anos. Segundo Cochrane (2016), a RV envolve o uso de computador para a criação de experiência imersiva interativa por meio de dispositivo utilizado pelo usuário, visando com que este se sinta parte do ambiente simulado.

Desde 2015, vários dispositivos de RV com diferentes especificações e preços foram lançados, numa constante curva de evolução tecnológica. Muitos smartphones lançados nos últimos anos são suficientemente capazes de executar aplicativos de RV com menor complexidade (Erol-Kantarci e Sukhmani, 2018). Isso tornou o desenvolvimento e uso da RV mais interessante e, ao mesmo tempo, mais acessível a uma maior quantidade de indivíduos.

Estudos anteriores explicitam experiências bem-sucedidas do uso de tecnologias imersivas aplicadas em espaços culturais (Sundar *et al.*, 2015) que, segundo Fonseca *et al.* (2018) podem ser divididas em duas categorias: aquelas que acontecem em espaços reais, como museus, galerias e espaços expositivos; e aquelas desenvolvidas em espaços virtuais.

Dentre as tecnologias imersivas, a RV tem sido aplicada com sucesso em diferentes áreas, entre elas a educação (Liu, 2017; Wu, 2018), área de interesse desta pesquisa. Em razão disso, a educação patrimonial pode ser beneficiada pela adoção de experiências imersivas. Estas tecnologias podem simular o espaço físico de um edifício a partir da recomposição da edificação por meio de fotos e plantas arquitetônicas, mesmo que atualmente ela esteja em ruínas ou sequer ainda exista (Fonseca *et al.*, 2018; Gabellone *et al.*, 2013; Sundar *et al.*, 2015; Yi e Shutao, 2017).

Assim, o potencial educativo da tecnologia de RV aliado ao uso de elementos de jogos viabilizam a possibilidade de estimular uma série de condições fundamentais para absorção de informação, tais como a atenção, o envolvimento com a atividade educativa e o estímulo à habilidade cognitiva. O caráter lúdico de ambos numa solução desta natureza, aliado a estímulos sonoros e visuais, prendem a atenção do aluno em eventos que ocorrem dentro da experiência imersiva, o que, por sua vez, evita que estes desviem sua atenção para outros elementos que poderiam distraí-lo (Jensen e Konradsen, 2018).

Além disso, o empenho necessário para que o aluno alcance determinado objetivo da experiência imersiva promove o engajamento deste com as tarefas propostas no simulador, conduzindo-o para a aquisição de conhecimento (Yang, Lin e Chen, 2018).

Segundo Peters (2002), as novas tecnologias se inserem no ensino promovendo uma ruptura com a tradição acadêmica hegemônica, o que faz com que os envolvidos no processo se condicionem a exercer novos comportamentos de ensino e aprendizagem, em substituição ao ensino expositivo e à aprendizagem meramente receptiva, em favor de uma aprendizagem autônoma e autorregulada. Esta visão, por sua vez, é corroborada por Piaget (1977), ao afirmar que o processo educacional pode se dar por meio da vivência concreta e de jogos.

Os jogos tem sido aplicados nos mais diversos contextos com diferentes objetivos educacionais, dentre os quais se destacam o aumento do engajamento dos alunos e a transformação do aprendizado em um processo interativo, dinâmico e prazeroso, com excelentes resultados (Kocakoyun e Ozdamli, 2018; Sangkyun Kim, 2018). Os jogos apresentam propriedades motivacionais fundamentadas no *design* de jogos (como competição e cooperação), além de elementos e características (desafios, pontos e níveis) que podem ser aplicados também em ambientes de não-jogo. Esta aplicação, conhecida como *gamificação*, emergiu como uma técnica poderosa para modelar o

comportamento dos indivíduos inseridos em processos educacionais de aprendizagem (Deterding *et al.*, 2011).

Considerando-se o exposto, o objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento de um simulador de RV para experiências imersivas gamificadas aplicado à educação patrimonial.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Gamificação

Na Educação, a motivação é considerada um dos fatores mais importantes para o sucesso no aprendizado (Buckley e Doyle, 2016). Dentre as técnicas frequentemente aplicadas visando mitigar o problema da falta de motivação, as relacionadas com o uso de elementos de jogos aplicados ao processo de aprendizado parecem promissoras (Deterding, 2012; Deterding *et al.*, 2011).

Ao destacar estes elementos motivadores presentes em jogos e introduzi-los contexto da Educação, os pesquisadores acreditam que a força motivacional por trás destes também será transferida ao processo de aprendizado (Deterding, 2015). Entretanto, para compreender melhor o sentido do termo gamificação, é importante definir o que vem a ser um jogo.

Koster (2013) define jogo como um sistema no qual os jogadores se engajam em um desafio abstrato, definido por regras, interatividade e *feedback* que deriva em resultados quantificáveis, muitas vezes provocando uma reação emocional. Para Hamari, Koivisto e Sarsa (2014), os jogos são especialmente conhecidos por sua capacidade de envolver, entusiasmar e proporcionar experiências que exercitam domínio, competência, prazer, imersão ou fluxo, característicos do comportamento humano intrinsecamente motivado. Embora o conceito de game seja antigo, o conceito de gamificação é relativamente novo. Em sua essência, gamificação significa a adoção de elementos e mecânicas de jogos por meio de atividades não lúdicas, a fim de gerar mudança de comportamento entre os indivíduos (Kocakoyun e Ozdamli, 2018). Enquanto o maior objetivo dos jogos é a distração sem finalidade específica, a gamificação visa manter em alta a motivação das pessoas e facilitar a fixação de certos comportamentos, o que a torna bastante recomendável às atividades relacionadas à educação.

Embora a proposta de gamificação aplicada à educação e ao aprendizado tenha se provado uma forma eficaz de aumentar a motivação e o engajamento dos alunos, o design e a implementação da experiência de aprendizado pretendidas exigem um grande esforço por parte dos profissionais envolvidos (Buckley e Doyle, 2016; Domínguez *et al.*, 2013). A literatura mostra grande interesse neste tema, relatando práticas que apresentam taxas variáveis de sucesso.

Nesta pesquisa, a gamificação foi aplicada de forma a estimular alunos visitantes de um espaço virtual a explorarem este espaço e descobrirem novos conteúdos. Os alunos visitantes eram recompensados por sua curiosidade, numa espécie de exploração livre do ambiente virtual disponibilizado, o que buscava estimular, como consequência, a consciência da preservação de espaços históricos, bem como o aprendizado sobre o patrimônio histórico visitado.

### 2.2 Realidade Virtual e Simuladores

O objetivo da realidade virtual (RV) é, quanto ao seu propósito, tornar possível uma atividade sensorio-motora e cognitiva para uma pessoa (ou pessoas) em um mundo artificial criado digitalmente, que pode ser imaginário, simbólico ou uma simulação de certos aspectos do mundo real (Arnaldi, Fuchs e Tisseau, 2003).

Já Fuchs (2017) propôs uma definição funcional mais voltada na percepção da realidade, envolvendo assim as noções de tempo, lugar e ação. O autor afirma ainda que a RV pode ajudar o ser humano a sair da realidade física, possibilitando virtualmente mudar de tempo, local e/ou tipo de interação.

Uma definição mais técnica é proposta por Arnaldi, Fuchs e Tisseau (2003), que afirmam que a RV é um domínio científico e técnico que utiliza a informática e as interfaces comportamentais para simular em um mundo virtual o comportamento de entidades tridimensionais, que interagem em tempo real, entre si e com um ou mais usuários em imersão pseudo-natural via canais sensório-motores.

Cochrane (2016) complementa com a indicação de definição mais abrangente e, talvez, de melhor compreensão, ao apregoar que a RV seja algo que envolva o uso de um computador para criar uma experiência imersiva interativa por meio de algum dispositivo com display equipado na cabeça do usuário (*Head Mounted Display - HMD*), de modo que o usuário se sinta parte do ambiente virtual ou simulado.

Algo em comum nas definições expostas até então volta-se ao fato de que a simulação, quando experimentada por meio da experiência imersiva proporcionada por um dispositivo, pode contribuir para isolar os sentidos do usuário do mundo real.

Desta feita, a imersão em uma experiência simulada envolve a suspensão voluntária da descrença. Ou seja, a indução da imersão na aprendizagem depende de projetos que utilizem fatores de ação sociais e simbólico-narrativos, bem como estímulos sensoriais (Dede, 2009).

Ao juntar-se a isso os efeitos já mencionados pela adoção de elementos e mecânicas de jogos, tende-se a obter resultados positivos, principalmente em relação ao aprendizado. Constam da literatura iniciativas que abordam o emprego de simuladores gamificados, dentre as quais destaca-se a contribuição de Day *et al.* (2017), que propõem uma forma interativa de apresentar diferentes configurações para usuários que pretendam adquirir uma cadeira de rodas elétrica. Já Caballero e Niguidula (2018) apresentam uma simulação de treinamento conduzida por casos empregando a tecnologia de realidade virtual para treinar usuários imersos no ambiente virtual gamificado. Outro exemplo pode ser encontrado no trabalho de Trahanias e Papagiannakis (2018), que apresenta uma forma disruptiva de realizar treinamentos cirúrgicos em realidade virtual (VR) psicomotora com emprego de técnicas de gamificação.

### 2.3 Realidade Virtual aplicada à Educação

É fato que a tecnologia influenciou positivamente o campo educacional, como no caso da educação baseada em jogos digitais (Yang, Lin e Chen, 2018). Além disso, uma das tecnologias que ganhou notoriedade na educação mais recentemente é a RV, que por sua vez, pode fornecer abordagens disruptivas de interação do aluno com diferentes conteúdos a serem ministrados.

Estudos recentes comprovam que o uso da RV aplicada a iniciativas educacionais pode melhorar o processo de aprendizagem e também representar uma inovação em termos de prática educacional (Silva *et al.*, 2017).

Atualmente, a aplicação da tecnologia de RV no campo da Educação encontra-se em seus progressos preliminares, uma vez que ainda não atingiu os ambientes de aprendizado convencionais, tais como a sala de aula, de forma mais abrangente (Liu, 2017).

No entanto, devido às suas características de imersão e interação já mencionadas em no tópico anterior, a RV possui amplas perspectivas de aplicação em diferentes temas e áreas na educação. Isto porque a RV pode criar vários ambientes virtuais de

aprendizado, particularmente para objetos difíceis de tocar ou até mesmo que não existam mais no mundo real (Bailenson, 2018).

Com base em estudos anteriores, Liu *et al.* (2017) postularam que o aprendizado potencializado pela tecnologia de RV pode ser dividido em quatro grandes tipos: aprendizado observacional, aprendizado operacional, aprendizado social e pesquisa científica. Na prática, esses quatro tipos de aprendizado não são mutuamente exclusivos, podendo ser combinados e empregados em um mesmo ambiente de aprendizado virtual, dado que a tecnologia favorece tal abordagem.

Constam da literatura estudos envolvendo aplicações da Realidade Virtual nos mais diferentes domínios. Especificamente os relacionados aos interesses desta pesquisa, é destaca-se o trabalho de Sundar *et al.* (2015), que pesquisa o uso de tecnologias de comunicação em um museu virtual.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS DE PESQUISA

Esta é uma pesquisa aplicada e experimental (Martins e Theóphilo, 2017) que busca avançar o conhecimento existente em relação ao desenvolvimento de simuladores de RV para experiências imersivas gamificadas de aprendizagem aplicadas educação patrimonial.

O objeto de interesse desta pesquisa é o complexo conhecido como Fábrica de Sal, localizado em Ribeirão Pires (SP). Construído em 1898, o complexo já abrigou um moinho, foi utilizado como depósito de pólvora durante a Revolução de 1932, tornou-se fábrica de adubos e salitre, local de criação de bicho da seda e, por último, uma refinaria de sal, tendo suas atividades encerradas na década de 1990. Após completar 120 anos, o complexo Fábrica de Sal foi oficialmente tombado pelo Condephaat-SP (Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico do Estado de São Paulo) no primeiro semestre de 2018.

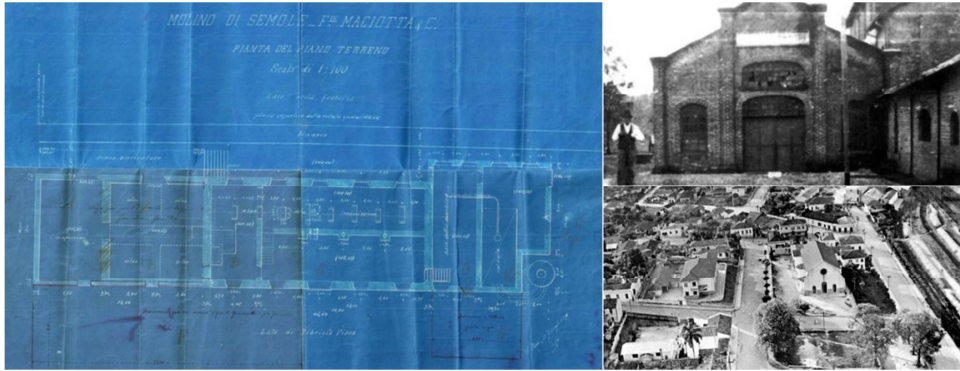
O simulador de RV foi desenvolvido em quatro etapas: a) Pesquisa documental na temática abordada, que contou com a curadoria de três membros do Conselho de Documentação Histórica (CDH) do município de Ribeirão Pires; b) Levantamento fotográfico da atual Fábrica de Sal; c) Reconstrução digital do espaço físico da Fábrica de Sal, além do processo de modelagem tridimensional, criação e aplicação de texturas obtidas a partir do levantamento fotográfico efetuado e, por fim, d) Programação do simulador com o apoio de uma *engine* (motor) voltada para o desenvolvimento de jogos digitais.

A seguir será detalhado o desenvolvimento do simulador, incluindo-se aspectos técnicos relativos à modelagem tridimensional do espaço da Fábrica de Sal, mapeamento de texturas e *design* da interação proporcionada pelo simulador ao usuário.

#### 3.1 Etapa 1 - Pesquisa documental

O desenvolvimento do jogo começou com a pesquisa das informações históricas relativas à Fábrica de Sal. A fonte dessas informações repousou em documentos cedidos pelo Conselho de Documentação Histórica de Ribeirão Pires, que também contribuiu prestando consultoria durante a pesquisa.

Dentre os documentos obtidos, encontram-se várias fotos que serviram de base para a construção do modelo tridimensional do edifício, conforme apresentadas na Figura 1. Em complemento, os pesquisadores tiveram acesso à planta original do complexo, além de contratos firmados pela empresa proprietária e fotos de época que documentavam a inauguração da fábrica. Esta documentação foi muito importante para compreender vários aspectos estéticos e espaciais do projeto original da edificação.



**Figura 1** - Imagens da planta original e fotos históricas da pesquisa documental.  
Fonte: Conselho de Documentação Histórica (CDH) de Ribeirão Pires (2018).

### 3.2 Etapa 2 - Levantamento fotográfico

Esta etapa consistiu no levantamento fotográfico do estado atual da Fábrica de Sal. Para tanto, foram obtidas diversas imagens de vários ângulos diferentes do prédio, bem como informações a respeito de diversos detalhes de revestimentos e partes específicas da construção original, conforme exposto na Figura 2.

Para o levantamento fotográfico foi utilizada uma câmera Canon EOS REBEL T4i, com lente EF-S18-55mm f/3.5-5.6, sem tripé, gerando imagens de 3456 x 2304 pixels. O objetivo deste levantamento foi servir de base para a fase de reconstrução digital do espaço.

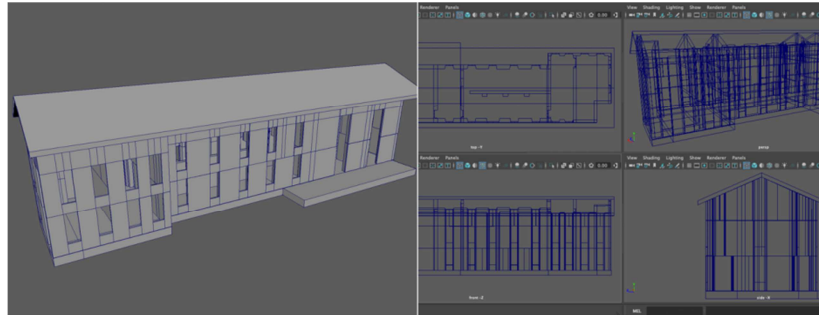


**Figura 2** - Imagens atuais da Fábrica de Sal obtidas a partir de levantamento fotográfico.  
Fonte: autores da pesquisa.

### 3.3 Etapa 3 - Reconstrução tridimensional do espaço

O primeiro passo para a criação de um espaço para interações virtuais é a reconstrução em 3D de toda a estrutura arquitetônica em escala real, além dos objetos e mobiliário que farão parte dos ambientes componentes da simulação. A reconstrução compreendeu a modelagem e a texturização do prédio principal, que consiste no espaço de simulação do ambiente de RV.

O princípio da modelagem tridimensional é digitalizar o mundo real de forma a preservar ao máximo os detalhes da estrutura física em questão. Tal ação pode ser efetivada por meio de diferentes técnicas, como a digitalização a laser 3D, por meio de tecnologias de fotogrametria ou modelados manualmente a partir do referências fotográficas (Yi e Shutao, 2017). Nesta pesquisa optou-se pela última técnica, em função de economia e agilidade de produção. Na Figura 3 são expostos exemplos do resultado do processo desenvolvido nesta etapa.



**Figura 3** - Imagens do processo de reconstrução tridimensional da Fábrica de Sal.  
Fonte: autores da pesquisa.

Para a reconstrução do espaço da Fábrica de Sal adotou-se um processo de engenharia reversa, que garante a reconstrução fotorrealista de diversos detalhes e formas de um objeto real. Já para a construção digital dos objetos e cenários dos ambientes retratados na Fábrica de Sal aplicou-se o princípio da modelagem poligonal, dado que as *engines* (motores) de games não aceitam outro tipo de geometria. Os objetos foram modelados empregando-se o software de modelagem tridimensional e animação Autodesk Maya 2018 (Autodesk, 2018).

Em relação à contagem poligonal, item de extrema importância para a otimização da simulação e performance do resultado final da experiência do usuário, todos os objetos modelados mantiveram-se dentro da contagem poligonal sugerida pela documentação (menos de 100.000 triângulos) da *engine* escolhida para o desenvolvimento (Unreal Engine 4) (Epic Games, 2018).

Após a modelagem tridimensional dos objetos, procedeu-se o processo conhecido como *UV Mapping* (mapeamento UV), que consiste em preparar um objeto poligonal para receber a textura. Este processo também foi conduzido no software Autodesk Maya 2018 (Autodesk, 2018). Após a modelagem do edifício e dos itens que compõem os cenários, os objetos foram exportados para um software dedicado ao processo de texturização (Substance Painter 2018) (Allegorithmic, 2018).

Uma vez completo o processo de modelagem tridimensional, *UV mapping* e texturização, os objetos foram exportados a partir do Autodesk Maya no formato FBX (McHenry e Bajcsy, 2008) e, posteriormente, importados para a *engine*.

O processo de modelagem e texturização foi realizado por dois profissionais, tendo sido conduzido durante aproximadamente dois meses.

### 3.4 Etapa 4 - Programação do simulador

Assim que os objetos tridimensionais foram importados para a biblioteca da *engine*, procedeu-se a montagem do espaço virtual da simulação. Este processo envolve o posicionamento dos objetos no respectivo nível (cena ou espaço onde ocorre a simulação) ao qual pertencem, a configuração de um ponto para início da simulação (também conhecido como “*Player Start*” - início do usuário), bem como a configuração do jogador-usuário (*player*) em si. Nesta simulação optou-se por posicionar a câmera na altura da cabeça do *player*, possibilitando assim a imersão do ponto de vista do jogador-usuário, no caso um estudante.

Para o desenvolvimento do simulador, optou-se pelo uso de *blueprints* (uma abstração visual para a linguagem C++), um tipo de programação baseada em nós (*nodes*) que, quando conectados, geram interações em cadeia e funcionam como uma excelente alternativa à programação tradicional, sobretudo por tratar-se de uma forma de programação visual que permite grande flexibilidade durante o desenvolvimento da solução.

Além da programação, também foram configurados os materiais dos objetos, a iluminação dos espaços, a configuração de sons ambientes, como passos e barulhos de máquinas e, por fim, a programação da interface.

Optou-se por uma mecânica de simulação à realidade mais objetiva, que permite que uma interação ocorra por mera aproximação do player com o objeto de seu interesse.

Ou seja, ao aproximar-se de uma determinada área do jogo, uma interação ou informação é disparada na tela para o jogador. Assim, para cada nova interação com o ambiente, uma espécie de pontuação é concedida ao jogador. Ao acumular certa quantidade de pontos, o jogador adquire uma insígnia (*badge*), conforme exposto na Figura 4.



**Figura 4** - Imagens de alguns badges (insígnias) adquiridas durante a experiência.

Fonte: autores da pesquisa.

A mecânica do simulador é baseada em livre exploração do espaço e a cada nova interação com o ambiente, uma pontuação é concedida ao aluno-jogador. Ao acumular certa quantidade de pontos, o jogador adquire uma insígnia, o que reflete o quão curioso este aluno é em relação ao ambiente explorado. O acúmulo destas insígnias, por sua vez, proveu subterfúgios para avaliar o nível de interesse dos alunos em relação à imersão proposta pelo simulador de RV.

Ao final, o player terá acumulado algumas destas insígnias, o que o capacitará a passar para outros ambientes ou níveis mais avançados, conforme estipulado no desenho da solução. Estes níveis guardam estreita correlação com os objetivos de aprendizado a serem concretizados, que podem estar relacionados com os conteúdos desenvolvidos em diferentes disciplinas (Geografia, História, Ciências, Português e Matemática, dentre outras). Tal contexto imprime um caráter multidisciplinar e interdisciplinar à aplicação do simulador em questão, podendo ser utilizado em conjunto por professores de diferentes disciplinas num projeto integrador compartilhado por eles.

As interações proporcionadas pelo simulador ao jogador, por sua vez, são disparadas por meio de gatilhos (*triggers*), que nada mais são do que pontos de controle do simulador para disponibilizar interações quando o *player* atravessa os limites de determinado nível/área do jogo.

Por fim, depois de concluída a programação e testadas as mecânicas de interação, procedeu-se à exportação do simulador para uma plataforma móvel. Para esta pesquisa optou-se pela plataforma Android, dada a sua imensa popularidade (Novac *et al.*, 2017). Como solução para a implementação da simulação em um dispositivo (hardware) de RV, optou-se pelo Google *Cardboard*, solução de baixo custo e com resultados satisfatórios para o intuito desta pesquisa (Gadia *et al.*, 2018; Jensen e Konradsen, 2018). Na Figura 5 é exposto um exemplo de imagem do simulador desenvolvido.





**Figura 5** - Imagens do simulador de Realidade Virtual da Fábrica de Sal.  
Fonte: autores da pesquisa.

#### 4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS PRELIMINARES

O simulador foi primeiramente apresentado para validação a um grupo de três membros do Conselho de Documentação Histórica (CDH) do município de Ribeirão Pires, bem como para um diretor de escola pública e três professores da rede estadual de ensino das disciplinas de História, Geografia e Ciências.

Estes especialistas puderam analisar a solução desenvolvida e propor sugestões de melhoria. Sugestões de melhoria que envolviam ajustes em termos de navegação foram prontamente atendidas nesta primeira versão. Em consenso, os profissionais atestaram o potencial do simulador como ferramenta para viabilizar a educação patrimonial.

Após a validação inicial dos especialistas, procedeu-se uma segunda etapa de validação do simulador junto ao público de interesse: crianças em idade escolar.

Para tanto, foi selecionada uma amostra aleatória de sete crianças estudantes de escolas de Ribeirão Pires, com idades entre 8 e 13 anos, sendo quatro alunos de escolas públicas e três alunos de escolas particulares, todas familiarizadas com o complexo da Fábrica de Sal. O intuito desta validação foi verificar não apenas a fidelidade da simulação, mas o resultado prático do engajamento dos alunos em relação à mecânica de gamificação adotada no simulador de RV.

Assim, os alunos experimentaram a simulação por um tempo de aproximadamente dez minutos e, em seguida, opinaram sobre diferentes aspectos da simulação: a questão do realismo da reconstrução, da navegação no espaço e da descoberta de lugares na simulação. Desse modo, foi possível verificar que o simulador provou-se útil enquanto ferramenta para a promoção do aprendizado observacional dos alunos. Também foi possível verificar o aprendizado social dos alunos, considerando-se que a aprendizagem social sob ambiente de RV refere-se a um domínio mais extenso no qual os aprendizes podem estudar por meio da interação com cenas simuladas (Liu, 2017).

Por fim, a observância da experiência imersiva dos alunos no simulador, aliada aos elementos de gamificação disponibilizados na solução testada, despertou interesse dos usuários que experimentaram a solução. Notou-se ainda significativo interesse dos alunos em relação a outras possibilidades de aplicação da tecnologia nas temáticas exploradas pelos professores envolvidos no processo de validação da solução testada.

#### 5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou o desenvolvimento de um simulador de RV para experiências imersivas gamificadas aplicado à educação patrimonial, tendo adotado como objeto de interesse o complexo Fábrica de Sal.

O simulador foi desenvolvido na forma de um jogo digital. A solução desenvolvida foi produzida para uso em dispositivos móveis (*smartphones*), visando maior facilidade na aquisição e adoção da solução.

O processo de desenvolvimento do simulador consistiu em quatro etapas, que envolveram pesquisa documental, levantamento fotográfico do ambiente atual, processo de reconstrução digital do espaço da Fábrica de Sal e programação do simulador.

A ferramenta demonstrou grande potencial para a criação de experiências imersivas aplicadas à educação patrimonial, tendo sido validada por membros do Conselho de Documentação Histórica (CDH) do município de Ribeirão Pires (SP), bem como um diretor de escola pública e três professores da rede estadual de ensino.

Além disso, o simulador foi experimentado por crianças em idade escolar, com resultados positivos em seus testes iniciais, o que permitiu atestar a eficiência do simulador na promoção do aprendizado observacional e do aprendizado social (Liu, 2017).

Assim, é possível afirmar que o potencial educativo da solução de simulação apresentada corrobora a visão de Jensen e Konradsen (2018), que afirmam que tal tecnologia é rica em possibilidades de estimular uma série de condições fundamentais para a absorção de informações, tais como a atenção, o envolvimento do aluno com a atividade proposta pela imersão, além de estimular diversas habilidades cognitivas.

Além disso, convém ressaltar a importância da mecânica de gamificação adotada neste experimento que, dada a sua natureza simples, produziu efeitos interessantes junto aos alunos. Observou-se o engajamento dos alunos ao explorarem os espaços e serem recompensados por sua curiosidade, o que vai ao encontro da visão proposta por Yang, Lin e Chen (2018), ao discorrerem sobre os efeitos benéficos da aplicação de elementos de games em atividades e contextos educacionais.

Este trabalho possui em si algumas possibilidades interessantes e que podem representar ganhos para educadores das mais diferentes áreas. Principalmente considerando-se que um dos maiores potenciais da tecnologia de RV refere-se ao fato de poder ser utilizada para criar experiências imersivas e interativas, que podem potencializar a absorção de conceitos complexos por meio da interação direta dos alunos. A literatura possui exemplos bem-sucedidos do uso deste tipo de tecnologia em experiências em espaços culturais, a exemplo da contribuição de Sundar *et al.* (2015).

Entretanto, a validação e os resultados obtidos por este estudo não devem necessariamente aplicar-se a todos os simuladores gamificados, dado que existem diversas variáveis a serem consideradas que poderiam alterar os resultados da experiência do aluno, a exemplo da qualidade da imersão (Fuchs *et al.*, 2017), ou seja, seu nível de realismo ou até mesmo a escolha de uma estratégia de gamificação mais complexa (Buckley e Doyle, 2016; Domínguez *et al.*, 2013). No entanto, o resultado obtido neste trabalho aponta para uma efetiva contribuição na combinação da RV e gamificação como ferramenta educacional.

Como sugestão de trabalhos futuros, indica-se a adição de novas mecânicas de interação à solução desenvolvida, além da possibilidade da adoção de uma narrativa ‘guiada’, em oposição à adotada neste experimento, que consiste em livre exploração, conforme explicado no capítulo referente ao método e materiais empregados. Outra sugestão refere-se à expansão do ‘mundo’ no qual ocorre a simulação, ou seja, a ampliação do espaço de interação para os arredores da Fábrica de Sal, composto por uma série de outros locais de interesse histórico.

Sugere-se também a adoção deste tipo de conteúdo como complementação ao currículo formal de disciplinas como História, Ciências ou Geografia, por exemplo. Em História, pode-se usar o simulador como forma de explicar eventos históricos a partir da interação do aluno em primeira pessoa a um determinado personagem e ambiente. Em Ciências, o simulador pode ajudar o aluno a compreender melhor sistemas complexos, por meio da imersão em Realidade Virtual ao representar cenas microscópicas em

escala ampliada. Já em Geografia, seria possível usar o simulador de forma a ‘transportar’ o aluno para diferentes lugares, visando apresentar comparações entre diferentes tipos de relevos, bem como suas formações.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEGORITHMIC. **Substance Painter**. Disponível em: <<https://www.allegorithmic.com/products/substance-painter>>. Acesso em: 2 out. 2018.
- ARNALDI, B.; FUCHS, P.; TISSEAU, J. Chapitre 1 du volume 1 du traité de la réalité virtuelle. **Les Presses de l’Ecole des Mines de Paris**, v. 1, 2003.
- AUTODESK. **Autodesk Maya**. Disponível em: <<https://www.autodesk.com.br/products/maya/overview>>. Acesso em: 2 out. 2018.
- BAILENSON, J. **Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do**. 1 edition ed. New York: W. W. Norton & Company, 2018.
- BUCKLEY, P.; DOYLE, E. Gamification and student motivation. **Interactive Learning Environments**, v. 24, n. 6, p. 1162–1175, 17 ago. 2016.
- CABALLERO, A. R.; NIGUIDULA, J. D. **Disaster Risk Management and Emergency Preparedness: A Case-Driven Training Simulation Using Immersive Virtual Reality** Proceedings of the 4th International Conference on Human-Computer Interaction and User Experience in Indonesia, CHlXiD ’18. **Anais...: CHlXiD ’18**. New York, NY, USA: ACM, 2018 Disponível em: <<http://doi.acm.org/10.1145/3205946.3205950>>. Acesso em: 17 dez. 2018
- CAILLOIS, R. **Man, Play, and Games**. [s.l.] University of Illinois Press, 2001.
- COCHRANE, T. Mobile VR in Education: From the Fringe to the Mainstream. **IJMBL**, v. 8, p. 44–60, 2016.
- DAY, T. W. *et al.* **Using Virtual Reality to Experience Different Powered Wheelchair Configurations** 2017 International Conference on Cyberworlds (CW). **Anais... In: 2017 INTERNATIONAL CONFERENCE ON CYBERWORLDS (CW)**. Chester: IEEE, set. 2017 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/8120314/>>. Acesso em: 17 dez. 2018
- DEDE, C. Immersive Interfaces for Engagement and Learning. **Science**, v. 323, n. 5910, p. 66–69, 2 jan. 2009.
- DETERDING, S. *et al.* **Gamification: Toward a definition** CHI 2011 gamification workshop proceedings. **Anais... Vancouver BC, Canada, 2011**
- \_\_\_\_\_. Gamification: designing for motivation. **interactions**, v. 19, n. 4, p. 14, 1 jul. 2012.
- \_\_\_\_\_. The Lens of Intrinsic Skill Atoms: A Method for Gameful Design. **Human-Computer Interaction**, v. 30, n. 3–4, p. 294–335, maio 2015.
- DOMÍNGUEZ, A. *et al.* Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. **Computers & Education**, v. 63, p. 380–392, abr. 2013.
- EPIC GAMES. **What is Unreal Engine 4**. Disponível em: <<https://www.unrealengine.com/en-US/what-is-unreal-engine-4>>. Acesso em: 2 out. 2018.
- EROL-KANTARCI, M.; SUKHMANI, S. **Caching and Computing at the Edge for Mobile Augmented Reality and Virtual Reality (AR/VR) in 5G** (Y. Zhou & T. Kunz, Eds.) Ad Hoc Networks. **Anais... Cham: Springer International Publishing, 2018**
- FONSECA, D. *et al.* Assessment of Wearable Virtual Reality Technology for Visiting World Heritage Buildings: An Educational Approach. **Journal of Educational Computing Research**, v. 56, n. 6, p. 940–973, out. 2018.
- FUCHS, P. **Les interfaces de la réalité virtuelle**. [s.l.] AJIIMD, 1996.
- \_\_\_\_\_. (EDS.). **Virtual Reality Headsets: A Theoretical and Pragmatic Approach**. CRC Press/Balkema P.O. Box 11320, 2301 EH Leiden, The Netherlands: CRC Press,

2017.

GABELLONE, F. *et al.* **From museum to original site: A 3d environment for virtual visits to finds re-contextualized in their original setting** 2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage). **Anais... In: 2013 DIGITAL HERITAGE INTERNATIONAL CONGRESS (DIGITALHERITAGE)**. Marseille, France: IEEE, out. 2013 Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/6744757/>>. Acesso em: 10 out. 2018

GADIA, D. *et al.* Consumer-oriented Head Mounted Displays: Analysis and Evaluation of Stereoscopic Characteristics and User Preferences. **Mobile Networks and Applications**, v. 23, n. 1, p. 136–146, fev. 2018.

GEE, J. P. What Video Games Have to Teach Us About Learning and Literacy. **Comput. Entertain.**, v. 1, n. 1, p. 20–20, out. 2003.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 2008.

HAMARI, J.; KOIVISTO, J.; SARSA, H. Does Gamification Work? - A Literature Review of Empirical Studies on Gamification. *In: 2014 47TH HAWAII INTERNATIONAL CONFERENCE ON SYSTEM SCIENCES (HICSS)*, 47th.

**Proceedings...** Waikoloa, HI: IEEE, jan. 2014. Disponível em:

<<http://ieeexplore.ieee.org/document/6758978/>>. Acesso em: 03 set. 2018.

JENSEN, L.; KONRADSEN, F. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. **Education and Information Technologies**, v. 23, n. 4, p. 1515–1529, jul. 2018.

KAYA, Z.; AKDEMIR, S. Theories, Approaches and Models. **Learning and Teaching**, p. 240, 2016.

KOCAKOYUN, S.; OZDAMLI, F. A Review of Research on Gamification Approach in Education. *In: MORESE, R.; PALERMO, S.; NERVO, J. (Eds.). Socialization - A Multidimensional Perspective*. [s.l.]: InTech, 2018.

LIU, D.; DEDE, C.; HUANG, R.; RICHARDS, J. (eds.). **Virtual, Augmented, and Mixed Realities in Education**. [s.l.] Springer, 2017.

MARTINS, G. DE A.; THEÓPHILO, C. R. **Metodologia da Investigação Científica Para Ciências Sociais Aplicadas**. 3ª Edição ed. Brasil: Atlas, 2017.

MCHENRY, K.; BAJCSY, P. An Overview of 3D Data Content, File Formats and Viewers. **National Center for Supercomputing Applications**, p. 21, 2008.

NOVAC, O. C; GORDON, C.; NOVAC, M.; BER CZES, T. Comparative study of Google Android, Apple iOS and Microsoft Windows Phone mobile operating systems. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING OF MODERN ELECTRIC SYSTEMS (EMES)*, 14th. **Proceedings...** Oradea, Romania: IEEE, jun. 2017. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/7980403/>>. Acesso em: 11 out. 2018.

PETERS, O. A Educação à Distância em transição: tendências e desafios. **São Leopoldo: Unissonos**, 2002.

PIAGET, J. **Play, dreams and imitation in childhood**. [s.l.] Routledge, 2013.

PIAGET, J.; FIGUEIREDO, A. DE. **O desenvolvimento do pensamento: equilíbrio das estruturas cognitivas**. [s.l.] Dom Quixote, 1977.

SANGKYUN KIM, J. B., Kibong Song, Barbara Lockee. **Gamification in Learning and Education: Enjoy Learning Like Gaming**. 1. ed. [s.l.] Springer International Publishing, 2018.

SILVA, T. DE S. *et al.* **Motivational Impact of Virtual Reality on Game-Based Learning: Comparative Study of Immersive and Non-Immersive Approaches** 2017 19th Symposium on Virtual and Augmented Reality (SVR). **Anais... In: 2017 19TH SYMPOSIUM ON VIRTUAL AND AUGMENTED REALITY (SVR)**. Curitiba: IEEE,

nov. 2017Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/document/8114432/>>. Acesso em: 16 out. 2018

SUNDAR, S. S. *et al.* Communicating Art, Virtually! Psychological Effects of Technological Affordances in a Virtual Museum. **International Journal of Human-Computer Interaction**, v. 31, n. 6, p. 385–401, 3 jun. 2015.

TRAHANIAS, P.; PAPAGIANNAKIS, G. Psychomotor Surgical Training in Virtual Reality. *In*: TSIRIDIS, E. (Ed.). **The Adult Hip - Master Case Series and Techniques**. Cham: Springer International Publishing, 2018. p. 827-830.

WU, P.-H. *et al.* Impacts of integrating the repertory grid into an augmented reality-based learning design on students' learning achievements, cognitive load and degree of satisfaction. **Interactive Learning Environments**, v. 26, n. 2, p. 221–234, 17 fev. 2018.

YANG, J. C.; LIN, M. Y. D.; CHEN, S. Y. Effects of anxiety levels on learning performance and gaming performance in digital game-based learning. **Journal of Computer Assisted Learning**, v. 34, n. 3, p. 324–334, jun. 2018.

YI, Y.; SHUTAO, E. J. The Application of Virtual Reality Technology to Heritage Conservation in Famagusta's Armenian Church. *In*: WALSH, M. J. K. (Ed.). . **The Armenian Church of Famagusta and the Complexity of Cypriot Heritage: Prayers Long Silent**. Cham: Springer International Publishing, 2017. p. 313–323.