Uma avaliação da relação entre o desempenho de jogadores e a atratividade de jogos educacionais

Flávio P. Marques, Myrna Amorim, Leonardo Lignani, Eduardo Ogasawara, Joel dos Santos

[1]Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ

flavio.marques@aluno.cefet-rj.br
{myrna.amorim, leonardo.lignani}@cefet-rj.br
eogasawara@ieee.org, jsantos@eic.cefet-rj.br

Abstract. *The use of experiments and practical activities are fundamental for fixing concepts worked in some disciplines. However, such practices may not be viable in the academic environment. The use of simulators and computer games becomes an alternative for these situations. One challenge is to achieve a compromise between gameplay/entertainment and the process of mobilizing theoretical concepts. A common approach is to evaluate the score obtained, but it is somewhat limited when it comes to games with various decisions. An example is the analysis of the strategy used during the game. Using data provenance in educational games seems to be an alternative. In this article, we present an approach based on provenance analysis to evaluate plays performed by students and group them according to the strategy used, reflecting the mobilization of the concepts covered in the game. Based on these groups, an analysis is made of the attractiveness reported by the students. An experimental evaluation with high school students was carried out on top of the Control Harvest game. The results point to a correlation between perceived attractiveness and performance measured with provenance.*

Resumo. *O uso de experimentos e atividades práticas são fundamentais para fixação de conceitos trabalhados em algumas disciplinas. Entretanto, tais práticas podem não ser viáveis no ambiente acadêmico. O uso de simuladores e jogos computacionais torna-se uma alternativa para estas situações. Um desafio é obter um compromisso entre a jogabilidade/entretenimento com o processo de mobilização dos conceitos teóricos. Uma abordagem comum é pela avaliação da pontuação obtida, mas fica um pouco limitada quando se trata de jogos com grande variedade de decisões. Um exemplo é a análise da estratégia utilizada durante o jogo. Usar a proveniência de dados em jogos educacionais parece ser uma alternativa. Neste artigo, apresentamos uma abordagem baseada na análise de proveniência para avaliar jogadas realizadas por alunos e agrupá-los conforme a estratégia utilizada, refletindo a mobilização dos conceitos abordados no jogo. Com base nesses grupos é feita uma análise da atratividade reportada pelos alunos. Uma avaliação experimental com alunos de ensino médio foi realizada em cima do jogo Control Harvest. Os resultados apontam uma correlação entre a atratividade percebida e o desempenho medido com a proveniência.*

DOI: 10.5753/sbie.2022.225416

1. Introdução

Em diversas áreas do conhecimento, o uso de atividades práticas é importante para fixação do conhecimento. No entanto, em algumas áreas, o uso de tais atividades pode requerer espaço e tempo que não são compatíveis com o ambiente acadêmico. Nesses casos, o uso de recursos computacionais fornece uma alternativa para viabilizar a realização de tais atividades [Cardoso et al., 2020].

Neste cenário, os jogos de computador têm sido propostos como ferramentas educacionais para colaborar no aprendizado dos alunos [Gee, 2007; Clark et al., 2016; Plass et al., 2020]. Nesses jogos, o assunto a ser estudado deve fazer parte do projeto. O objetivo é que a aprendizagem ocorra por meio de um processo de hipótese, sondagem e reflexão sobre o ambiente do jogo [Hamari et al., 2016]. Por outro lado, é importante que o jogo seja atrativo para despertar, no aluno, o interesse ao conteúdo abordado. Assim, o principal desafio para o projeto de jogos educacionais é alcançar um equilíbrio entre as propriedades de jogabilidade e entretenimento com o processo de mobilização dos conceitos teóricos.

No ambiente de jogos educacionais, o processo de aprendizado é geralmente impulsionado por recompensas como pontos, desafios e conquistas de metas. Segundo Serrano-Laguna et al. [2017], a análise de jogos educacionais geralmente é realizada por meio do rastreamento de eventos baseados nestes aspectos. As métricas mais comuns são: *(i)* porcentagem de conclusão de tarefas e o tempo gasto em cada uma; *(ii)* tempo de tomada de decisão e razão de acerto, em cenários onde o jogador precisa escolher uma entre muitas opções; e *(iii)* pontuação obtida no jogo. Porém, a avaliação do desempenho dos jogadores ainda é uma questão difícil de se abordar. Aspectos como: tipo de jogo, objetivo do ensino e contexto de jogo devem ser levados em consideração. Desta forma, o desempenho dos jogadores deve ser avaliado durante o processo de jogo [Juan et al., 2017].

Enquanto isso, Kohwalter et al. [2013] apresenta o uso da proveniência em jogos como uma forma de rastrear a dependência entre as interações no jogo e avaliar as estratégias utilizadas por um jogador. Assim, os autores conseguem ter um melhor entendimento das causas por trás de um resultado do jogo. Em Melo et al. [2020], através do uso de dados de proveniência de jogos e usando algoritmos de agrupamento, os autores identificam perfis de jogadores. Este tipo de abordagem auxilia no entendimento das estratégias utilizadas e permite ter uma análise mais profunda do desempenho dos jogadores. Entretanto, uma das razões para a eficácia dos jogos educacionais está relacionada à satisfação dos alunos [Juan et al., 2017]. Jogos educacionais eficazes devem ser atrativos, de forma a encorajar os jogadores a continuarem jogando e levando ao aumento do interesse.

Assim, este trabalho objetiva responder a seguinte pergunta de pesquisa: *"Qual é a relação entre a atratividade de um jogo educacional com o desempenho do jogador?"* Para responder esta pergunta, este artigo apresenta uma avaliação da correlação entre o desempenho dos alunos em um jogo educacional com a atratividade identificada por parte dos alunos. O artigo utiliza o jogo *Control Harvest*, um jogo educativo para auxiliar professores na apresentação da disciplina de Controle Biológico na agricultura. O jogo utiliza uma abordagem baseada em dados de proveniência para avaliar se os alunos conseguem mobilizar os conceitos abordados no jogo. Através destes dados é possível identificar os perfis de jogadores e avaliar o seu desempenho. Por sua vez, o desempenho destes perfis é

correlacionado com o grau de atratividade identificado através da aplicação do formulário de usabilidade *UEQ*.

O restante deste artigo está estruturado da seguinte forma. A Seção 2 apresenta trabalhos relacionados. A Seção 3 apresenta o jogo utilizado para a análise e a metodologia utilizada para a avaliação. A Seção 4 apresenta a avaliação experimental realizada. Finalmente, a Seção 5 conclui este artigo e discute trabalhos futuros.

2. Trabalhos Relacionados

Há diferentes trabalhos publicados na literatura que avaliam o desempenho de jogadores em jogos educacionais como forma de verificar se determinado jogo auxilia o aluno a mobilizar algum conceito. Há outros que avaliam a atratividade do jogo como forma de indicar seu potencial uso por alunos. Diante disso, foi feito um mapeamento sistemático usando a seguinte *string* de busca na base *Scopus*: (*game interest* $\vee$ *game attractiv** $\vee$ *UEQ*) $\wedge$ (*computer game** $\vee$ *educational game** $\vee$ *serious game**). Foram obtidos 17 artigos, dentre os quais cinco foram selecionados devido sua aderência ao trabalho.

A avaliação de um jogo educacional através de um formulário de usabilidade pode ser vista em diferentes trabalhos. Tsopra et al. [2020] avaliaram o jogo *AntibioGame*, cujo objetivo é melhorar o treinamento de estudantes de medicina no uso de antibióticos na atenção primária. A avaliação utilizou o método *MEEGA* + [Petri et al., 2017], que define 32 itens para avaliar a usabilidade e jogabilidade de um jogo educacional, sendo cada item avaliado numa escala *Likert* de cinco pontos. De acordo com os autores, o resultado obtido reforça que os jogos educacionais possuem o potencial de aumentar o prazer e a motivação no processo de aprendizagem do aluno. Por fim, os autores sugerem a hipótese de que estudantes motivados e entusiasmados com o jogo são mais propensos a gastar mais tempo revisando e aumentando assim seu conhecimento sobre a teoria mobilizada no jogo.

Outro método de avaliação da usabilidade encontrado na literatura é através do formulário *UEQ*. Belinda et al. [2020] realizaram a avaliação do jogo *Earthquake Mitigation Educational Game*, desenvolvido para ensinar sobre meios de mitigação de terremotos a crianças de seis a nove anos. Baluz et al. [2022] apresentam o *Rehabilite Game*, um jogo desenvolvido como ferramenta de terapia complementar para reabilitação de membros superiores. Por sua vez, Dinimaharawati et al. [2018] realizaram a avaliação de um jogo educacional focado em matemática dentro da plataforma de *e-learning Chamilo*. Estes três trabalhos utilizaram o formulário *UEQ* em suas análises. Todos obtiveram resultados positivos na avaliação dos jogos, reforçando que jogos educacionais possuem um potencial de uso em diferentes áreas.

A correlação entre o desempenho de um jogador e a avaliação sobre a sua satisfação e o seu interesse foi realizada em Zairi et al. [2021]. O desempenho do jogo foi medido pela pontuação obtida pelos jogadores. A avaliação da satisfação e interesse foi realizado através de um questionário composto por 17 itens usando escalas *Likert* variando de um (discordo muito) a sete (concordo muito). A avaliação de satisfação é dividida em quatro escalas: utilidade, facilidade de uso, atitude em relação ao uso do sistema e intenção comportamental de usar o sistema. A avaliação do interesse é dividida em três escalas: interesse individual, interesse situacional mantido e interesse situacional sustentado. Correlações bivariadas foram realizadas entre cada uma destas escalas com o

desempenho do jogo. Houve uma relação significativa e positiva para facilidade de uso. Por sua vez, houve correlação negativa para as demais escalas de satisfação e para as três escalas de interesse.

O desempenho de um jogador no ambiente de um jogo educacional deve ir além de sua pontuação. Identificar os perfis das sessões de jogo e se o jogador mobilizou os conceitos teóricos é importante para a definição de quem teve um bom desempenho ou não. De acordo o observado, este é o primeiro trabalho a usar uma abordagem orientada à proveniência juntamente com técnicas de mineração de dados para analisar se alunos que possuíram melhores desempenhos no jogo também apresentaram uma melhor avaliação da sua atratividade.

3. Análise do Desempenho e Atratividade

Como forma de avaliar a relação entre o desempenho de um aluno em um jogo educacional e a atratividade do jogo, uma avaliação experimental foi realizada com 48 alunos. Eles têm idade entre 14 e 18 anos, fazendo parte de duas turmas de 1° ano do ensino médio-técnico em informática do CEFET/RJ.

O experimento foi realizado em duas etapas. Primeiramente, os participantes foram instruídos a jogar um jogo educacional até completá-lo, seja ganhando ou perdendo. Em seguida, os alunos responderam um formulário com questões que avaliam a atratividade do jogo.

O jogo utilizado foi o *Control Harvest* que retrata um cenário de controle biológico. A Seção 3.1 apresenta o jogo, descrevendo o funcionamento e os conceitos por ele abordados. Em seguida, a Seção 3.2 apresenta o questionário utilizado no experimento para avaliação da atratividade do jogo. A Seção 3.3 detalha como foi avaliado o desempenho de cada aluno no jogo.

3.1. O jogo *Control Harvest*

O *Control Harvest* é um jogo que utiliza um cenário simplificado para o gerenciamento de uma fazenda agrícola. Ele apresenta o controle biológico como uma alternativa para o manejo de pragas. O jogo se concentra no papel da predação e foca em conceitos como *especificidade predador-presa* e *controle populacional*. Assim, o jogo permite que os alunos mobilizem esses conceitos introduzindo ou removendo duas espécies de predadores em suas fazendas. Uma vez introduzidos ou removidos predadores, os alunos observam os efeitos no controle populacional das pragas presentes na fazenda.

Ao longo do jogo, o jogador ganha dinheiro vendendo suas colheitas e gasta dinheiro comprando sementes ou realizando controle de pragas. O jogador tem quatro opções de plantas para cultivar: tomate, couve, grama e milho. Cada planta possui valores diferentes de compra e venda. Quatro espécies de pragas migram para a fazenda: pulgão, cigarrinha, grilo e lagarta. Cada praga se alimenta de um tipo específico de planta, conforme ilustrado na Figura 1. A figura também apresenta os dois predadores disponíveis (besouro e joaninha) e as espécies de pragas que eles atacam.

Durante o jogo, os insetos se movem aleatoriamente pela área da tela que representa a fazenda. Para reforçar a especificidade predador-presa, os insetos têm um campo de visão. Se sua presa for avistada, eles têm uma probabilidade maior de se virar em

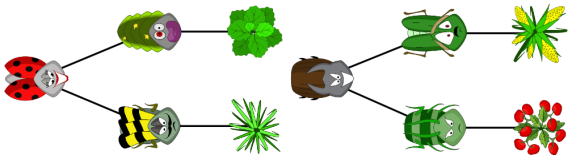

Figura 1. Cadeia alimentar do *Control Harvest*: os dois predadores (besouro e joaninha), as quatro espécies de pragas (pulgões, grilos, cigarrinhas e lagartas) e as quatro espécies de plantas (tomate, milho, grama e couve).

sua direção para persegui-la. A predação ocorre quando ambos os insetos (ou inseto e planta) colidem. Sempre que insetos da mesma espécie colidem, eles podem se reproduzir de acordo com a taxa de reprodução da espécie. O conceito de controle populacional é reforçado em *Control Harvest* de duas maneiras. Os jogadores têm que controlar *(i)* a população da praga e *(ii)* a população de predadores. Caso contrário, eles perdem suas colheitas e recebem multas, respectivamente. Esta multa destina-se a apresentar ao jogador um possível resultado negativo do controle biológico, *i.e.*, quando a população de predadores fica fora de controle.

Por fim, ao longo do jogo, metas de curto prazo são apresentadas aos jogadores. Essas metas exigem que o jogador colha uma determinada quantidade de uma das plantas disponíveis dentro de um determinado intervalo de tempo. Para aumentar o desafio e reforçar a interação de predação entre as espécies, ocorre uma migração de pragas que atacam a planta selecionada sempre que uma meta é lançada. Portanto, o jogador tem que elaborar uma estratégia para lidar com as pragas no tempo disponível para cumprir a meta. Ao todo, existem oito metas a serem cumpridas. As metas são lançadas em uma ordem determinada, sendo que uma mesma meta é repetida até que o jogador consiga realizá-la. Ao completar as oito metas o jogo é finalizado.

3.2. Medição da Atratividade do Jogo

No experimento, a atratividade do jogo é medida por meio do questionário de usabilidade *UEQ* (do inglês, *User Experience Questionnaire*). O *UEQ* foi desenvolvido com o objetivo de realizar a medição de forma rápida e direta. O questionário é composto por vinte e seis itens avaliados em uma escala *Likert* de sete pontos. Cada item consiste em um par de termos com significados opostos. Estes itens são agrupados em seis escalas: *Atratividade* (impressão geral, se os usuários gostaram ou não); *Transparência* (facilidade de uso); *Eficiência* (interação é eficiente e rápida); *Controle* (sensação de controle da interação); *Estimulação* (motivação e diversão ao usar); *Inovação* (inovador e criativo) [Laugwitz et al., 2008].

As escalas não são independentes. A escala de *Atratividade* é a mais geral, sendo influenciada pelas demais. Desta forma, a impressão geral de um usuário é capturada pela escala de *Atratividade*. As demais escalas são separadas em dois grupos. *Transparência*, *Eficiência* e *Controle* englobam aspectos de qualidade pragmáticos. Por sua vez, *Estimulação* e *Inovação* apresentam aspectos de qualidade hedônicos [Schrepp et al., 2017].

No experimento realizado, tanto a escala de *Atratividade*, quanto a de *Estimulação* foram utilizadas para definir a atratividade do jogo. Ambos os valores são correlacionados com os dados coletados das sessões de jogo de cada usuário. Esta análise buscou verificar se os participantes que apresentaram respostas mais positivas para a atratividade

e estimulação correspondem aos participantes que apresentaram um melhor desempenho no jogo.

3.3. Medição do Desempenho no Jogo

Como forma de permitir uma análise mais rica da jogabilidade ao longo de cada sessão de jogo, são coletados dados de proveniência sobre o comportamento do jogador. Estes dados são armazenados através de um serviço *web* em um banco de dados relacional. O armazenamento é feito na forma de eventos ocorridos ao longo da sessão (*e.g.*, plantação, colheita, predação). A partir destes eventos é possível determinar como a sessão foi jogada.

A partir dos dados de proveniência adquiridos durante as partidas, foram construídas três séries temporais referentes às populações de plantas, pragas e predadores ao longo de cada partida. Com o propósito de encontrar os perfis de jogadas entre os jogadores, as três séries temporais de população são concatenadas, formando uma nova série temporal [Esling and Agon, 2012]. As séries temporais com as populações concatenadas para cada uma das seções de jogo do experimento foram agrupadas usando o método *k-means* [Han et al., 2012]. Para um melhor agrupamento, as séries foram normalizadas usando a técnica *ZScore*. Em seguida, foram removidos os *outliers* de cada série aplicando uma *winsorização* de 2% na série temporal.

O número de grupos a ser analisado pela técnica de agrupamento é obtido pela análise de silhueta [Han et al., 2012]. A partir destes grupos, é possível observar quais sessões de jogo seguiram uma estratégia de sucesso e aquelas que tiveram um desempenho mediano ou ruim. Corroboram essa análise dados de pontuação obtida, metas cumpridas, eficiência de colheita, dentre outras.

Por fim, considerando os conceitos teóricos que o *Control Harvest* se propõe apresentar, considera-se como uma estratégia de sucesso quando há a manutenção de uma população de predadores que controla a população de pragas presente na fazenda. Com isto, pode-se identificar que o jogador percebe a relação entre os predadores e presas, realizando o controle populacional das pragas. Como consequência da uma população de pragas controlada, o jogador: *(i)* perde menos plantas por predação, apresentando uma maior eficiência de colheita; *(ii)* cumpre mais metas em menos tempo; *(iii)* atinge uma maior pontuação no jogo.

4. Resultados

A partir da análise de silhueta das séries temporais agrupadas, conforme discutido na Seção 3.3, foi definido o uso de quatro grupos para o método *k-means*. Os quatro grupos encontrados representam diferentes perfis de jogadores, conforme discutido nos parágrafos a seguir. A Figura 2 apresenta o gráfico populacional médio para plantas, pragas e predadores para cada perfil.

Considerando a definição de estratégia de sucesso apresentada na Seção 3.3, é possível identificar que o perfil $K2$ agrupa as sessões em que o jogador encerrou o jogo ou perdeu logo no início. Tais sessões não trazem muita informação com relação à estratégia de jogo, por não possuírem eventos suficientes para análise. O perfil $K1$ representa boas sessões de jogo, pois através das curvas podemos visualizar que os jogadores mantiveram uma alta população de plantas, enquanto a população de pragas é mantida sob controle

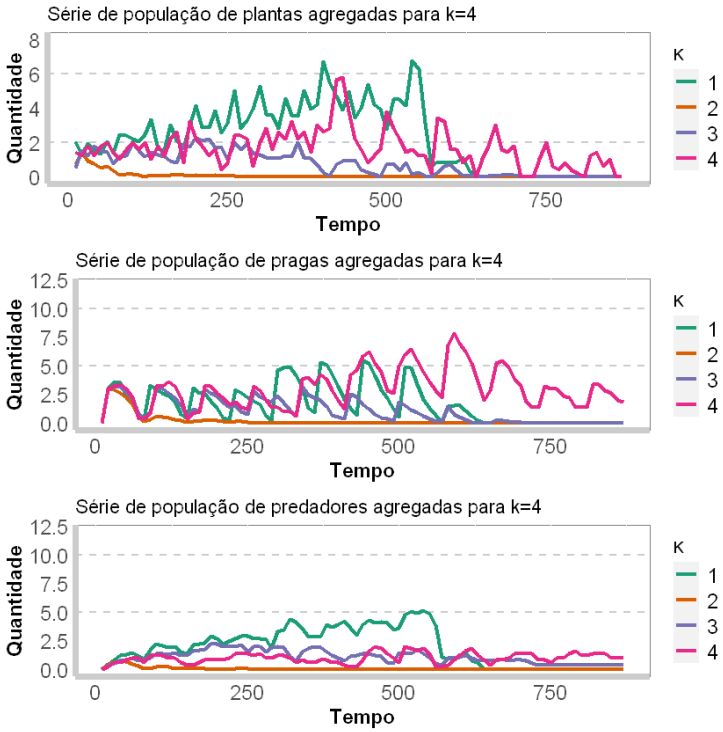

Figura 2. Gráfico de população média para plantas, pragas e predadores para cada perfil identificado usando o método *k-means* para $k = 4$.

e com um maior uso de predadores. Além disto, o encerramento da série em menor tempo indica haver menos metas perdidas. O perfil $K4$, no entanto, representa sessões de jogo ruins, pois a população de pragas permanece em um limiar acima dos demais. É importante notar que este perfil utiliza menos predadores para controlar a população da praga do que $K1$. Além disto, o prolongamento da série indica haver mais metas perdidas. Por fim, o perfil $K3$ aparenta agrupar sessões intermediárias. Estas sessões sugerem que o jogador não ficou engajado na partida, possuindo baixos valores para as curvas.

É esperado que o uso de melhor estratégia por parte dos jogadores resulte em melhor pontuação. A Figura 3 apresenta o gráfico de pontuação média ao longo do tempo para cada perfil. O desempenho apresentado através das curvas de pontuação corresponde aos perfis identificados. O perfil $K1$ apresenta a melhor curva, obtendo maiores pontuações. O perfil $K2$ apresenta a pior, devido a perder a partida logo no início. O perfil $K3$ possui baixa pontuação conforme esperado. Por fim, o perfil $K4$ apresenta uma pontuação final interessante. Entretanto a sua curva de pontuação cresce mais devagar em relação ao perfil $K1$, além de alcançar um valor final mais baixo.

As estatísticas do jogo, apresentadas na Tabela 1, corroboram com a análise anterior. O baixo tempo de jogo é suficiente para justificar que o perfil $K2$ consiste em sessões onde o jogador perdeu ou fechou o jogo no início. Além disso, a baixa taxa de colheita indica que o jogador perdeu suas plantas para as pragas, ficando sem dinheiro e perdendo a partida. Entre as partidas com maior duração, o perfil $K4$ tem as menores taxas de colheita e metas cumpridas em comparação com os perfis $K1$ e $K3$. Entretanto, o perfil $K3$ apresenta menor quantidade de metas e duração, indicando a desistência por parte do jogador antes de completar todas as metas. Por sua vez, o perfil $K1$ tem de longe

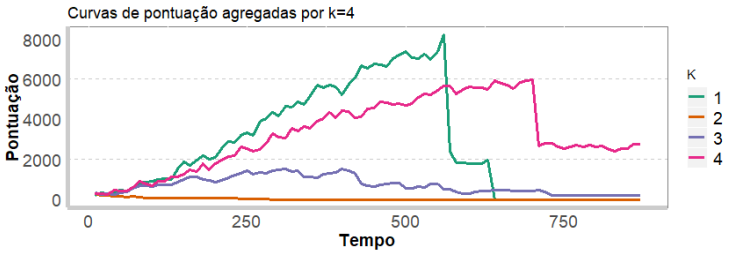

Figura 3. Gráfico de pontuação média ao longo do tempo para cada perfil identificado usando o método *k-means* para $k = 4$.

uma melhor relação pontuação/tempo, bem como uma porcentagem maior de metas realizadas. O alto número de predadores inseridos e alta taxa de plantas colhidas indica a adoção da melhor estratégia. Portanto, podemos concluir que o perfil $K1$ representa os participantes que jogaram bem o jogo, possuindo um melhor desempenho e mobilizando os conceitos do jogo.

Tabela 1. Estatísticas médias de jogo por perfil de jogador.

Perfil	Dur. *(s)*	Predadores inseridos	Metas	Pontos/ tempo	% plantas colhidas	% metas cumpridas
K1	576.75	24.00	8.31	14.84	0.84	0.95
K2	78.83	1.80	1.64	3.41	0.41	0.13
K3	490.61	16.77	6.72	4.15	0.80	0.73
K4	836.00	13.20	10.80	6.65	0.70	0.70

Pode observar que as sessões foram identificadas como aquelas que:

- Tiveram um bom desempenho no jogo, seguindo uma estratégia de sucesso ($K1$)
- Tiveram pouco engajamento com o jogo ($K2$)
- Tiveram um desempenho mediano e baixo engajamento ($K3$)
- Tiveram um desempenho ruim e alto engajamento ($K4$)

Uma análise comparativa dos resultados nas escalas *Atratividade* e *Estimulação* do *UEQ* de acordo com o perfil do jogador foi realizada. A Tabela 2 apresenta esses resultados. A resposta de cada item no *UEQ* é convertida numa escala de -3 (*concorda totalmente com o termo negativo*) a $+3$ (*concorda totalmente com o termo positivo*). Conforme mostrado na tabela, os participantes que jogaram bem apresentam o maior nível de *Atratividade* e *Estimulação*. Por sua vez, os participantes que jogaram mal apresentaram um nível menor.

Tabela 2. Correlação dos perfis com avaliação *UEQ*.

Perfil	Atratividade Média	Atratividade Desvio Padrão	Estimulação Média	Estimulação Desvio Padrão
K1	1,99	0,66	1,64	1,08
K2	1,21	1,46	0,82	1,43
K3	1,01	1,37	0,73	1,16
K4	1,36	1,59	1,10	1,30

Os valores médios gerais para as escalas de *Atratividade* e *Estimulação* são de 1.37 e 1.01 respectivamente. Desta forma, os resultados obtidos com os dados de proveniência confirmam que aqueles que jogaram bem apresentaram melhor impressão sobre o jogo, assim como maior diversão e motivação ao jogar. Com isto, vale destacar a importância do uso de dados de proveniência para uma análise detalhada do desempenho dos participantes. Através desta abordagem é possível identificar que o correto entendimento e mobilização dos conceitos propostos pelo jogo é essencial para a própria atratividade.

5. Conclusão

A avaliação do desempenho de jogadores em jogos educacionais é importante para verificar se determinado jogo auxilia o aluno a mobilizar algum conceito. Com uma abordagem orientada à proveniência é possível ter uma análise mais rica do desempenho dos jogadores, não focada apenas na pontuação final obtida. O uso da proveniência permite avaliar as estratégias adotadas pelos jogadores. Analisar os diferentes tipos de estratégias permite identificar o grupo de jogadores que mobilizaram os conceitos teóricos presentes no jogo educacional.

Neste artigo foi apresentada uma avaliação experimental com um jogo educacional chamado *Control Harvest* para avaliação do desempenho de 48 alunos do 1° ano do ensino médio-técnico de informática. Utilizando a análise por meio da proveniência, foi possível traçar quatro perfis de jogadores presentes na avaliação experimental, a saber: *(i)* participantes que perderam logo no início; *(ii)* participantes que não ficaram engajados na partida; *(iii)* participantes que jogaram sem ter mobilizado os conceitos teóricos; e *(iv)* participantes que mobilizaram os conceitos teóricos. Com esses perfis, foi possível separar as sessões de jogo e realizar uma análise específica para cada um dos grupos.

Além do uso da proveniência para avaliação do desempenho dos jogadores, foi analisada a atratividade do jogo por meio do questionário de usabilidade *UEQ*. As duas análises combinadas permitiram descobrir que os participantes que tiveram bom desempenho no jogo também avaliaram melhor o jogo quanto a atratividade e estimulação. Esses resultados indicam que a atratividade de um jogo está correlacionada ao melhor entendimento e mobilização dos conceitos propostos pelo jogo.

Um importante aspecto para os jogos educacionais é a mobilização dos conceitos teóricos. Para trabalhos futuros, visamos relacionar o desempenho dos jogadores com a atratividade percebida e a retenção dos conceitos. Assim, buscamos identificar se os jogadores que desempenharam bem no jogo e apontaram um maior nível de atratividade também são os jogadores que apresentam maior retenção dos conceitos com o uso da ferramenta.

Referências

Baluz, R., Teles, A., Fontenele, J. E., Moreira, R., Fialho, R., Azevedo, P., Sousa, D., Santos, F., Bastos, V. H., and Teixeira, S. (2022). Motor rehabilitation of upper limbs using a gesture-based serious game: Evaluation of usability and user experience. *Games for Health Journal*, 11(3):177–185. PMID: 35294849.

Belinda, N. M. A., Linawati, and Saputra, K. O. (2020). Ui/ux design of educational game for earthquake mitigation. In *WIECON-ECE 2020*, pages 70–73.

Cardoso, J., Caetano, D., Abreu, R., Quadros, J., Santos, J., Ogasawara, E., and Lignani, L. (2020). Supporting the Learning of Evolution Theory Using an Educational Simulator. *IEEE Transactions on Learning Technologies*, 13(2):417–424.

Clark, D. B., Tanner-Smith, E. E., and Killingsworth, S. S. (2016). Digital games, design, and learning: A systematic review and meta-analysis. *Review of Educational Research*, 86(1):79–122.

Dinimaharawati, A., Wuryandari, A. I., and Aziiz, H. A. (2018). Designing educational games on e-learning smanas based learning experience design. In *ISRITI 2018*, pages 265–270.

Esling, P. and Agon, C. (2012). Time-series data mining. *ACM Computing Surveys*, 45(1).

Gee, J. P. (2007). *What video games have to teach us about learning and literacy*. St. Martin's Griffin, New York, 2nd edition edition.

Hamari, J., Shernoff, D. J., Rowe, E., Coller, B., Asbell-Clarke, J., and Edwards, T. (2016). Challenging games help students learn: An empirical study on engagement, flow and immersion in game-based learning. *Computers in Human Behavior*, 54:170 – 179.

Han, J., Kamber, M., and Pei, J. (2012). *Data Mining: Concepts and Techniques*. Publication Title: Data Mining: Concepts and Techniques.

Juan, A., Loch, B., Daradoumis, T., and Ventura, S. (2017). Games and simulation in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 14.

Kohwalter, T. C., Clua, E. G. W., and Murta, L. G. P. (2013). Game Flux Analysis with Provenance. In Reidsma, D., Katayose, H., and Nijholt, A., editors, *Advances in Computer Entertainment*, pages 320–331, Cham. Springer International Publishing.

Laugwitz, B., Held, T., and Schrepp, M. (2008). Construction and evaluation of a user experience questionnaire. volume 5298, pages 63–76.

Melo, S., Kohwalter, T., Clua, E., Paes, A., and Murta, L. (2020). Player behavior profiling through provenance graphs and representation learning. In *FDG 2020*, pages 1–11.

Petri, G., Gresse von Wangenheim, C., and Borgatto, A. F. (2017). *MEEGA+, Systematic Model to Evaluate Educational Games*, pages 1–7. Springer International Publishing, Cham.

Plass, J. L., Mayer, R. E., and Homer, B. D. (2020). *Handbook of game-based learning*. Mit Press, Cambridge, 1st edition edition.

Schrepp, M., Hinderks, A., and Thomaschewski, J. (2017). Construction of a benchmark for the user experience questionnaire (ueq). *International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence*, 4:40–44.

Serrano-Laguna, A., Martínez-Ortiz, I., Haag, J., Regan, D., Johnson, A., and Fernández-Manjón, B. (2017). Applying standards to systematize learning analytics in serious games. *Computer Standards and Interfaces*, 50:116–123.

Tsopra, R., Courtine, M., Sedki, K., Eap, D., Cabal, M., Cohen, S., Bouchaud, O., Mechaï, F., and Lamy, J. . (2020). Antibiogame®: A serious game for teaching medical students about antibiotic use. *International journal of medical informatics*, 136.

Zairi, I., Ben Dhiab, M., Mzoughi, K., Mrad, I., and Kraiem, S. (2021). Assessing medical student satisfaction and interest with serious game. *La Tunisie medicale*, 99:1030–1035.