

Uma Volta Pelo Sistema Solar: Aprendendo Astronomia através de um Serious Game

Marcelo S. Siedler^{1,2}, Rafael C. Cardoso², Tatiana A. Tavares¹, Mariana C. Souza³, Fernando J. Junior³

¹CDTec – Universidade Federal de Pelotas (UFPel)
96.010-610 - Pelotas – RS – Brasil

²Instituto Federal Sul-rio-grandense (IFSul)
96.015-360 – Pelotas, RS – Brasil

³Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)
97105-900 – Santa Maria, RS – Brasil

{marcelo.siedler, rc.cardoso, tatiana}@inf.ufpel.edu.br
marianacoradinil5, fmjunior777}@gmail.com

Abstract. *This paper presents the development process of the game “A Tour Through the Solar System”, a serious game for teaching Astronomy. It uses the premise of a spaceship game, encouraging its players to know more about the planets while facing the proposed challenges. The game was inserted as part of a Didactic Sequence for teachers, which was applied to groups of students in the fifth year of elementary school. This process, which consisted of two testing rounds, was used to validate the application. These evaluations made it possible to verify that the game is an interesting support tool since it collaborated in the assimilation of the studied contents.*

Keywords— *serious game, Astronomy, Education, Digital Technology*

Resumo. *Este artigo apresenta o processo de desenvolvimento do jogo “Uma Volta Pelo Sistema Solar”, um serious game para o ensino de Astronomia. Ele utiliza a premissa de um jogo de nave, instigando os seus jogadores a conhecer mais sobre os planetas enquanto encaram os desafios propostos. O jogo foi inserido como parte de uma Sequência Didática para professores, a qual foi aplicada junto a turmas de alunos do 5º ano do ensino fundamental. Esse processo, composto por duas rodadas de testes, foi utilizado para validar a aplicação. Estas avaliações permitiram constatar que o jogo é uma ferramenta de apoio interessante, uma vez que colaborou na assimilação dos conteúdos estudados.*

Palavras-chave— *serious game, Astronomia, Educação, Tecnologia Digital*

1. Introdução

Conteúdos relacionados a Astronomia geralmente despertam bastante interesse e fascínio em boa parte das pessoas para quem esses conceitos são apresentados pela primeira vez. Além do seu potencial educativo, o seu caráter interdisciplinar amplia a

possibilidade de interações entre diferentes componentes curriculares. No ensino fundamental, tópicos relacionados a planetas e objetos celestes do Sistema Solar são os principais temas abordados no ensino de Astronomia e, para tornar o aprendizado mais motivante, e interessante que o professor disponha de ferramentas interativas para atrair a atenção dos estudantes. Neste sentido, jogos interativos podem funcionar como alternativas bastante efetivas. *Serious games* consistem em jogos projetados com a finalidade que vão além do puro entretenimento. Eles são utilizados para ensinar, treinar ou simplesmente informar sobre algo [Susi et al. 2007]. Este trabalho destaca o processo de desenvolvimento do jogo sério “*Uma volta no sistema solar*”, um game interativo, cujo objetivo é fornecer uma forma interessante e divertida para ensinar conteúdos básicos de Astronomia. O jogo consiste em uma aventura no espaço sideral, na qual o usuário deve realizar uma série de missões passando por todos os planetas do Sistema Solar. A ideia é que, em cada missão, o jogador aprenda algo sobre o tema, supere diferentes desafios e conheça características particulares do planeta cuja missão está vinculada. O artigo apresenta dois ciclos de avaliação deste jogo, primeiramente do protótipo e depois da versão final. Ambas validações foram realizadas junto a alunos do ensino fundamental e são discutidos os principais resultados e observações realizadas ao longo deste processo.

O artigo está organizado da seguinte forma. A Seção 2 destaca alguns trabalhos relacionados. Por sua vez, a Seção 3 descreve o jogo “*Uma volta no sistema solar*”. A Seção 4 detalha o processo de validação do protótipo. A Seção 5 apresenta a avaliação da versão final do jogo. Por fim, a Seção 6 apresenta as conclusões do trabalho desenvolvido.

2. Trabalhos Relacionados

Para vislumbrar o estado da arte do desenvolvimento de jogos eletrônicos educacionais, foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o intuito de encontrar projetos similares ao proposto neste trabalho. Além de perceber requisitos e restrições já trabalhadas nestas soluções, a ideia foi elencar as principais técnicas e tecnologias utilizadas nestes projetos. Os trabalhos foram recuperados por meio de uma análise exploratória simples em engenhos de busca de pesquisa. Como resultados iniciais, [Garozi et al. 2021] apresentam o desenvolvimento do *Labirinto gramagico*, um jogo educativo, voltado ao ensino de Gramáticas Regulares. Em consonância a este trabalho, ambos voltados ao ensino de conteúdos de Computação, está o *Automata Toy Factory*, um *game* para ensino de Autômatos com Pilha [Tomizawa and Junior 2021].

Um conceito bastante encontrado é o de gamificação. Seu cerne consiste no uso de elementos presentes em jogos para engajamento dos usuários na realização de tarefas cotidianas [Brazil and Baruque 2015]. Dentre os trabalhos que adotam gamificação, diferentes campos de estudo foram abordados, explorando desde áreas como Matemática [Pereira et al. 2019] e Meio Ambiente [Neto et al. 2019]. De especial interesse foi o trabalho de [de Souza Carvalho et al. 2020], onde a gamificação é utilizada no ensino de Astronomia por meio do *Space Mission*, um jogo no qual os estudantes são

exploradores espaciais, recompensados por *badges* ao finalizarem as missões com sucesso.

Como destacado anteriormente, *serious games* consiste em utilizar jogos para atingir objetivos que vão além do simples entretenimento dos seus jogadores. Neste sentido, [Campos and Barone 2021] apresentam o *Luta de Classes* um jogo sério que estimula estudantes a refletir sobre conflitos entre as classes sociais. Por sua vez, [Pino et al. 2021] destaca o *Melodia*, um *serious game* voltado ao ensino, em nível inicial, de teoria da música para alunos com deficiência intelectual. Outro trabalho nesta mesma linha de pesquisa, destaca o processo de concepção completo do *Musicalia*, um jogo para ensino teoria musical para crianças [de Lima et al. 2021].

Esta breve investigação permitiu a percepção de uma tendencia na criação de soluções tecnológicas voltadas ao ensino das mais diferentes disciplinas. Foi constatado também que a adoção de técnicas como *serious Games* e gamificação vem sendo amplamente adotadas, já que se apresentam como ferramentas de apoio interessantes e motivadoras para complementar os estudos. A próxima seção detalha o jogo desenvolvido neste projeto, um *serious game* que funciona como um recurso de apoio para o ensino de Astronomia voltado a alunos do ensino fundamental.

3. Uma Volta no Sistema Solar

A proposta do jogo foi concebida a partir da premissa de prover ferramentas digitais para auxiliar professores no ensino de Astronomia. Além do estudo de trabalhos correlatos, o processo de prospecção envolveu visitas a escolas das cidades de Bage e Caçapava do Sul, reuniões com professores do ensino fundamental, análise do conteúdo de Astronomia presente na Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [Carvalho and Ramos 2020] e verificação dos equipamentos disponíveis nas escolas. A partir do levantamento das necessidades e condições de implantação do jogo foram estabelecidos os seguintes requisitos básicos para guiar o processo de desenvolvimento:

- Abordar o conteúdo de Astronomia ministrado no quinto ano do ensino fundamental tendo como base a BNCC;
- Focar prioritariamente no Sistema Solar;
- Ser uma aplicação multiplataforma;
- Dispensar acesso à Internet constante; e
- Funcionar em computadores de mesa e *smartphones*.

A partir desses requisitos, foram enumeradas tecnologias viáveis para desenvolvimento do jogo. Neste estudo, as *engines Phaser, Construct, Game Maker e Unity* foram consideradas. Dessas, a *engine Unity* foi a escolhida devido à alta familiarização da equipe com esta ferramenta, além da facilidade em criar versões para diferentes dispositivos e plataformas. A possibilidade de utilização de todos os recursos necessários em sua versão gratuita também pesou bastante, já que isso é restrito nas demais *engines*.

3.1. Apresentação do Jogo

“Uma Volta Pelo Sistema Solar” é um *serious game* que visa despertar o interesse de estudantes do ensino fundamental pela Astronomia. O jogo, desenvolvido no estilo “jogo de nave”, convida o usuário a conhecer mais sobre os planetas enquanto joga. A proposta é que o usuário “viaje” em um foguete, partindo do Sol, passando por todos os planetas do Sistema, até o destino final em Netuno. A Figura 1 apresenta algumas interfaces do jogo.



Figura 1. Imagens do jogo “Uma Volta pelo Sistema Solar”

A versão atual do jogo é composta por oito fases, permitindo que o jogador passe por todos os planetas do Sistema Solar. Para cumprir o objetivo de chegar ao próximo planeta, cada fase apresenta um desafio distinto, o qual é relacionado com a viagem corrente. Os planetas são visitados em ordem de proximidade com o Sol, ou seja, a primeira fase o foguete sai do Sol com destino a Mercúrio, na segunda etapa, o foguete parte de Mercúrio em direção a Vênus, e assim por diante. A Tabela 1 apresenta o resumo do desafio proposto para chegar em cada planeta e a justificativa do mesmo.

Cada desafio está relacionado com alguma característica encontrada no próximo planeta do sistema Solar que será visitado. Em cada uma dessas o usuário deve ou desviar de itens que possam danificar sua espaçonave ou coletar algo relacionado ao planeta destino. O objetivo é que o aluno seja estimulado a aprender mais sobre os planetas, se apropriando de conhecimentos sobre suas características enquanto joga. Ao final de cada fase são apresentadas curiosidades sobre o planeta que o foguete chegou.

O jogo foi projetado para ser multiplataforma. Na versão *desktop*, ele pode ser instalado em computadores com sistemas operacionais Windows ou compatíveis com Mac. Outra possibilidade, é jogar por meio do navegador web, na versão que utiliza WebGL. Para jogar estas versões o usuário utiliza as setas no teclado para mover o foguete e desviar dos obstáculos ou capturar os itens necessários para completar a fase. O jogo também oferece uma versão para *smartphones* compatível com Android. Nessa versão, um *joystick* é projetado na tela, permitindo que o usuário movimente o foguete com o *touch* do dispositivo móvel.

4. Validação do Protótipo

Inicialmente foi desenvolvido um protótipo funcional do jogo, o qual foi submetido a uma sessão de testes com um grupo de usuários composto pelo público alvo do jogo. Os testes foram realizados em novembro de 2021, envolvendo duas turmas de 5º ano da

escola Januaria eal, totalizando 42 alunos, divididos em duas turmas de 20 e 22 alunos. No presente estudo, as professoras de Ciências das duas turmas inseriram em seus planos de aula a apresentação do jogo para seus alunos, realizando esta atividade no laboratório que os alunos usam na disciplina.

4.1. Materiais e Métodos

Para realizar a validação do protótipo foram utilizados os computadores disponíveis na escola e dispositivos moveis trazidos pela equipe do projeto. Os equipamentos disponíveis apresentaram as seguintes configurações:

- 10 computadores com Windows 10 e arquitetura 64 bits;
- 2 computadores com Windows 7 e arquitetura 32 bits;
- 6 *smartphones* com Sistema Operacional Android 10.

Os testes do protótipo foram realizados com a participação de dois pesquisadores do projeto e as professoras dos alunos. Devido ao número de equipamentos disponíveis, os alunos foram divididos em duplas. Dentre os pesquisadores, um atuou como mediador, esclarecendo as dúvidas e conduzindo os testes e o outro participou como observador, anotando as considerações feitas pelos alunos enquanto estes jogavam e descrevendo possíveis problemas de interface e erros encontrados. A Figura 2 apresenta os alunos jogando no laboratório da escola.

Tabela 1. Fases e desafios do jogo.

Destino	Desafio	Justificativa
Mercúrio	Fase introdutória, no qual o jogador deve desviar de meteoros durante o percurso.	Por estar mais próximo do sol, Mercúrio sofre com ventos solares e, por ter uma atmosfera fraca, ele é atingido por meteoros.
Vênus	Coletar um determinado número de flocos de gelo pois a temperatura do foguete aumenta ao se aproximar de Vênus.	Vênus é o planeta mais quente do sistema solar, sua temperatura média é de 484°C. O objetivo de coletar flocos de gelo e manter o foguete com uma temperatura estável.
Terra	Desviar de satélites artificiais e meteoros até chegar na Terra.	O objetivo dos satélites artificiais nessa fase, além de mostrar os avanços tecnológicos, é conscientizar o usuário sobre o tema lixo espacial.
Marte	Coletar um certo número de bactérias e desviar de meteoros durante o caminho da Terra a` Marte.	A coleta de bactérias insinua a presença de seres vivos em Marte, presentes em diversas teorias. Além disso, informa ao usuário a forma de vida que poderia estar presente no planeta, as bactérias.
Jupiter	Desviar dos meteoros que são atraídos pelo planeta, por conta da gravidade altíssima de Jupiter.	Por possuir a maior gravidade dos planetas do sistema solar, a sua força gravitacional acaba atraindo os materiais para seu centro.

Saturno	Desviar de meteoros, além de acelerar o foguete para sobressair à força gravitacional de Jupiter.	A força gravitacional de Jupiter acaba atraindo o foguete para o planeta, sendo necessário acelerar para sair deste campo gravitacional e chegar à órbita de Saturno.
Urano	Coletar fogos para não congelar o foguete, devido à baixa temperatura de Urano. Além disso, o mesmo deve desviar de meteoros.	Para evitar o congelamento do foguete devido à baixa temperatura de Urano (-195°C), a coleta de fogos foi usada como recurso lúdico para manter o foguete estável.
Netuno	Coletar baterias para completar o trajeto até Netuno. Outro desafio é desviar dos meteoros que se aproximam em alta velocidade.	Como a distância entre Urano e Netuno é maior em relação às outras fases do jogo, a coleta de baterias mantém o foguete funcionando até completar a viagem pelo sistema solar.



Figura 2. Atividade com o jogo “Uma Volta pelo Sistema Solar”

4.2. Aspectos de Jogabilidade e Engajamento

Durante as atividades, o pesquisador que atuou como observado registrou em seu diário de campo algumas frases dos participantes, visando verificar o grau de dificuldade e interesse dos alunos no protótipo. Algumas falas dos alunos foram selecionadas e são transcritas a seguir.

“Meu dedo trava, mas não é difícil!” “Eu não aguento mais, só morro!” “É legal, mas um pouco difícil!” “Tô amando esse jogo!” “Esse joguinho é muito difícil.” “A gente não consegue passar aquele asteroide grande.”

Verificou-se também estratégias de jogo elaboradas pelas duplas formadas. A seguir um trecho transcrito sobre uma dupla que propõe a divisão de tarefas para conseguirem cumprir as missões do jogo mais rapidamente.

“Nós temos que fazer isso em equipe, um controla a nave e o outro vai acelerando. Eu vou controlando o foguete e você vai controlando a velocidade”.

No geral, os alunos demonstraram muito interesse no jogo, sugerindo novas fases que abordem outros corpos celestes, opção para jogo de modo *multiplayer* e oferta de outros tipos de foguetes. Constatou-se também que alguns alunos ao jogar apresentaram-se impacientes e afobados, não lendo as instruções iniciais e, conseqüentemente, perdendo por não conhecerem as instruções para terem sucesso na missão de cada uma das fases. Outra observação relevante é que os alunos de maneira geral apresentaram mais facilidade em jogar no celular do que no computador. Cada

turma teve em torno de 15 minutos para jogar e no total 7 duplas conseguiram finalizar o jogo nesse período.

4.3. Problemas Encontrados e Sugestões de Melhorias

As observações realizadas na aplicação do jogo resultaram em uma lista de problemas encontrados e sugestões de melhorias no que foi apresentado no protótipo. Esta lista serviu de base para versão final do aplicativo e os principais pontos elencados são apresentados a seguir.

- Duas duplas descobriram um “truque” para passar das fases Mercúrio e Terra. Para tanto, bastava o usuário manter o foguete parado na parte superior do jogo, sem que nenhum objeto o atingisse, facilitando assim a chegada no final dessas fases;
- Para completar cada fase o foguete deve chegar ao seu destino. O que, no contexto do jogo, significa encostar na imagem do planeta. Foi encontrado um ponto cego onde o foguete passava pela imagem e a fase não terminava, deixando o foguete andando ininterruptamente pelo cenário;
- Falta de um botão para fechar o aplicativo;
- Falta de controle do volume do jogo; e
- Necessidade de seguir fases sequencialmente. Nesta versão do protótipo, o usuário podia jogar a fase de qualquer planeta sem uma ordem específica.

Todos estes itens foram implementados e uma versão estável foi gerada. A próxima seção apresenta os testes realizados com essa versão, avaliando se o jogo desenvolvido auxiliou efetivamente no aprendizado das crianças.

5. Avaliação do Jogo

A versão final do jogo foi submetido a uma Sequência Didática (SD) que visa avaliar a relevância do uso da tecnologia no ensino de Astronomia. O jogo “Uma Volta pelo Sistema Solar” foi avaliado juntamente com outras duas ferramentas desenvolvidas para o mesmo fim. A seguir é destacada a aplicação da SD e os resultados obtidos. Importante salientar que será apresentado o recorte inerente a avaliação do jogo, desconsiderando as demais ferramentas avaliadas.

5.1. Materiais e Métodos

Participaram como sujeitos da pesquisa 49 alunos de duas turmas de quinto ano do Ensino Fundamental. As professoras das duas turmas inseriram em seus planos de aula a SD proposta e as atividades ocorreram no mês de abril de 2022. Trata-se de uma pesquisa de natureza aplicada, de abordagem quantitativa. Os instrumentos para coleta de dados foram dois questionários, inicial (pré-teste) e o final (pós-teste). Para análise dos dados, foi realizado o teste estatístico pareado, para comparação do pré-teste com o pós-teste, possibilitando assim perceber as diferenças relativas aos dois momentos da pesquisa. A aplicação do pré-teste objetivou identificar o nível de conhecimento e as dificuldades dos alunos participantes da pesquisa. Formulado com 12 questões, sendo

3 subjetivas e 9 objetivas que envolveram conceitos básicos sobre o Sistema Solar, sendo respondidas individualmente em sala de aula. Na aula posterior a aplicação do pré-teste, foi apresentado o jogo “Uma Volta pelo Sistema Solar” e, na aula posterior, fechando a SD, foi aplicado o pós-teste, composto pelas mesmas questões do pré-teste, junto ao mesmo grupo de alunos.

Além do jogo, foram apresentadas aos alunos outras duas ferramentas tecnológicas com a mesma temática. A elaboração das questões levou em conta o que poderia ser assimilado usando as ferramentas e, das doze questões respondidas pelos alunos, 5 tem seu conteúdo relacionado ao que foi apresentado no jogo. A seguir são listadas essas questões. Para posterior citação no texto, cada questão é precedida pelo seu número no questionário aplicado na SD.

- Q01 - Na atualidade, quais são os planetas que compõem o Sistema Solar?
- Q06 - Qual é o planeta mais próximo do Sol?
- Q07 - Qual é o planeta mais distante do Sol?
- Q08 - Qual é o planeta mais quente (maior temperatura média) do Sistema Solar?
- Q09 - Qual é o planeta mais frio (menor temperatura média) do Sistema Solar?

A aplicação do jogo foi realizada com turmas diferentes das que fizeram a validação do protótipo e, ao invés de utilizar o laboratório de informática, utilizou-se uma sala de aula equipada com 8 *chromebooks* da escola e com 8 *smartphones* levados pela equipe do projeto. Os alunos foram dispostos em grupos e testaram o jogo por 20 minutos.

Neste ciclo de avaliação do jogo não foram constatados problemas de execução e jogabilidade e, assim como na aplicação do protótipo, os alunos demonstraram entusiasmo em utilizar o aplicativo desenvolvido. A seguir é apresentada uma análise dos resultados obtidos a partir da comparação das respostas do pré-teste com o pós-teste. Serão analisados os resultados das questões Q01, Q06, Q07, Q08 e Q09 cujo conteúdo está diretamente relacionado ao abordado no jogo.

5.2. Análise dos Resultados e Trabalhos Futuros

Das 5 questões analisadas, apenas a Q01, por ser subjetiva, permitia que seu resultado fosse considerado parcialmente correto. Seu objetivo era verificar se os alunos sabiam quais os planetas que compõem o Sistema Solar. O aluno que escreveu corretamente os oito planetas ganhou um ponto (1,0) e, se citou corretamente de cinco a sete planetas, ganhou meio ponto (0,5). A Tabela 2 apresenta o percentual de acertos por questão no pré-teste e no pós-teste. Os 49 alunos participaram de todas as etapas da SD. É importante salientar que os resultados apresentados foram obtidos a partir da aplicação da SD, tendo o jogo “Uma Volta pelo Sistema Solar” parte do processo de aprendizagem.

Tabela 2. Percentual de acertos nos questionários.

Questão	Pré-teste (% acerto)	Pós-Teste (% acerto)	Diferença Percentual (Pós - Pré)
Q01	70,4%	85,7%	15,3%
Q06	20,4%	61,2%	40,8%
Q07	36,7%	55,1%	18,4%
Q08	16,3%	28,6%	12,3%
Q09	18,4%	40,8%	22,4%

A partir dos resultados obtidos podemos afirmar que todas questões analisadas tiveram um melhor resultado quando respondidas após a utilização do jogo. A Q01, que se refere ao nome dos 8 planetas do Sistema Solar, teve um aumento de 15,3%. Essa informação pode ser constantemente visualizada pelo jogador durante a partida pois, além de ter que passar por todos planetas, o jogo apresenta uma tela de progresso onde os oito planetas que compõem o Sistema Solar podem ser visualizados.

A Q06 teve maior percentual de aumento nas respostas certas (40,8%). Ela é abordada no jogo já em sua primeira fase, visto que o seu desafio é chegar até o planeta mais próximo do Sol, ou seja, Mercúrio. Já a Q07 (“Qual planeta mais distante do Sol?”) teve um crescimento de acerto mais baixo (18,4%). Este percentual menor pode estar relacionado a dificuldade que alguns alunos tiveram em chegar até o último desafio, ou seja, a viagem de Urano até Netuno no tempo proposto. Por fim, Q08 e Q09 abordam, respectivamente, qual o planeta mais quente e qual o mais frio do Sistema Solar.

Para verificar se houve aprendizado após a utilização do jogo foi realizado o teste pareado, comparando os valores percentuais obtidos no pré-teste e no pós-teste. O resultado indicou um aumento significativo ($p < 0,0001$), com o percentual médio de acerto subindo de 32,44% no pré-teste para 54% no pós-teste, um aumento médio de 21,84%. Estes resultados demonstram que o jogo “Uma Volta pelo Sistema Solar” contribuiu no aprendizado de Astronomia nas turmas onde foi aplicado, o que vai ao encontro tanto a [SILVA 2018], que diz que o uso de recursos tecnológicos na educação são eficazes e ajudam muito no desenvolvimento escolar, quanto a [Lopes et al. 2021], que mostram como uma solução gamificada pode aumentar a participação e o engajamento dos alunos.

A partir dos resultados obtidos, foi apresentado para a secretaria municipal de educação do município de Bage um projeto para levar o jogo para as escolas do município. A proposta é realizar uma formação com os professores onde serão apresentadas as ferramentas digitais que apoiam o ensino de Astronomia e como estas podem auxiliar o aprendizado em sala de aula, além da SD aplicada neste projeto de pesquisa.

O jogo está registrado no Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI), e também está disponibilizado de forma gratuita em versões para Windows, Mac, web (WebGL) e Android. A versão Android do jogo está disponível para *download* na *PlayStore* e as demais versões podem ser encontradas em <https://bit.ly/3DcWHQf>.

Como próximos passos do projeto pretende-se criar outros *serious games* voltados a Astronomia que envolvam outras tecnologias, como *Realidade Aumentada* e *Realidade Virtual* e que abordem outros conteúdos relacionados a disciplina.

5.3. Aspectos Éticos da Pesquisa

Os testes foram realizados conforme os parâmetros aprovados por comitê de ética em pesquisa, e está registrado na plataforma Brasil sob o número 34012920.0.0000.5340.

6. Conclusão

Este artigo apresentou o jogo “Uma Volta Pelo Sistema Solar”, uma ferramenta de apoio ao ensino de Astronomia para turmas do quinto ano do Ensino Fundamental. Usando o conceito de *serious game* foi criado um jogo digital onde o usuário é instigado a aprender sobre os planetas do Sistema Solar através de uma viagem do Sol até Netuno. O jogo tem como um de seus diferenciais a realização de sua concepção de acordo com a BNCC, tendo a participação ativa de professores do ensino fundamental na definição dos requisitos da aplicação. Além disso, a implementação do jogo foi realizada sob a premissa de ser multiplataforma e de não utilizar recursos computacionais que exijam capacidade de processamento incompatível ao encontrado nas escolas.

O jogo foi validado através da aplicação de uma SD em sala de aula, onde foi aplicado um questionário antes e outro depois da utilização do jogo. A análise dos resultados apresentou um aumento médio de 21,84% nos acertos dos alunos quando comparado o pré-teste com o pós-teste. Esta avaliação demonstra a eficiência do uso de *serious game* como ferramenta auxiliar de ensino de Astronomia. Por meio da observação dos pesquisadores durante o processo de validação pode-se observar que o jogo foi considerado empolgante pelos alunos, o que ressalta a necessidade do *serious game* ter a premissa educacional para que o conteúdo desejado seja entregue ao usuário sem esquecer a característica de divertir e instigar o jogador.

Por fim, os objetivos propostos no trabalho foram atingidos, permitiu a criação de um jogo digital que auxiliou efetivamente o ensino de Astronomia na escola onde foi aplicado, comprovou a relevância que pode ter o uso de *serious game* em atividades pedagógicas na sala de aula, gerou um registo de software no INPI e foi disponibilizado gratuitamente para a comunidade nas plataformas digitais disponíveis.

Referencias

- Brazil, A. and Baruque, L. (2015). Gamificação aplicada na graduação em jogos digitais. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 26, page 677.
- Campos, R. L. and Barone, D. A. C. (2021). Luta de classes: jogo sério educativo. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 499–508. SBC.
- Carvalho, T. G. and Ramos, J. E. (2020). A bncc e o ensino da astronomia: O que muda na sala de aula e na formação dos professores. *Revista Currículo e Docência*, 2(2).

- de Lima, W. G., de Freitas, A. R. R., and de Lima, T. F. M. (2021). Design e desenvolvimento de um jogo sério para educação musical. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 417–426. SBC.
- de Souza Carvalho, F. L., Reses, G. d. L. N., de Jesus Cravo, C., and da Graça Mendes, I. M. (2020). “space mission”: um percurso gamificado de atividades para apoio ao ensino de astronomia.
- Garozi, P. H. T., Junior, M. M. C., and Costa, Y. M. (2021). Labirinto gramagico: Um jogo educativo para o ensino de gramáticas regulares. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 489–498. SBC.
- Lopes, W., Fernandes, I., Augusto, P., and Madeira, C. A. G. (2021). Estratégia de gamificação aplicada ao ensino remoto emergencial em tempos de covid-19. In ‘*Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*’, pages 437–444. SBC.
- Neto, B. d. S. R., Virgolino, A. B., Ferreira, D. A., and da Silva, M. V. B. (2019). Na onda do pitui: Uma abordagem de educação ambiental gamificada no contexto amazônico. *Brazilian Journal of Development*, 5(12):32700–32712.
- Pereira, I. B., Santos, J., and Suarez, P. (2019). Análise de uma aplicação gamificada para o aprendizado de matemática discreta. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 30, page 636.
- Pino, M. d. C. O., Dias, M. V., Matos, S. N., Borges, H. B., and Lopes, R. P. (2021). Melodia: Um jogo sério para o ensino inicial de teoria musical a pessoas com deficiência intelectual. In *Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*, pages 529–538. SBC.
- SILVA, C. G. d. (2018). A importância do uso das tics na educação. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento*, 16:49–59.
- Susi, T., Johannesson, M., and Backlund, P. (2007). Serious games: An overview.
- Tomizawa, M. M. and Junior, M. M. C. (2021). Automata toy factory: Um jogo educativo para ensino de autômato com pilha. In ‘*Anais Estendidos do XX Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital*’, pages 389–397. SBC.