SIMULAÇÃO BASEADA EM AGENTES APLICADA EM UMA DISCIPLINA GAMIFICADA

Milena Silva de Oliveira
mile_4689@hotmail.com

Kelly Carla Dias Lobato
kcarladl@gmail.com

Gustavo Teodoro Gabriel
gustavo.teodoro.gabriel@gmail.com

Alexandre Ferreira de Pinho
pinho@unifei.edu.br

José Arnaldo Barra Montevechi
josearnaldomontevechi@gmail.com

Universidade Federal de Itajubá
Av. BPS, 1303, Bairro Pinheirinho, Itajubá – MG

RESUMO

A Simulação Baseada em Agentes (SBA) vem sendo utilizada para representar melhor a complexidade dos sistemas reais possibilitando representar a tomada de decisão dos agentes autônomos e inteligentes. Um campo ainda pouco explorado é a utilização da SBA no contexto do ensino, mais especificamente sobre o engajamento dos alunos em sala de aula. Diante disso, utilizando como base um estudo já realizado, o objetivo do artigo é empregar a SBA para compreender a atuação do trabalho em grupo no engajamento dos alunos do curso de Engenharia de Produção em uma disciplina gamificada, levando em consideração os traços de personalidades dos alunos. Para isso, foi desenvolvido um modelo de SBA no software AnyLogic®. Como resultado, o engajamento dos alunos nas atividades em grupo foi de 50%, mostrando que mesmo dobrando o número dessas atividades oferecidas aos alunos isso não foi proporcional ao engajamento deles na realização das atividades.

PALAVRAS CHAVE. Simulação Baseada em Agentes, Gamificação, Simulação no ensino.
Tópico Simulação Baseada em Agentes

ABSTRACT

Agent-based simulation (ABS) has been used to better represent the complexity of real systems, making it possible to represent the decision-making of autonomous and intelligent agents. One field that has not been explored yet is the use of the ABS in the context of teaching, specifically the engagement of students in the classroom. The objective of the article is to use the ABS to understand the performance of the group work in the engagement of the students of the Industrial Engineering course in a gamifield discipline, taking into account the personality traits of the students. For this, an ABS model was developed in AnyLogic® software. As a result, students's engagement in group activities was 50%, showing that even doubling the number of activities offered to students was not proportional to their engagement in the activities.

KEYWORDS. Agent-Based Simulation, Gamification, Simulation in Teaching.
Paper topic Agent-Based Simulation

1. Introdução

Segundo [Deterding et al. 2011] gamificação é o uso de elementos de jogos em um contexto fora de um game, e que apesar de recente, já possui aplicações em diversos campos do conhecimento como finanças, saúde, educação, sustentabilidade, entretenimentos, entre outros. Em relação a educação, a gamificação pode ter o potencial de aumentar a motivação do aluno. Porém, além do grande esforço que é necessário na sua concepção e implementação, alguns alunos podem não se sentirem suficientemente motivados a utilizar esta metodologia de ensino [Domínguez et al. 2013].

Neste sentido, a simulação é uma ferramenta que pode ser utilizada para a verificação do engajamento de alunos à prática da gamificação. Isso porque, segundo [Harrel et al. 2000] a simulação computacional pode ser definida como a representação virtual de um sistema da vida real por meio de um modelo, tornando possível avaliar os impactos de mudanças nestes sistemas, antes de fazê-las efetivamente.

Dois tipos clássicos de simulação são: Simulação a Eventos Discretos (SED) e Simulação Baseada em Agentes (SBA). A SED, devido suas características, não consegue, ou requer muito esforço computacional, para reproduzir a complexidades da tomada de decisões por parte das entidades do modelo [Dubiel e Tsimhoni 2005]. Já na Simulação Baseada em Agentes (SBA), as entidades simuladas, dada sua característica autônoma, conseguem responder e interagir com a condições do ambiente na qual estão inseridas [Macal 2016], sendo assim uma boa ferramenta para avaliar as respostas dos alunos à um ambiente de ensino gamificado. [Sanchez e Lucas 2002] afirmam que a simulação baseada em agentes (SBA) tem sido aplicada em diversas áreas como: ciências biológicas, sociais, processos industriais e militares.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi utilizar a SBA para compreender a atuação do trabalho em grupo no engajamento dos alunos do curso de Engenharia de Produção em uma disciplina gamificada, levando em consideração os traços de personalidades de cada um. Para isso, um modelo de SBA aplicado na sala de aula foi construído no software AnyLogic®, seguindo o passo a passo do protocolo ODD.

O presente artigo encontra-se estruturado em seis seções: fundamentação teórica, onde são apresentadas as principais discussões sobre os temas abordados no trabalho, o método de pesquisa adotado, a aplicação e a análise dos resultados, e por fim, a conclusão do trabalho.

2. Referencial teórico

2.1. Simulação Baseada em Agentes (SBA)

Segundo [Macal 2016], comparada com outras ferramentas de simulação, a SBA é capaz de representar melhor a complexidade dos sistemas reais. Os autores também afirmam que, além de ser possível fazer a implementação de fenômenos para verificar as implicações de uma teoria, com esta ferramenta é possível obter explicações causais de um processo modelado.

[Dubiel e Tsimhoni 2005] afirmam que a tradicional Simulação a Eventos Discretos (SED) possui limitações como: os movimentos e funções das entidades são muito genéricas, sendo difícil reproduzir um modelo próximo à realidade; dificuldade em fazer as entidades tomarem decisões a cada incremento no tempo de simulação, visto que para isso seria necessário colocar muitos pontos de decisão no modelo deixando-o pesado além de despender muito tempo para a programação; por fim, os pontos de decisão são definidos pelo analista do modelo e não de forma autônoma pelas entidades, assim, as decisões no modelo ficam dependentes da modelagem como o processo é feito pelo analista. Neste contexto, a SBA se mostra uma boa ferramenta para auxiliar a SED nestes pontos de dificuldades, uma vez que com a SBA é possível simular entidade (agentes) autônomas e inteligentes de forma mais simples para representar a complexidade de tomadas de decisões [Dubiel e Tsimhoni 2005].

De acordo com [Macal e North 2016], na SBA a perspectiva de modelagem é de baixo para cima, ao contrário dos outros métodos de modelagem. Assim, as propriedades do sistema vêm dos agentes e suas interações. Este tipo de modelagem e simulação apresenta quatro níveis de características dos agentes: os individuais, autônomos, interativos e adaptativos. Cada um,

respectivamente, aumenta o grau de complexidade do sistema simulado dada a sua capacidade de interação e aprendizagem do algoritmo utilizado, frente aos estímulos oferecidos no ambiente modelado.

2.2. Gamificação aplicada ao ensino

De acordo com [Hamari et at. 2014], a gamificação é uma técnica para engajamento e motivação do aluno. Já para [Hanus e Fox 2015], ao aplicar a gamificação na sala de aula, os alunos podem ser motivados a aprender de maneiras novas e/ou desfrutar de outra forma as tarefas tediosas. [Buckley e Doyle 2017] salientam que a gamificação está sendo cada vez mais usada como uma forma de aumentar o engajamento dos alunos, motivar e promover o aprendizado.

Muitas afirmações positivas vêm sendo apresentadas sobre o aspecto da gamificação na educação, pois proporciona maior motivação e engajamento [Denny 2013], [Su e Cheng 2015], [Seixas et al. 2016] e [Çakiroğlu et al. 2017] e permite uma maior autonomia em relação ao processo de aprendizagem [Kebritchi et al. 2010]. Muitos pesquisadores acreditam que a gamificação tem o potencial de ativar comportamentos desejáveis [Zichermann e Cunningham, 2011].

Porém, alguns estudos relatam resultados mistos sobre o uso de gamificação para a aprendizagem, como resultados positivos marginais em comparação com o investimento necessário para desenvolver sistemas de gamificação bem-sucedidos [O'Donovan et al., 2013] e [Mekler et al. 2013]. Como também, para [Fitz-Walter et al. 2017], apesar do prazer que um usuário pode obter dos elementos de jogo, integrar estes elementos ao contexto não-jogo nem sempre leva a uma mudança de comportamento.

3. Método

Foi utilizado neste trabalho o protocolo ODD (Overview, Design Concepts e Details), o qual foi desenvolvido para padronizar as diferentes variedades de modelos baseados em agentes [Grimm et al. 2006]. Este protocolo é formado por sete elementos que são divididos em três partes: a visão geral, os conceitos do projeto e os detalhes. A Figura 1 mostra os sete elementos que compõem o protocolo ODD.

	Elementos do Protocolo ODD
Visão geral	1.Proposta
	2.Entidades, variáveis de estado e escalas
	3. Visão geral do processo e programação
Conceitos do projeto	4.Conceitos do projeto: • Princípios básicos • Adaptação • Objetivos • Aprendizagem • Interação • Observação
Detalhes	5.Inicialização
	6.Dados de entrada
	7.Submodelos

Figura 1 – Protocolo ODD
Fonte: Adaptado [Grimm et al. 2006]

3.1. Visão geral

A visão geral consiste em três elementos (proposta; entidades, variáveis de estado e escalas e visão geral do processo e programação) os quais fornecem uma visão geral da finalidade e da estrutura do modelo [Grimm et al. 2006]. A proposta é uma declaração clara e concisa da questão ou problema abordado pelo modelo, que envolve qual o sistema que está sendo modelado e o que está se tentando aprender sobre ele.

As entidades são os objetos representados no modelo (outros agentes, ambiente, etc.). Já as variáveis de estado se referem às características das entidades do modelo (individual ou em grupo). Isto é, características como, idade, sexo, classe social, localização, entre outras [Grimm et al. 2006]. Por fim, existem dois tipos de escalas que podem ser temporais ou espaciais.

O terceiro elemento é a visão geral do processo e programação. Isto representa uma descrição conceitual de cada processo executados pelas entidades do modelo e seus efeitos dentro do ambiente simulado, dando uma visão geral concisa [Grimm et al. 2006]. Ou seja, nesta fase a estrutura do modelo é representada, os processos que mudam as variáveis de estado das entidades do modelo são definidos e a programação do modelo é definida (sequência de ações das entidades).

3.2. Conceitos do projeto

Nesta etapa, o modelo em si não é descrito, mas sim os conceitos gerais que estão por trás dele. Esses conceitos incluem o tipo de interação entre indivíduos, se os indivíduos consideram previsões sobre condições futuras, ou por que e como a estocasticidade pode ser considerada [Grimm et al. 2006]. Portanto, os conceitos do projeto fornecem um modo padronizado de pensar sobre características muito importantes dos agentes.

Esses conceitos podem ser divididos em: princípios básicos, adaptação (quais características adaptativas que os indivíduos do modelo possuem que podem melhorar seu potencial de aptidão, em resposta a mudanças em si mesmos ou em seu ambiente?), objetivos, aprendizagem, interação (quais os tipos de interação entre os indivíduos são adotadas?), observação, etc.

3.3. Detalhes

A terceira parte apresenta os detalhes que foram omitidos na visão geral. Nesta parte têm-se a inicialização, que são as condições iniciais atribuídas ao modelo (número de agentes criados e/ou os valores iniciais das suas variáveis de estado, valores iniciais das variáveis do ambiente, etc). Este elemento é importante para reimplementar o modelo de simulação baseada em agentes, e reproduzir os experimentos de simulação relatados [Grimm et al. 2006].

Os dados de entrada podem ser variáveis ambientais, tais como temperatura ou preço de mercado que mudam ao longo do tempo, sendo que esses dados iniciais devem ser informados para garantir a reprodutibilidade total do modelo [Grimm et al. 2006]. Por fim, os submodelos apresentam um detalhamento dos processos (quais são os parâmetros do modelo, suas dimensões e valores de referência? Como foram projetados ou escolhidos? Como foram parametrizados e então testados?)

4. Aplicação e Análise dos resultados

4.1. Proposta

O sistema modelado está presente no trabalho de [Oliveira 2019], o qual é representado por uma disciplina do curso de Engenharia de Produção que foi gamificada. Durante esta disciplina, foram oferecidas aos alunos diversas atividades bônus, ligadas ao conteúdo ministrado, que poderiam ser realizadas tanto em grupo quanto individualmente. Todas essas atividades eram de caráter voluntário, dando ao aluno a liberdade para escolher quais e quantas atividades realizar, sendo que elas também não compunham a nota para aprovação final. Como conclusão, observou-se que alunos que apresentavam um nível alto/médio alto para os traços de personalidade de consciência,

extroversão e abertura a novas experiências se engajaram mais na disciplina gamificada realizando a maioria das atividades.

Diante desta questão, com o objetivo de engajar mais alunos em uma disciplina gamificada, utilizou-se a simulação baseada em agentes para compreender a atuação do trabalho em grupo (taxa de convite) no engajamento dos outros alunos que não apresentavam um nível alto/médio alto para os traços de personalidade específicos. Isto é, entender a influência do número de atividades oferecidas aos alunos sobre o engajamento quando os estudantes intrinsicamente engajados convidam os outros alunos a desenvolverem trabalhos em grupo.

4.2. Entidades, variáveis de estado e escalas

As entidades (ou agentes) do modelo de simulação foram 80 alunos do quarto ano de Engenharia de Produção que cursaram uma disciplina gamificada. O ambiente simulado faz parte da área do ensino representada pelas atividades concedidas aos alunos para que eles colocassem em prática o que foi aprendido em sala de aula. As variáveis de estado das entidades são seus níveis (baixo – alto) para três traços de personalidade, as quais caracterizavam os alunos e os diferenciavam quanto ao seu engajamento na disciplina. A escala utilizada foi a temporal, contabilizada em semanas, pois se tratava de uma disciplina oferecida em um semestre de aulas correspondente a 13 semanas. Para a modelagem, foi utilizado o software de simulação AnyLogic®. A Figura 2 mostra o diagrama de estado do agente.

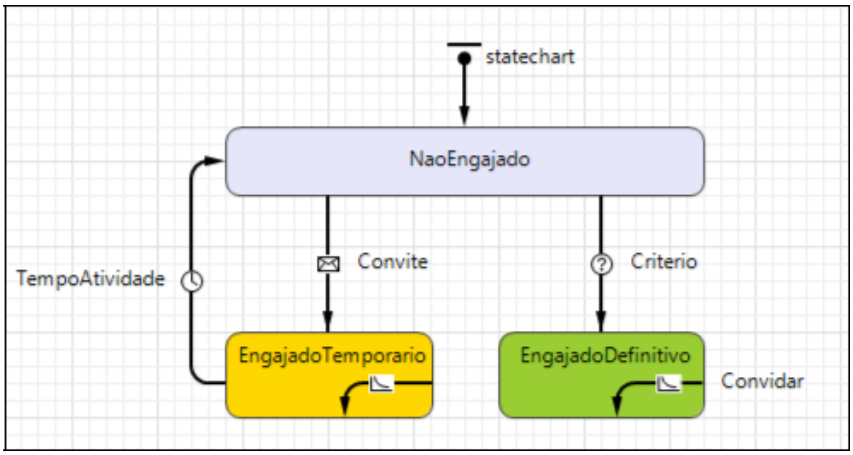


Figura 2 – Diagrama de estado do agente
Fonte: *Software* AnyLogic®

4.3. Visão geral do processo e programação

Com a análise da Figura 2, no início da programação o agente encontra-se no estado não engajado. Com o passar do tempo, após a liberação das atividades, aqueles alunos que apresentaram um nível alto/médio alto para os traços de personalidade (obedecem a um critério), passaram para o estado engajado definitivo e começaram a realizar as atividades. Estes alunos intrinsecamente engajados começam a convidar outros estudantes para realizar as atividades em grupo. Então, um convite semanal é enviado para todos os alunos, sendo que, ao receber o convite, o estudante pode ou não se tornar um aluno engajado temporário. Caso o estudante aceite o convite e realize o trabalho em grupo, após uma semana (Tempo atividade) ele retorna ao estado não engajado e fica disponível a novos convites. Porém, os alunos que são intrinsicamente engajados permanecem no estado "engajado definitivo" durante toda a simulação.

Caso os alunos não engajados intrinsicamente não aceitassem esse convite, os estudantes que estavam no estado engajado definitivo, poderiam realizar as atividades entre eles mesmos. Para representar essa atitude no modelo de simulação criou-se um parâmetro no ambiente chamado "MaxConvite" que significa uma taxa para convidar os alunos a realizar trabalhos em grupo, a qual foi programada para variar entre zero e um. Esta taxa de convite estava ligada ao número de atividades, ou seja, ao aumentar seu valor, significava no mundo real aumentar o número de atividades disponibilizadas aos estudantes. Com isso pôde-se medir se o aumento das atividades em grupo acarretaria em uma maior participação dos alunos.

Para se ter uma visão sobre a proporção de alunos engajados definitivo e temporário, introduziu-se na programação um gráfico do estado dos agentes. Desta forma, foi possível, durante a simulação, alterar o valor da taxa de convite e com isso observar o impacto dessa mudança no engajamento dos alunos. A Figura 3 mostra o gráfico de estado dos agentes.

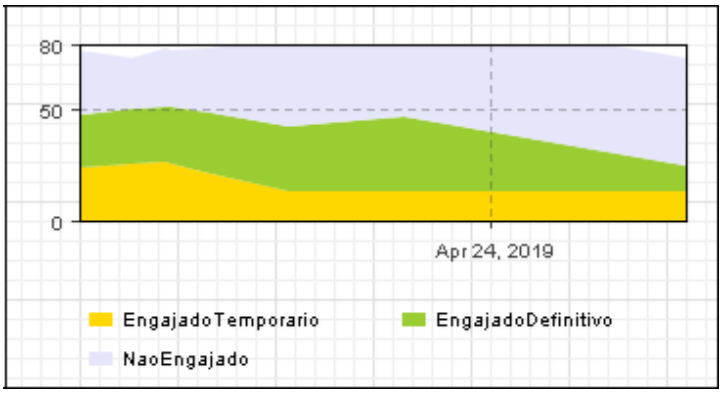


Figura 3 – Gráfico de estado dos agentes
Fonte: *Software* AnyLogic®

4.4. Conceitos do projeto

No trabalho utilizado como base [Oliveira 2019] para desenvolvimento da presente simulação baseada em agentes, foi aplicado no início das aulas um questionário aos alunos sobre seus traços de personalidade. Foram então selecionados os resultados de três traços principais e obteve-se a distribuição de probabilidade de cada um deles. Portanto, esses dados foram inseridos no modelo como parâmetros dos alunos, sendo que cada aluno apresenta um certo nível dessas características, as quais afetam seu engajamento nas atividades gamificadas. Na Tabela 1 vê-se os traços de personalidade e suas respectivas distribuições de probabilidade.

Tabela 1 – Parâmetros dos agentes

Traços de personalidade	**Distribuição de probabilidade**
Consciência	Normal (5,31; 1,33)
Extroversão	Normal (4,52; 1,60)
Abertura a novas experiências	Normal (5,14; 1,18)

Como os traços de personalidade citados na Tabela 1 são classificados em níveis, os alunos que apresentaram um nível alto/médio alto (maior ou igual a três) para as três características foram aqueles que se engajaram em todas as atividades (Engajado definitivo). Já os estudantes com um nível baixo/médio baixo (menor que três) nos três traços se engajaram nas atividades apenas temporariamente (Engajado temporário).

4.5. Inicialização

O modelo iniciou-se com 80 alunos, todos no estado não engajado. Foram inseridas as distribuições de probabilidade das características dos agentes e a taxa de aceite do convite (Max convite) foi de 50% inicialmente, podendo ser alterada durante a simulação. O tempo de simulação foi deixado livre para que as análises pudessem ser feitas.

4.6. Dados de entrada e Submodelos

Não foram utilizados nenhuma fonte de dados externa, apenas os dados do trabalho utilizado como base [Oliveira 2019]. Também não foram utilizados nenhum submodelo.

4.7 Análise dos resultados

Foram feitos dois experimentos para entender a influência do trabalho em grupo em uma disciplina gamificada. No primeiro teste feito, a taxa de convite foi de 50%, ou seja, 50% dos alunos poderiam aceitar o convite de realizar trabalhos em grupo. Já no segundo teste, a taxa de convite foi de 100%. Na prática, essa segunda situação significou aumentar o número de trabalhos em grupo disponibilizados durante a disciplina e entender a sua influência no engajamento dos alunos. A Figura 4 mostra o gráfico de estado para esses dois cenários.

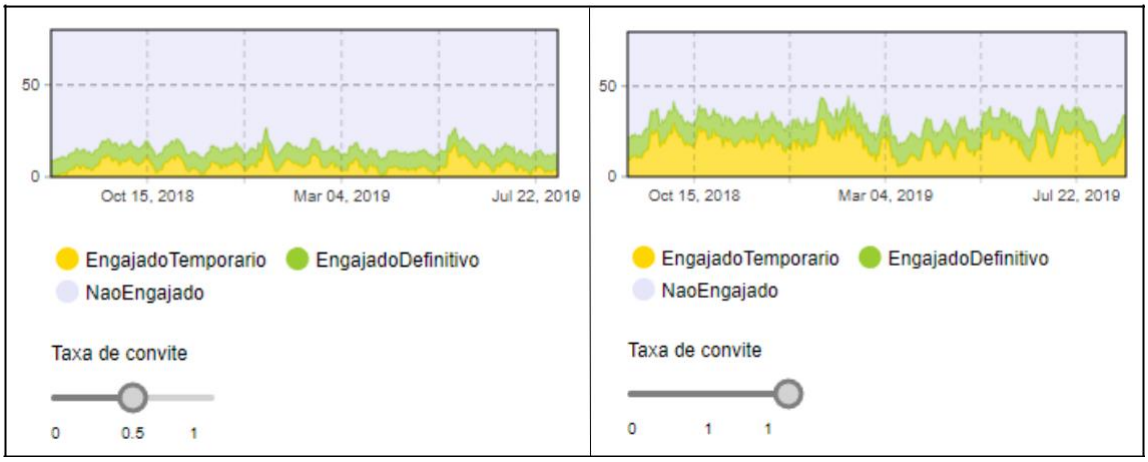


Figura 4 (a) Primeiro cenário e (b) Segundo cenário
Fonte: *Software* AnyLogic®

Na Figura 4 (a) observa-se que o engajamento da turma ficou em torno de 40%. Este resultado encontrado com a simulação foi coerente com o resultado observado na prática pela pesquisa utilizada como base para este trabalho. Sendo a porcentagem de engajamento total dos alunos de 40%, frente às atividades gamificadas não obrigatórias, isso mostra que o modelo de simulação confeccionado foi validado para a realização de outros testes.

Porém, no segundo cenário com o aumento do número de atividades em grupo, sendo necessários mais alunos para realização das atividades, será que todos os alunos se engajariam? Com o resultado visto na Figura 4 (b), vê-se que mesmo que o número de atividades em grupo ofertadas pelo professor fosse maior, isso não acarretaria em um engajamento geral da turma. O máximo registrado pela simulação foi um engajamento de 50% da turma. Ou seja, o aumento no número de exercícios em grupo não foi proporcional ao engajamento da classe.

5. Conclusões

O presente trabalho visou utilizar a simulação baseada em agentes para entender a influência do trabalho em grupo em uma disciplina gamificada. Sendo assim, foi utilizado como base o trabalho de [Oliveira 2019], a qual gamificou uma disciplina do quarto ano de Engenharia de Produção. Nesta disciplina foram oferecidas aos alunos atividades voluntárias para absorção do conteúdo ministrado e como resultado obteve-se um engajamento dos alunos em torno de 40% durante o período letivo. Como foi observado por [Oliveira 2019], existia uma porcentagem fixa de alunos que sempre faziam as atividades e foi constatado que este engajamento intrínseco estava ligado a traços de personalidade específicos.

A utilização da simulação baseada em agentes foi empregada para simular o comportamento dos alunos a medida que o número de atividades em grupo fosse aumentando. Com isso objetivou-se entender se o engajamento dos alunos poderia aumentar quanto mais atividades fossem disponibilizadas pelo professor.

Para isso foram confeccionados dois cenários de teste variando a taxa de convite. O primeiro teste foi validado como cenário base, validando os resultados do modelo simulado com o ambiente real. Isto é, a disciplina gamificada com a quantidade de atividades oferecidas aos alunos foi capaz de engajar aproximadamente 40% da turma. A partir disto, foi feito o segundo cenário no qual foi possível concluir que, mesmo em um ambiente gamificado, o aumento de atividades não foi proporcional ao engajamento dos alunos em sala de aula. Ou seja, o resultado obtido neste segundo teste foi um engajamento de 50% da turma.

Portanto, mesmo dobrando o número de atividades em grupo oferecidas aos alunos isso seria capaz de engajar apenas 10% deles. Sendo assim, em ambientes gamificados que utilizam o trabalho em grupo de forma voluntária, devem ser estudadas outras técnicas para conseguir um aumento no engajamento dos alunos em sala de aula.

Por fim, para trabalhos futuros, sugere-se uma maior investigação sobre a utilização da simulação baseada em agentes em um contexto envolvendo alunos como forma de entender a influência de outros fatores sobre o engajamento deles.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), pelo apoio financeiro concedido a diversos projetos que subsidiaram o desenvolvimento deste trabalho.

Referências

Buckley, P.; Doyle, E. (2017). Individualising gamification: An investigation of the impact of learning styles and personality traits on the efficacy of gamification using a prediction market. *Computers & Education*, v. 106, p. 43-55.

Denny, P. (2013). The effect of virtual achievements on student engagement. In: *Proceedings of the SIGCHI conference on human factors in computing systems*. ACM. p. 763-772.

Deterding, S., Dixon, D., Khaled, R., Nacke, L. (2011). From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification". In P*roceedings of the 2011 Academic MindTrec Conference*, p. 9–15.

Domínguez, A., Saenz-de-Navarrete, J., de-Marcos, L., Fernández-Sanz, L., Pagés, C., Martínez-Herráiz, J. (2013). Gamifying learning experiences: Practical implications and outcomes. *Computers & Education*, 63:380-392.

Dubiel, B. e Tsimhoni, O. (2005). Integrating Agent Based Modeling Into A Discrete Event Simulation. In *Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference*, p. 1029–1037.

Fitz-Walter, Z. et al. (2017) Driven to drive? Investigating the effect of gamification on learner driver behavior, perceived motivation and user experience. *Computers in Human Behavior*, v. 71, p. 586-595.

Grimm, V. et al. (2006). A standard protocol for describing individual-based and agent-based models. *Ecological modelling*, 198(1-2), 115-126.

Hamari, J.; Koivisto, J.; Sarsa, H. (2014). Does gamification work? a literature review of empirical studies on gamification. 2014 47th *Hawaii international conference on system sciences* (HICSS). IEEE. p. 3025-3034.

Hanus, M. D.; Fox, J. (2015). Assessing the effects of gamification in the classroom: A longitudinal study on intrinsic motivation, social comparison, satisfaction, effort, and academic performance. *Computers & Education*, v. 80, p. 152-161.

Harrell, C., Ghosh, B. K., Bowden, R. (2000). *Simulation Using Promodel*. 3. ed., Boston: McGraw-Hill.

Kebritchi, M.; Hirumi, A.; Bai, H. (2010). The effects of modern mathematics computer games on mathematics achievement and class motivation. Computers & Education, v. 55, n. 2, p. 427-443. Macal, C. M (2016). Everything you need to know about agent-based modelling and simulation. *Journal of Simulation*, 10:144-156.

Mekler, E. D. et al. (2013). Do points, levels and leaderboards harm intrinsic motivation?: an empirical analysis of common gamification elements. *Proceedings of the First International Conference on gameful design, research, and applications*. ACM. p. 66-73.

O'Donovan, S.; Gain, J.; Marais, P. (2013). A case study in the gamification of a university-level games development course. *Proceedings of the South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists Conference*. ACM. p. 242-251.

Oliveira, M. S. (2019). Análise dos resultados da gamificação de uma disciplina de engenharia com relação aos perfis dos alunos. Dissertação (Engenharia de produção) – UNIFEI. Itajubá.

Sanchez, S. M e Lucas, T. W. (2002). Exploring The World Of Agent-Based Simulations: Simple Models. Complex Analyses. In Proceedings of the 2002 *Winter Simulation Conference*, p. 116– 126.

Seixas, L. R.; Gomes, A. S.; Melo, I. J. (2016). Effectiveness of gamification in the engagement of students. *Computers in Human Behavior*, v. 58, p. 48-63.

Su, C.-H.; Cheng, C.-H. (2015). *A mobile gamification learning system for improving the learning motivation and achievements*. Journal of Computer Assisted Learning, v. 31, n. 3, p. 268-286. Zichermann, G.; Cunningham, C. (2011). Gamification by design: Implementing game mechanics in web and mobile apps. " O'Reilly Media, Inc.".

Çakiroğlu, Ü. et al. (2017). Gamifying an ICT course: Influences on engagement and academic performance. *Computers in human behavior*, v. 69, p. 98-107.