



Jogo digital e site educacional como recursos de apoio ao ensino de computação quântica

Magno Leal de Brito Junior¹; Rafael Silva Guimarães²; Paulo José Pereira de Oliveira³; Edmundo Rodrigues Junior⁴

Como Citar:

DE BRITO JUNIOR, Magno Leal;
GUIMARÃES, Rafael Silva; DE
OLIVEIRA, Paulo José Pereira;
RODRIGUES JUNIOR, Edmundo. Jogo
digital e site educacional como recursos de
apoio ao ensino de computação
quântica. Revista Sociedade Científica, vol.
9, n. 1, p. 310-337, 2026.
<https://doi.org/10.61411/rsc2026124319>

DOI: 10.61411/rsc2026124319

Área do conhecimento:

Ciências Exatas e da Terra

Sub-área:

Ciência da Computação

Palavras-chave: Computação; Qubits;
Gamificação.

Publicado: 1º de março de 2026.

Resumo

O computador quântico, diferentemente dos computadores clássicos, utiliza o quantum bit (qubit) para o processamento de informações, o qual pode assumir uma combinação dos estados 0 e 1. Essa característica possibilita um aumento significativo da capacidade de processamento, uma vez que permite explorar simultaneamente um maior número de possibilidades, reduzindo o número de operações necessárias para a obtenção de soluções quando comparado aos computadores clássicos. Entretanto, a literatura aponta desafios relacionados ao ensino e à aprendizagem da computação quântica por estudantes, professores e profissionais, devido à necessidade de compreensão de conceitos como superposição, emaranhamento e interferência quântica, que divergem do funcionamento dos computadores clássicos e da intuição cotidiana. Nesse contexto, o presente trabalho apresenta o jogo Bits & Qubits Adventures, bem como um site de apoio, com o objetivo de facilitar a aprendizagem de conceitos da computação clássica e quântica. Por meio da gamificação, o produto desenvolvido busca contribuir para a popularização da computação quântica e fomentar novas abordagens educacionais que integrem tecnologia, interatividade e engajamento.

Digital game and educational website as support resources for teaching quantum computing

¹Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/Campus Cachoeiro de Itapemirim, Cachoeiro de Itapemirim, Brasil. Email: ✉

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/Campus Cachoeiro de Itapemirim, Cachoeiro de Itapemirim, Brasil. Email: ✉

³Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/Campus Cachoeiro de Itapemirim, Cachoeiro de Itapemirim, Brasil. Email: ✉

⁴Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo/Campus Cachoeiro de Itapemirim, Cachoeiro de Itapemirim, Brasil. Email: ✉



Abstract

Quantum computers, unlike classical computers, use the quantum bit (qubit) to process information, which can exist as a combination of the 0 and 1 states. This characteristic enables a significant increase in computational capacity, as it allows the simultaneous exploration of a larger number of possibilities, thereby reducing the number of operations required to obtain solutions when compared to classical computers. However, the literature highlights challenges related to the teaching and learning of quantum computing by students, teachers, and professionals, due to the need to understand concepts such as superposition, entanglement, and quantum interference, which differ from the operation of classical computers and from everyday intuition. In this context, the present work presents the game *Bits & Qubits Adventures*, as well as a supporting website, aiming to facilitate the learning of concepts related to classical and quantum computing. Through gamification, the developed product seeks to contribute to the popularization of quantum computing and to foster new educational approaches that integrate technology, interactivity, and engagement.

Keywords: Quantum Computing; Qubits; Gamification.

1. Introdução

Os computadores são peça essencial para o funcionamento das sociedades contemporâneas. É quase impossível pensar nas relações de trabalho e até mesmo no próprio cotidiano sem a presença ou influência desse dispositivo eletrônico. Essa presença constante faz com que muitos esqueçam que essa invenção é relativamente recente. A ideia de uma máquina que pudesse computar (calcular) e resolver problemas foi inicialmente proposta pela matemática Ada Lovelace, que em 1830 esboçou um algoritmo que pudesse, em teoria, encontrar soluções para equações diferenciais. Contudo, devido às limitações da época, este dispositivo nunca de fato foi criado. Foi



no século XX, principalmente com o desenvolvimento de indústrias, assim como das áreas de física, química e matemática que os primeiros computadores puderam ser implementados realizando assim o sonho de Ada [1].

Existem muitas discussões a respeito de qual foi de fato o primeiro computador criado. No entanto, há um consenso de que o ENIAC (Electronic Numerical Integrator And Computer), projetado e construído na Universidade da Pensilvânia, foi o primeiro computador digital eletrônico de uso geral do mundo. O projeto foi uma resposta às necessidades dos EUA durante a Segunda Guerra Mundial [2]. O grande computador ocupava salas enormes e era composto por válvulas elétricas. Inicialmente, estes computadores eram completamente diferentes dos da atualidade no sentido de propósito. Atualmente, diferentes dispositivos, sejam eles desktop ou mobile, são considerados computadores de propósito geral, pois não executam apenas uma tarefa, como as calculadoras, mas inúmeras, podendo ser reprogramados constantemente. O ENIAC não era de propósito geral, seu objetivo principal era computar dados balísticos de artilharia para ajudar as tropas aliadas na Segunda Guerra Mundial. Porém, mesmo não sendo considerado de uso geral, esta grande máquina podia ser reprogramada para outros fins.

A capacidade de utilizar circuitos eletrônicos que realizam operações lógicas e, com elas, executar pequenas tarefas que formam o que hoje é conhecido como programação é o que tornou os computadores tão relevantes para a sociedade [3]. A grande dificuldade foi pensar na forma como esses dispositivos físicos (hardware) se organizam e trocam informações entre si. Este ramo ficou conhecido como a arquitetura de computadores. John von Neumann foi um húngaro-estadunidense que propôs um modelo para um tipo de arquitetura chamado de Máquina de von Neumann. Ele foi consultor do projeto ENIAC e seu modelo ajudou a resolver o problema de programar o grande computador, isso, pois esta tarefa era muito custosa e exigia muito tempo. A arquitetura de von Neumann apresenta a ideia de programa armazenado. O processo de programação poderia ser facilitado se o programa pudesse ser armazenado



na memória junto com os dados. Assim, um computador poderia obter suas instruções lendo-as da memória e um programa poderia ser criado ou alterado definindo-se os valores de uma parte da memória [2]. Basicamente esta arquitetura separa o computador em uma memória principal que armazena dados e instruções; uma unidade lógica aritmética; uma unidade de controle e os dispositivos de entrada e saída. A maior parte dos computadores modernos são baseados na arquitetura de von Neumann [3], porém existem formas de organizar os computadores de maneira que eles sejam mais eficientes?

Todo e qualquer circuito eletrônico, seja ele no mais simples dispositivo como um controle remoto até o mais complexo como o de um smartphone, funciona através de dois estados: ligado e desligado, ou em linguagem comum, 0 e 1. Os primeiros computadores utilizavam válvulas elétricas para ter este resultado. Nesses objetos, a passagem de corrente elétrica representava o sinal lógico 1 e a ausência desta representava sinal lógico 0. Posteriormente estas válvulas foram substituídas pelos transistores que são dispositivos menores. Estes dispositivos têm o mesmo propósito que as antigas válvulas, porém é possível criá-los de forma microscópica permitindo assim que um pequeno processador que caiba na palma da mão de um indivíduo tenha cerca de milhões de transistores [4].

O bit (Binary Digit) é a menor informação que um computador pode apresentar. O bit 0 representa o estado desligado e o bit 1 representa o estado ligado [4]. Em um nível atômico, o que cada transistor faz é uma série de operações com estes valores (0 e 1) para assim realizar a computação. Em 1965, Gordon Earl Moore, atual presidente da Intel, constatou que a complexidade para construção de componentes (transistores) tem aumentado um fator a cada dois anos. Essa previsão ficou conhecida com a Lei de Moore e é através delas que as empresas de tecnologia e semicondutores estão constantemente tentando desenvolver chips cada vez menores com a maior quantidade possível de transistores [5]. A grande preocupação da indústria moderna é justamente as



limitações de espaços que esses chips podem alcançar. Esta grande questão tem levado cientistas e buscarem outras formas de realizar cálculos (computar) sem a utilização de apenas os estados 0 e 1 de um circuito. A computação quântica surge neste contexto como uma possível solução para este problema. Em um computador clássico, os bits podem assumir apenas valores exatos de 0 e 1, não existindo um meio termo entre eles, por isso esta computação é também chamada de binária [6]. A computação quântica surge justamente em tentar ampliar o horizonte desses valores, porém utilizando fenômenos quânticos para este fim. A mecânica quântica é o ramo da Física que estuda os fenômenos relacionados às partículas que compõem os átomos. Em um mundo macroscópico é praticamente impossível perceber estes fenômenos, porém em comprimentos menores que um nanômetro é possível perceber certos comportamentos ditos estranhos. A superposição de estados é um deles, onde uma partícula pode assumir estados intermediários ou até mesmo se sobrepor entre estes estados e interferência.

Um Qubit (Quantum Bit) é um análogo quântico do bit clássico. Nele os estados 0 e 1 ainda estão presentes, porém, agora é possível estes dois valores simultaneamente (superpostos). Essa característica amplia a capacidade de fazer cálculos em paralelo. Essa propriedade dos qubits permite tentar diferentes modos de calcular a resposta de um problema e achá-las mais rapidamente, pois um qubit equivale a 2^{bits} . Esta relação exponencial permite que computadores quânticos conseguem achar a solução com menos operações que um computador clássico, pois ele consegue testar mais possibilidades ao mesmo tempo [6].

O grande desafio para a computação quântica é justamente criar estes computadores. Por funcionarem diferentemente da lógica clássica, a arquitetura destes computadores é específica e necessita de condições restritas. Os estados de superposição acontecem em temperaturas próximas ao zero absoluto (0K) e por isso mecanismos de refrigeração eficientes e custosos precisam ser utilizados. Qualquer interferência externa pode interferir negativamente nesses computadores [7]. No



entanto, potencial que estas máquinas apresentam é inquestionável e grandes empresas de tecnologia como Amazon e IBM possuem seus próprios computadores quânticos oferecendo alguns serviços e fomentando pesquisas no ramo. Áreas como criptografia e aprendizado de máquina serão afetadas diretamente por essa nova computação.

Estudos indicam que a computação quântica ainda não é amplamente compreendida pela comunidade de tecnologia, com muitos profissionais relatando pouco ou nenhum entendimento na área [8]. Esse cenário reflete tanto a complexidade intrínseca da área quanto a carência de materiais e experiências educacionais acessíveis que possam preparar a comunidade para o futuro quântico [9]. Diante deste cenário, divulgar esta área tão vasta e promissora é um desafio, por isso estratégias de ensino como a gamificação podem ser utilizadas neste contexto.

A gamificação tem ganhado destaque como uma estratégia pedagógica inovadora no ensino de diversas áreas do conhecimento. Com o avanço das tecnologias digitais, o uso de mecânicas de jogos em ambientes educacionais tem se mostrado uma ferramenta eficaz para engajar e motivar os estudantes, aumentando seu envolvimento com o conteúdo e melhorando a experiência de aprendizado [10]. De maneira geral, a gamificação se refere à aplicação de elementos de jogos, como recompensas, desafios e feedback imediato, em contextos fora do ambiente de entretenimento puro, com o objetivo de promover mudanças no comportamento e na atitude dos alunos, favorecendo, assim, o aprendizado. O senso de progresso constante, a possibilidade de ganhar pontos, acumular conquistas e progredir em níveis ao longo do jogo reforça a motivação e gera um ambiente de aprendizado mais agradável, onde o aluno se sente estimulado a continuar aprendendo. A teoria da autodeterminação [11], também destaca que elementos gamificados promovem a motivação intrínseca ao apoiar as necessidades básicas de autonomia, competência e pertencimento, fundamentais para o envolvimento genuíno do estudante.



Por fim, ao fornecer feedback imediato, a gamificação permite que o aluno ajuste sua compreensão em tempo real, promovendo um ciclo de aprendizado dinâmico e responsivo. Esse tipo de feedback permite que o aluno experimente, corrija erros rapidamente e aprimore sua compreensão do conteúdo. Ao contrário do ensino tradicional, onde o feedback pode ser mais espaçado e menos responsivo, a gamificação cria um ambiente de aprendizado em que o estudante recebe respostas rápidas, permitindo um ajuste contínuo e uma experiência de aprendizado mais rica [12]. Ao transformar o aprendizado em uma experiência interativa e imersiva, a gamificação possibilita um ensino mais inclusivo e engajador, permitindo ao aluno vivenciar o conteúdo de forma prática e compreensiva, especialmente em temas de difícil visualização, como a computação quântica.

Apesar dos avanços recentes e do potencial transformador da computação quântica, ensinar seus princípios fundamentais é um desafio significativo para educadores e pesquisadores. Essa dificuldade deve-se, em grande parte, à complexidade dos conceitos centrais, como superposição, emaranhamento e interferência quântica, os quais divergem das normas da computação clássica e da intuição cotidiana. Esses conceitos requerem uma forma de pensamento abstrato que ultrapassa as expectativas de muitos estudantes e até de profissionais com experiência em computação. Ao realizar uma pesquisa na literatura científica, verificamos que existe uma escassez de ferramentas didáticas e experiências práticas que facilitem a aprendizagem e o ensino dessa temática [9]. Nesse contexto, uma abordagem gamificada pode constituir uma alternativa para o ensino dos conceitos de computação quântica de forma mais prática, acessível e envolvente. Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um jogo eletrônico, denominado Bits & Qubits Adventures, e de uma página web de apoio, que incorporam conteúdos de computação clássica e quântica em sua narrativa e que pode ser utilizada por profissionais da computação, bem como por professores e estudantes, em diferentes contextos educacionais.



2. Metodologia

Os quadros 1 e 2 mostram as ferramentas de desenvolvimento e de design utilizadas para a construção da página de apoio e do sistema do jogo Bits & Qubits Adventures, respectivamente.

Quadro 1: Ferramentas e descrição para a construção da página de apoio do jogo

Ferramenta	Descrição
HTML5	Utilizado para criar sites devido à sua versatilidade e ao suporte a recursos modernos. Ele permite a estruturação eficiente de páginas, é compatível com dispositivos móveis e integra elementos multimídia, como vídeos e gráficos interativos. Além disso, sua semântica melhora a acessibilidade.
CSS 3	Utilizado na estilização das páginas, garante flexibilidade e personalização. Com CSS 3, é possível criar layouts responsivos, aplicar animações e melhorar a experiência visual do usuário. Ele também facilita a manutenção do código e otimiza o carregamento das páginas.
Bootstrap 5	Utilizado para agilizar o desenvolvimento do site, aproveitando seu sistema de grid responsivo e componentes pré-estilizados. Ele simplifica a criação de layouts consistentes, garantindo compatibilidade com diferentes dispositivos e navegadores. Além disso, permite usar estilos modernos com menos esforço.
JavaScript	Utilizado para adicionar interatividade ao site, permitindo ações dinâmicas, como exibição de pop-ups e animações. É possível criar funcionalidades responsivas e aprimoradas, proporcionando uma experiência mais fluida e envolvente para o usuário.
Canva	Utilizado para gerar imagens no site devido à sua facilidade de uso e variedade de templates. Com ele, é possível criar designs personalizados e visuais atrativos de forma prática, garantindo consistência estética. Através da inteligência artificial geradora de imagens (Mídia Mágica), foram desenvolvidos alguns elementos gráficos e de background do jogo.
Chatgpt	Utilizado para criar descrições detalhadas e personalizadas, que serviram de base para a geração de imagens com ferramentas de inteligência artificial. Essa abordagem ajuda a obter gráficos alinhados ao tema do site, garantindo originalidade e qualidade visual para complementar o conteúdo educativo.
Leonardo AI	Utilizado para gerar imagens do site, aproveitando sua capacidade de criar gráficos detalhados e personalizados. A ferramenta produz visuais únicos e de alta qualidade e resolução.
Python3	Utilizado para gerar GIFs e cálculos matemáticos com a biblioteca Numpy e Matplotlib, permitindo, assim gerar imagens das esferas de Bloch e dos diferentes tipos de portas lógicas quânticas abordadas no trabalho.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).



Quadro 2: Ferramentas de desenvolvimento do sistema e descrição

Ferramenta	Descrição
Visual Studio Code (VSCode)	Editor de código utilizado para implementar o projeto. Escolhido pela sua praticidade, interface amigável e recursos avançados. Com suporte a extensões, depuração integrada e destaque de sintaxe, o VSCode proporciona um ambiente de desenvolvimento eficiente e altamente personalizável.
GitHub	Plataforma utilizada para hospedar e gerenciar o código do projeto, proporcionando controle eficiente de versionamento. Com ele, é possível rastrear alterações no código, reverter versões anteriores quando necessário e compartilhar o projeto de forma prática. Além disso, o GitHub oferece integração com ferramentas externas e facilita o deploy, tornando-o uma escolha estratégica para organização e desenvolvimento.
Render	Render é uma plataforma de hospedagem em nuvem que facilita o lançamento de aplicações web, sites estáticos, APIs e serviços de backend. Ela oferece um processo simplificado de deploy, integração com repositórios como GitHub e recursos como balanceamento de carga, HTTPS gratuito e escalabilidade automática. É uma solução eficiente e acessível para desenvolvedores.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

O desenvolvimento do projeto foi conduzido conforme as etapas descritas a seguir, apresentadas nos itens 2.1 a 2.5.

2.1 Planejamento do jogo

O planejamento do jogo foi uma das etapas cruciais, em que foram definidos os conceitos gerais e a estrutura das fases. A ideia inicial foi dividir o jogo em 17 fases distintas, com objetivos específicos para cada uma delas. Durante essa fase, também foi decidido como cada etapa se conectaria, criando uma progressão que mantivesse o jogador engajado e fornecesse uma curva de aprendizado eficaz. O planejamento também envolveu a definição de como as mecânicas de jogo e os desafios seriam introduzidos de maneira gradual.

A ideia do jogo é baseada em um gato que precisa passar por diferentes fases. A cada fase está associado um cenário, onde há diferentes elementos que este player (gato) pode interagir. A cada fase também está associado um *card* com alguma informação



sobre o conteúdo de computação clássica ou computação quântica. Para passar de fase, o usuário precisa atravessar portas. A cada porta está associada uma pergunta referente ao conteúdo do trabalho. Caso o player responda à pergunta correta, a porta se abrirá e uma nova fase será iniciada. O player ganha o jogo se todas as perguntas forem respondidas corretamente.

2.2 Criação do cenário

A criação do cenário foi fundamental para dar vida ao jogo. O background foi escolhido de forma a se alinhar com o de computação. As inteligências artificiais geradoras de imagens entraram neste contexto. Para estruturar o ambiente de forma eficaz, foram utilizadas matrizes para delimitar as regiões do jogo. Estas matrizes foram implementadas na linguagem JavaScript. Elas permitiram organizar o cenário e definir as áreas onde o jogador poderia se mover, além de criar barreiras que desafiariam o progresso do jogador. O uso das matrizes facilitou a gestão do layout e a implementação das interações no jogo.

2.3 Desenvolvimento do player e componentes

O desenvolvimento do jogador (player) foi realizado, considerando suas interações com o cenário e os elementos ao redor. Foi implementado um sistema de movimento, bem como a lógica de interação com obstáculos, itens e personagens secundários. Além disso, ferramentas de inteligência artificial foram empregadas para gerar as imagens e sprites que formam o visual do jogo, garantindo um design atraente e coeso. Esses componentes foram pensados para proporcionar uma experiência que chamasse mais a atenção do jogador e que de alguma forma também proporcionasse contato com os conceitos de computação quântica.



2.4 Criação do cards e perguntas

Após definir a estrutura básica do jogo, os cards e as perguntas foram criados. Os cards de dicas foram desenvolvidos para fornecer ao jogador informações importantes sobre os conceitos de computação quântica, como o funcionamento de um qubit por exemplo. Além disso, foram criadas perguntas específicas para cada fase, desafiando o jogador a aplicar os conhecimentos adquiridos. As perguntas foram projetadas para reforçar o aprendizado de maneira divertida e interativa, incentivando o jogador a pensar sobre os temas abordados. Tanto as perguntas, quanto os cards com as dicas, foram desenvolvidos como popups no sistema. A Tabela 1 mostra a numeração e as perguntas presentes no jogo.

Tabela 1: Perguntas dos cards do jogo

Número	Perguntas
1	Quanto valores um bit clássico pode armazenar?
2	Qual é a função da porta lógica “AND”?
3	Qual das seguintes operações, é um exemplo de operação quântica básica?
4	Qual é o princípio quântico que permite que um qubit esteja em múltiplos estados ao mesmo tempo?
5	Em computação quântica, qual é a função de uma porta Hadamard?
6	Qual é o principal desafio para construir computadores quânticos estáveis?
7	Qual é a unidade básica de informação na computação quântica?
8	Qual das opções abaixo representa uma vantagem potencial dos computadores quânticos?
9	O que significa superposição na mecânica quântica?
10	O paradoxo do “Gato de Schrödinger” foi proposto para ilustrar o problema da interpretação de qual fenômeno quântico?
11	Qual é o problema da operação lógica 0 AND 1?
12	Qual porta lógica quântica é usada para inverter o valor de um qubit?
13	Como a porta AND é usada na multiplicação binária?
14	Qual é a função de uma porta CNOT em um circuito quântico?
15	Qual é o papel da porta Swap em dois qubits?
16	Por que o resfriamento extremo é crucial para o funcionamento de muitos computadores quânticos?
17	O que acontece quando um qubit é medido em um circuito quântico?



Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Cada popup com a pergunta apresenta quatro alternativas estando apenas uma correta. Os cards são distribuídos no próprio cenário do jogo, cabendo ao usuário encontrá-los para ver seu conteúdo.

2.5 Desenvolvimento do site

O desenvolvimento do site foi uma ideia para dar suporte ao jogo, criando uma plataforma complementar para o aprendizado. O site inclui uma simulação interativa de um qubit, além de fornecer explicações detalhadas sobre os conceitos de computação clássica e computação quântica. Esse material serve como apoio para os jogadores que desejam aprofundar seus conhecimentos, tornando o aprendizado mais acessível e dinâmico. O site foi projetado para ser intuitivo e educativo, reforçando o conteúdo do jogo e proporcionando uma experiência de aprendizado contínua. A Tabela 2 abaixo mostra as seções disponíveis no site.

Tabela 2: Divisão das seções do site

Seção	Função
Início	Apresentação do sistema
Bits	Explicação sobre o que é um bit.
Portas Clássicas	Apresentação das principais portas clássicas e de suas tabelas verdade.
Qubits	Explicação sobre o que é um qubit.
Esfera de Bloch	Simulação da esfera de Bloch e da aplicação de algumas portas lógicas quânticas.
Portas Quânticas	Apresentação das principais portas lógicas quânticas e de suas aplicações na esfera de Bloch.
Computadores Quânticos	Explicação sobre a estrutura de um computador quântico.



Seção	Função
Sobre o jogo	Explicação das principais regras do jogo e como jogar.
Jogo	Área para jogar.

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

O desenvolvimento do site foi cuidadosamente planejado para ser uma extensão do jogo, seguindo a metodologia definida no projeto. Cada seção do site foi implementada com o objetivo de apresentar informações estruturadas e alinhadas aos conceitos abordados no jogo. As simulações e conteúdos interativos foram integrados de maneira progressiva, visando facilitar a compreensão de tópicos complexos da computação quântica de forma prática e objetiva.

3. Resultados e Discussões

O jogo pode ser acessado através do link:

<https://bitandqubit.onrender.com/inicial.html>.

O contexto de computação quântica foi a base para a criação da lore do jogo. Há, basicamente, duas abordagens de jogo dentro do mesmo jogo: um jogo de perguntas e resposta e outro de fases, onde o jogador precisa completar determinados requisitos para passar de nível. Com o objetivo de juntar duas abordagens diferentes de jogos, foi criado um contexto que envolvesse conceitos, palavras e termos de mecânicas quântica e qubits.

O personagem principal do jogo é um gato chamado Schrodinger. Este personagem precisa encontrar alguns elementos dentro do cenário do jogo: um computador para achar os cards com conteúdo de computação quântica; uma porta para passar de nível, e, em alguns casos, um elemento chamado apagador, para eliminar certas barreiras que podem levar o jogador a perder. Há 17 níveis no jogo, sendo que cada nível

apresenta apenas uma porta com uma única pergunta. Caso o jogador responda corretamente a esta pergunta, a porta se abrirá.

A Figura 1 mostra a tela de início do jogo. Todos os cenários foram criados com base no conteúdo de computação quântica, com o objetivo de contextualizar a lore do jogo a este tema.



Figura 1: Tela no nível 0 do jogo
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

O cenário do jogo é delimitado por um canvas em HTML5, e o jogador só pode se mover dentro deste espaço. A Figura 2 mostra o nível 1 do jogo. O gato presente na imagem encontra-se com um pequeno fundo vermelho, para facilitar a percepção do leitor.

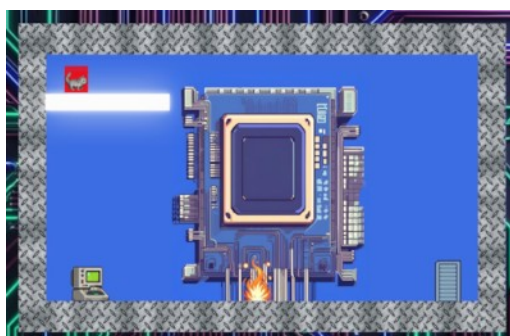


Figura 2: Nível 1 do jogo
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

O jogador pode se mover pelas bordas horizontais e verticais do jogo e também pelas barras horizontais de cor branca neon, conforma mostra a Figura 2. Em alguns cenários, essas barras funcionam como barreiras físicas para o usuário. Os

computadores são os elementos responsáveis por mostrar o po-pup/card com o conteúdo sobre computação quântica. Quando o jogador se aproxima desse computador e aperta a tecla Enter, um card é mostrado (ver Figura 3). Outro elemento também mostrado na Figura 2 são as portas. Quando o usuário se aproxima da porta e aperta a tecla W, o pop-pup com a pergunta aparece. Os demais elementos presentes nos cenários são auxiliares ou são utilizados para dificultar o jogo. Quando o usuário encosta nas chamas ou nas esferas, ele perde o jogo e volta para o nível inicial. Em alguns cenários, é preciso apagar as chamas para realizar determinados movimentos. O elemento apagador existe nesse contexto para fazer isso. Quando o usuário está próximo a esse objeto e aperta a tecla Enter, alguns elementos de jogo ou esferas energizadas são apagadas. A ideia de utilizar fogo e pequenas partículas em movimento é a de contextualizar a interferência externa que a computação quântica está sujeita. O calor e a interação com outras partículas podem levar à decoerência do estado de superposição.



Figura 3: card 1

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Na Figura 3, todos os cards apresentam um título que está relacionado com o conteúdo presente nesse card. Não é necessário que o jogador leia os cards para passar de fase. Eles funcionam como suporte para os conteúdos das perguntas. Quando o usuário se aproxima da porta e usa a tecla W, o pop-up com a pergunta aparece, conforme mostrado na Figura 4.

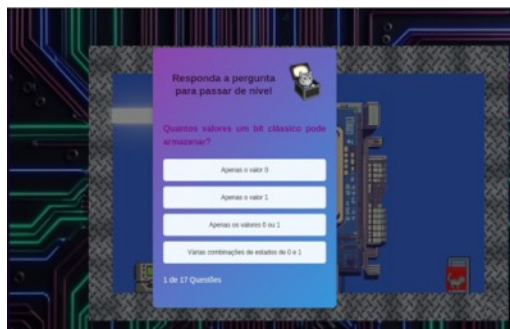


Figura 4: Pergunta 1

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Cada po-pup possui uma pergunta, e há quatro alternativas, com apenas uma correta. Todas as perguntas foram elaboradas com base no conteúdo de computação quântica.

A página web foi desenvolvida com o objetivo principal de dar suporte ao jogo. Seu design foi criado para ser usado em máquinas desktop, e não é necessário que o jogador navegue por todas as seções da página para jogar, porém, todos os elementos que são abordados durante o jogo podem ser encontrados na página. Há nove seções na página, sendo a última destinada ao jogo em si. Nas subseções a seguir, são apresentadas cada uma destas telas e seus respectivos conteúdos.

3.1 Tela de início

A Figura 5 mostra a tela inicial do jogo. Há um navbar vertical com as opções das seções disponíveis. Ao clicar em cada um desses itens, há um redirecionamento para essas páginas. Todas as imagens utilizadas, incluindo logo o nome do jogo, foram criados utilizando inteligências artificiais geradoras de imagem, como a Leonardo AI e o próprio ChatGPT, que também gera imagens.



Figura 5: Tela inicial

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Há dois botões na tela de início: um com o label *Navegue* e outro com o label *Jogar*. A intenção era que o próprio usuário pudesse decidir entre ir diretamente para o jogo, caso não quisesse navegar por todo o conteúdo das demais seções. Há uma imagem, com estilo retrô e em 2D, da esfera de Bloch. Esta esfera tem um efeito *animation pulse* do HTML5, que permite aumentar e diminuir o tamanho, da imagem dando um efeito de pulsão à página. Ao clicar nesta imagem, o usuário é encaminhado para a página destinada apenas ao conteúdo da esfera de Bloch.

3.2 Portas clássicas

A Figura 6 mostra a seção de portas lógicas clássicas. Cada porta lógica pode alterar o valor de um ou mais bits. O objetivo principal desta página é justamente mostrar ao usuário como operações lógicas podem alterar valores de bits. Essa percepção é importante para que o conceito de portas lógicas quânticas seja compreendido nas próximas seções.

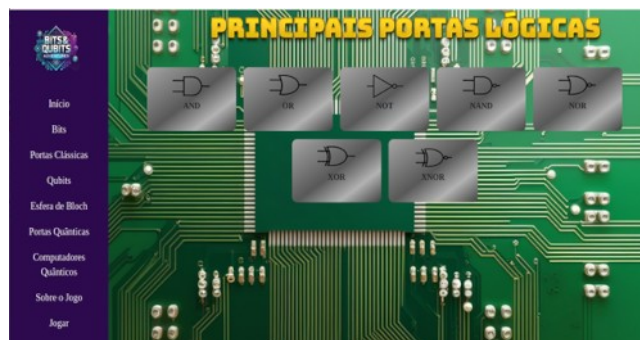


Figura 6: Tela inicial sobre portas clássicas

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Esta seção (ver Figura 7) apresenta um comportamento mais interativo com o usuário. Ao clicar em cada um dos cards das portas lógicas, há a abertura de um pop-up (card) com informações mais detalhadas sobre estas portas lógicas (uma imagem da tabela verdade desta porta lógica e um pequeno texto descritivo).



Figura 7: Tela de card sobre portas clássicas

Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

3.3 Qubits

Esta é a seção onde o conceito de quantum bit (qubit) é apresentado. Conforme mostra a Figura 8, há informações sobre a história do desenvolvimento da computação quântica e das contribuições do físico Richard Feynman. O princípio da superposição de estados de uma partícula e o experimento do gato de Schrodinger são apresentados também nesta seção. Por fim, há uma menção à criação de computadores quânticos.



Figura 8: Tela sobre qubits
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

3.4 Esfera de Bloch

A representação visual de um qubit através da esfera de Bloch é importante para que o usuário compreenda o que de fato é um qubit e como ele se diferencia de um bit clássico. A Figura 9 mostra a página destinada à representação da esfera.

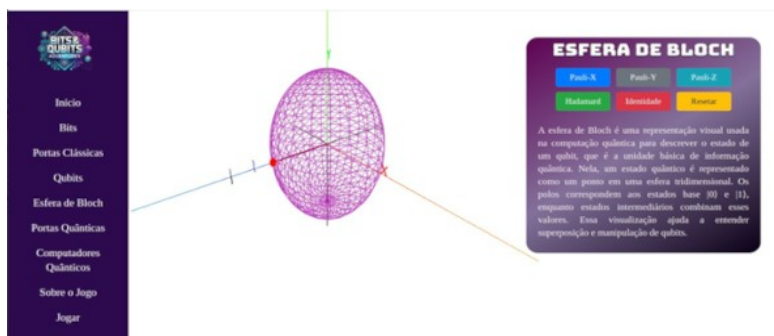


Figura 9: Tela sobre a esfera de Bloch
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Nesta seção é possível interagir com a esfera de Bloch. Esta simulação foi feita em 3D usando Three.js que é uma biblioteca JavaScript para criar gráficos 3D interativos na web. Ele simplifica o desenvolvimento de cenas tridimensionais ao fornecer ferramentas para criar objetos como cubos, esferas e luzes, além de controlar câmeras e renderizar gráficos com alta performance [13].

3.5 Portas Quânticas

A Figura 10 mostra a página sobre as portas quânticas. Assim como na seção sobre portas lógicas clássicas, nesta seção há cards com as principais portas lógicas quânticas existentes. A cada porta, está associado um símbolo. Ao clicar em cada card, um pop-up é aberto com informações expandidas sobre essa porta lógica, conforme mostra a Figura 11.



Figura 10: Tela inicial sobre portas quânticas
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Em cada pop-up sobre a porta lógica, há um GIF da esfera de Bloch de um qubit e do efeito que a aplicação dessa porta lógica quântica causa nesse qubit. A criação desses GIFs foi feita através da linguagem de programação Python, em sua versão mais recente. Três bibliotecas foram necessárias para criar o GIF, sendo elas QuTiP, NumPy e ImageIO. Diferentemente de bits, que podem apresentar apenas valores discretos de 0 e 1, um qubit pode apresentar infinitas combinações de estados. O objetivo principal desta página é mostrar ao usuário as principais portas lógicas existentes, suas representações em símbolos, assim como as portas lógicas clássicas, e como a aplicação dessas portas movimenta o vetor de estado de um qubit.



Figura 11: Tela de card sobre portas quânticas
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

3.6 Computadores quânticos

A Figura 12 mostra a seção sobre computadores quânticos. Existem diferentes formas de se construir computadores quânticos. Para esta seção, o modelo de arquitetura utilizado foi o do computador quântico da Google Sycamore. A imagem mostrada no centro da página foi feita utilizando o Canva, com inspirações em imagens reais do Sycamore. Cada nível de um computador quântico apresenta temperaturas específicas, que são essenciais para manter os estados de superposição e evitar a decoerência. Com base nisso, foram criados pequenos círculos com labels de temperatura. Ao clicar em cada uma desses círculos, um pop-up é aberto com informações sobre essa região. Há também constantes bolinhas amarelas se movimentando pela página. Elas foram criadas usando JavaScript tradicional, e o objetivo é representar as interferências que o ambiente pode oferecer aos computadores quânticos. A Figura 13 mostra o pop-up com as informações sobre a região de temperatura de um computador quântico.

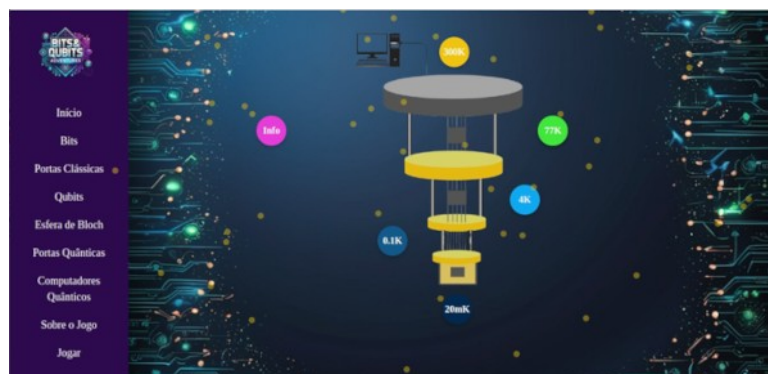


Figura 12: Tela sobre computadores quânticos
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).



Figura 13: Tela de cards sobre computadores quânticos
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

3.7 Sobre o jogo.

Ao clique em *Jogar*, na tela inicial, o usuário será encaminhado diretamente para a página do jogo. Esta seção é destinada a uma explicação mais detalhada da mecânica do jogo, qual seu objetivo principal e como passar de fases. A Figura 14 mostra a seção *Como Jogar*. Os elementos gráficos são os que estão presentes no jogo.



Figura 14: Tela sobre o jogo
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

3.8 Jogar

A Figura 15 mostra a última seção da página. Nela o usuário pode jogar o jogo de fato.

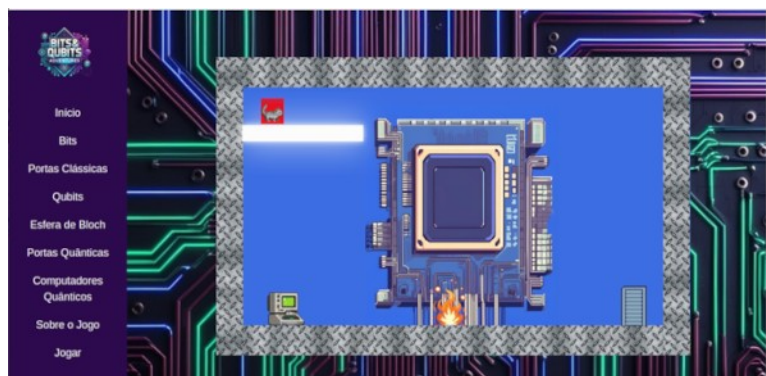


Figura 15: Tela jogar
Fonte: Elaborado pelos Autores (2024).

Há um canvas criado em HTML5, e o jogo se passa nessa região. Por meio dos botões (A,W,D e Enter) o usuário consegue se mover pelo sistema e interagir com os elementos presentes. Caso consiga passar pelas 17 fases, o jogador ganha.

A criação do jogo, junto com um site de apoio, representa uma abordagem na divulgação da computação e da física, utilizando elementos de gamificação para tornar o



conteúdo mais acessível e atrativo. O desenvolvimento do produto foi centrado em apresentar conceitos complexos de maneira lúdica e interativa.

O jogo foi projetado em fases, cada uma representando um desafio relacionado a conceitos específicos, como bits, qubits e arquiteturas de computadores clássicos e quânticos. Essa estrutura progressiva foi planejada para manter o jogador engajado enquanto explorava conteúdos técnicos. Cada fase exigia que o jogador superasse desafios para avançar, criando uma experiência motivadora e alinhada aos princípios da gamificação.

As perguntas incorporadas em cada fase desempenham um papel central no reforço do aprendizado. A mecânica de responder corretamente para progredir no jogo foi idealizada para promover a reflexão sobre os conceitos apresentados. Esse elemento lúdico não só reforça o entendimento teórico, mas também proporciona uma experiência de aprendizado interativa e dinâmica.

Os cenários criados para o jogo foram elaborados com o objetivo de contextualizar os conteúdos em um universo visualmente atrativo. A ideia de "entrar" em computadores clássicos e quânticos, por exemplo, foi concebida para proporcionar uma experiência imersiva que ajudasse o jogador a visualizar e compreender conceitos abstratos. Essa ambientação contribuiu para tornar o aprendizado mais envolvente, explorando o potencial de narrativas e da lore para reforçar o conteúdo.

Além do jogo, foi desenvolvido um site de apoio, que serve como uma extensão do conteúdo apresentado no jogo. O site oferece informações complementares, referências teóricas e explicações adicionais, funcionando como um recurso educacional integrado ao produto. Essa combinação entre o jogo e o site de apoio foi planejada para atender a diferentes estilos de aprendizado, oferecendo tanto uma abordagem prática quanto teórica.



4. Considerações finais

A realização deste trabalho teve como principal objetivo criar um jogo para divulgar conceitos de computação quântica, como bits, qubits e arquiteturas de computadores quânticos. A proposta visou traduzir temas complexos e abstratos em uma experiência lúdica, acessível e interativa, utilizando a gamificação como metodologia central para engajamento e aprendizado.

No desenvolvimento do jogo, os conceitos de bits e qubits foram apresentados de maneira prática e visual, permitindo que os jogadores compreendessem as diferenças fundamentais entre a computação clássica e a quântica. A gamificação foi essencial para transformar esses tópicos em desafios e atividades que motivassem a exploração ativa dos conteúdos. Os cenários do jogo, por sua vez, podem levar a ter contato com este ramo ainda muito desconhecido, no qual a interação com perguntas, enigmas e ambientes dinâmicos torna a aprendizagem mais atraente.

Além disso, o jogo busca facilitar a compreensão da computação quântica, introduzindo noções de superposição, entrelaçamento e funcionamento básico dos computadores quânticos em um formato acessível. A inclusão de um site de apoio ao jogo complementou essa experiência, oferecendo material adicional para aprofundamento teórico e suporte aos usuários interessados em explorar os temas mais detalhadamente.

Os resultados deste trabalho refletem o potencial da gamificação no ensino de conceitos avançados, especialmente em áreas como computação e física. O produto desenvolvido contribui para a popularização da computação quântica e abre caminho para novas abordagens educacionais que integrem tecnologia, interatividade e engajamento.

O trabalho demonstra que a gamificação, aliada a recursos narrativos e interativos, pode ser uma ferramenta poderosa para a educação de conceitos científicos complexos. O jogo criado cumpre seu papel como um recurso inovador, acessível e



motivador, promovendo o interesse pela computação quântica e incentivando novas formas de aprendizado.

5. Declaração de direitos

Os autores declaram ser detentores dos direitos autorais da presente obra, que o artigo não foi publicado anteriormente e que não está sendo considerado por outra(o) Revista/Journal. Declaram que as imagens e textos publicados são de responsabilidade dos autores, e não possuem direitos autorais reservados a terceiros. Textos e/ou imagens de terceiros são devidamente citados ou devidamente autorizados com concessão de direitos para publicação quando necessário. Declaram respeitar os direitos de terceiros e de Instituições públicas e privadas. Declaram não cometer plágio ou autoplágio e não ter considerado/gerado conteúdos falsos e que a obra é original e de responsabilidade dos autores.

6. Referências

1. ISAACSON, Walter. Os inovadores: uma biografia da revolução digital. Companhia das Letras, ISBN 9788535925694, p. 2, 2014.
2. STALLINGS, William. Arquitetura e organização de computadores. Pearson, 8. ed., ISBN 9788576059248, 2009. Disponível em:
<https://www.telecom.uff.br/orgarqcomp/arq/arquitetura-e-organizacao-computadores-8a.pdf>.
3. KOWALTOWSKI, Tomaz. Von Neumann: suas contribuições à computação. Estudos Avançados, ISSN 0103-4014, v. 26, n. 74, 1996. Disponível em:
<https://www.scielo.br/j/ea/a/DsFyHhVJ6krf5vjzVjx3dRR/>.
4. OKA, Mauricio Massazumi. História do transistor. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000. Disponível em:
<https://www.lsi.usp.br/~dmi/manuais/HistoriaDoTransistor.pdf>.



5. SILVA, Wagner. Uma introdução à computação quântica. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2018. Disponível em:
<https://www.ime.usp.br/~mapweb/tcc/2018/WagnerJorcovichV3.pdf>.
6. PIVETTA, Marcos. A nova onda dos qubits. Revista Fapesp, ISSN 1519-8774, São Paulo, 2012. Disponível em:
<https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2012/03/052-0571.pdf>.
7. ZAMPAROLLI, Domingos. A era dos qubits. Revista Fapesp, ISSN 1519-8774, São Paulo, 2019. Disponível em:
https://revistapesquisa.fapesp.br/wp-content/uploads/2019/10/072_Comp-quanticos_284.pdf.
8. GREINERT, Franziska; MÜLLER, Rainer; BITZENBAUER, Philipp; UBBEN, Malte S.; WEBER, Kim-Alessandro. Future quantum workforce: competences, requirements, and forecasts. *Physical Review Physics Education Research*, v. 19, p. 010137, 2023.
9. GALVÃO, Lucas Queiroz; DA ROSA, Suiane Ewerling; CRUZ, Clebson. Possibilidades e desafios da inserção da computação quântica no ensino médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, ISSN 1806-9126 (online), v. 46, e20240213, 2024. DOI: 10.1590/1806-9126-RBEF-2024-0213.
10. MARDEGAN, Luiz Filipe; RODRIGUES JUNIOR, Edmundo; COELHO, Ellen Kênia Fraga; OLIVEIRA, Paulo José Pereira de; ALTOÉ, Sabrina Colodette. Movimento de queda livre: uma avaliação do uso do Kahoot em sala de aula. *Revista Eletrônica Ludus Scientiae (Ludus)*, ISSN 2526-4745, v. 8, p. 28–48, jan./dez. 2024
11. RYAN, Richard M.; DECI, Edward L. Self-determination theory and the facilitation of intrinsic motivation, social development, and well-being. *American Psychologist*, v. 55, n. 1, p. 68–78, 2000. DOI: 10.1037/0003-066X.55.1.68.



12. GEE, James Paul. What Video Games Have to Teach us about Learning and Literacy? Computers in Entertainment, v. 1, p. 20–20, 2003. DOI: 10.1145/950566.950595.
13. CABRERA, Ricardo. Three.js documentation. Disponível em: <https://threejs.org/docs/>.