

Simplification Game: Um Jogo Educativo para Ensino de Simplificação de Gramática Livre de Contexto

Eduardo Felipe Ribeiro ¹, Maurilio Martins Campano Junior ¹, Alan Salvany Felinto ², Linnyer Beatrys Ruiz Aylon ¹

¹Grupo de Pesquisa Manna - Jogos
Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PCC)
Departamento de Informática (DIN)
Universidade Estadual de Maringá (UEM)
Maringá - PR - Brazil

²Universidade Estadual de Londrina (UEL)
Departamento de Computação
Londrina - PR - Brazil

ra99571@uem.br, maurilio.campanojr@gmail.com, alan@uel.br,
linnyer@uem.br

Abstract. *The use of educational games has been growing more and more, being used as a way to engage and motivate students of all age groups. In Computer Science, the sub-area of Formal Languages and Automata can be considered deficient in relation to the games that approach its concepts. Thus, this work aims to present the design and characteristics of the Simplification Game, a game aimed at teaching context-free grammar simplification, which, according to the initial evaluation, obtained good results among students.*

Keywords: *educational games, formal language and automata, context-free language simplification*

Resumo. *O uso de jogos educativos vem crescendo cada vez mais, sendo utilizados como forma de engajar e motivar alunos de todas as faixas etárias. Na Ciência da Computação, a sub-área de Linguagens Formais e Autômatos pode ser considerada deficiente em relação aos jogos que abordam seus conceitos. Assim, este trabalho tem como objetivo apresentar o projeto e características do Simplification Game, um jogo voltado para ensino de simplificação de gramática livre de contexto, que conforme a avaliação inicial obteve bons resultados entre alunos.*

Palavras-chave: *jogos educativos, linguagens formais e autômatos, simplificação de gramática livre de contexto*

1. Introdução

Jogos educativos são voltados para auxiliar o processo de ensino e aprendizagem, motivando os alunos na resolução de problemas, favorecendo o pensamento estratégico por meio de *feedback* e respostas às ações efetuadas no jogo [Abt 1987] [Grübel and Bez 2006]. Além disso ao jogar, o jogador tem uma experiência significativa que estimula criatividade vivenciando uma situação de diferentes modos [Dörner et al. 2016]

Os jogos também tem a capacidade de motivar e divertir o jogador, que torna o aprendizado mais fácil e aumentando a capacidade de retenção do aluno [Moratori 2003].

Uma das áreas na qual os jogos educativos podem ser explorados é a Ciência da Computação, sendo também considerada uma área com grande quantidade de jogos [Pietruchinski et al. 2012].

Ainda na Computação a sub-área de Linguagens Formais e Autômatos tem poucos exemplos de jogos comparadas com outras áreas como Engenharia de Software, programação e pensamento computacional [Battistella and von Wangenheim 2016], assim este trabalho tem como objetivo apresentar o projeto e desenvolvimento de um jogo voltado para o ensino de Simplificação de Gramática Livre de Contexto, bem como dos resultados iniciais de sua avaliação com base em Coutinho (2017) e Campano Junior et al. (2020).

2. Fundamentação teórica e trabalhos relacionados

A última década impulsionou o uso dos jogos educativos, sendo cada vez mais aplicado nas mais diversas áreas do conhecimento. A ideia de um jogo educativo é motivar e engajar o jogador, fazendo com que esse aprenda por meio de suas ações e julgamentos, em meio aos *feedbacks* que o jogo fornece [Garris et al. 2017].

Becker (2021) ressalta que um jogo educativo difere de um jogo voltado ao entretenimento, uma vez que em um educativo a principal questão que o jogo deve estabelecer é comunicar o conteúdo ao jogador, enquanto que nos jogos tradicionais são voltados exclusivamente para diversão. Outro ponto ressaltado por Becker é que a própria motivação do jogo é diferente, sendo que nos jogos educativos o foco é ensinar, enquanto que os outros focam no próprio jogo ou em recompensas geradas no mesmo.

Entre os jogos educativos na Computação, em específico a sub-área de Linguagens Formais e Autômatos, em sua maioria envolvem os mecanismos reconhecedores das linguagens formais, entre eles o Autômato Finito Determinístico (AFD), Autômato Finito Não-Determinístico (AFND), Autômato com Pilha (AP) e Máquina de Turing [Binsfeld et al. 2009], [Silva et al. 2010], [Vieira and Sarinho 2019a], [Leite et al. 2014], [Vieira and Sarinho 2019b], [Souza et al. 2021], [Carvalho et al. 2021] e [Tomizawa and Campano Junior 2021], enquanto que somente um jogo foi encontrado referente aos mecanismos geradores de linguagens formais, no caso referente à Gramática Regulares [Garozzi et al. 2021].

O *Automata Defense* [Binsfeld et al. 2009, Silva et al. 2010] é um jogo no estilo *Tower Defense* na qual o jogador deve construir as torres e defender seu território, no entanto, a construção das torres é feita por meio de uma interface para criar autômatos (AFD, AFND e AP), para linguagens formais. As torres devem ser criadas para matar os inimigos, que são as palavras de uma linguagem formal, assim cada torre somente pode matar os inimigos específicos da sua linguagem. O jogo conta ainda com um gerenciamento de recursos, na qual o jogador deve utilizar o dinheiro na construção do autômato, visando construir um autômato mínimo para economizar dinheiro a cada construção de uma torre.

O Máquina das Senhas [Vieira and Sarinho 2019b] ou *AutomataMind* [Vieira and Sarinho 2019a] proposto por Vieira e Sarinho é um jogo na qual um

autômato é mostrado na tela, e o jogador deve descobrir uma palavra que pertence à linguagem reconhecida pelo autômato, recebendo um *feedback* negativo ou positivo de acordo com a sua resposta. O Máquina das Senhas também foi implementado como uma versão integrada de *hardware* e *software*, simulando a descoberta de uma senha, para cada um dos autômatos apresentados nas fases do jogo [Silva and Sarinho 2021].

Souza et al. (2021) em seu trabalho apresenta uma proposta de jogo para Autômatos Finitos Determinísticos. O jogo apresenta uma narrativa na qual naufragos estão perdidos em ilhas, e devem utilizar e compartilhar os recursos disponíveis para construir uma embarcação e escapar da ilha. A narrativa do jogo é associada a um AFD, na qual os recursos representam os símbolos do alfabeto, as ilhas representam os estados de um autômato, e o transporte de um recurso de uma ilha para outra representa as transições entre um estado e outro. Já o estado inicial é representado por uma ilha em específico na qual o jogador inicia a resolução do problema, e o estado final é a ilha na qual a embarcação é construída. O jogo é dividido em um nível crescente de dificuldade, indicando ao jogador um *feedback* positivo ou negativo, a cada tentativa de solução.

Similar à ideia do *CastAways*, o *A Factory Disaster* [Carvalho et al. 2021] é ambientado em um cenário futurístico, na qual o personagem deve encontrar os recursos em cada uma das plataformas para passar de fase, sendo que cada fase é representado por uma linguagem regular.

Tomizawa e Campano Junior (2021) apresentam o jogo *Automata Toy Factory* para ensino de Autômato com Pilha. O jogo é ambientado em uma indústria de brinquedos, na qual o jogador deve controlar a produção de brinquedos de acordo com as promoções, e estas estão relacionadas às linguagens livres de contexto, como por exemplo, na compra de um robô ganha um barco de brinde, associando os brinquedos à linguagem $L = \{a^n b^m / n > 0\}$.

Diferente dos jogos anteriores que trabalham conceitos de linguagens formais e autômatos, Garozi et al. (2021) apresenta o Labirinto GRamágico, um jogo para ensinar conceitos de Gramática Regulares. No jogo o personagem deve recitar feitiços para liberar a abertura de portas visando escapar de um labirinto. Cada feitiço é relacionado a uma linguagem regular e apresenta diversos níveis de dificuldade. O jogo apresenta ainda um sistema de pontuação baseado na resolução dos problemas, apresentando fases bônus quando o jogador consegue atingir um alto nível de acerto.

3. Projeto do Jogo *Simplification Game*

O *Simplification Game* é um jogo do tipo puzzle, na qual o jogador deve resolver missões relacionadas ao tema, oferecendo recompensas rápidas e diretas para o jogador. O objetivo do jogo é realizar a Simplificação de uma Gramática Livre de Contexto (GLC), eliminando as regras de produções vazias, as unitárias e inúteis. A resolução deve ser feita em um tempo mínimo e evitando gerar erros em cada passo da simplificação.

O projeto do jogo foi voltado a uma interface simples e intuitiva, com mecânicas de arrastar e soltar, focando nas etapas da simplificação. Além disso, no projeto das fases foi utilizado a estratégia de dividir e conquistar, fazendo com que o processo de simplificação ocorra em etapas simples e atômicas.

O jogo foi desenvolvido utilizando a plataforma de desenvolvimento Unity (2022)

devido à facilidade de uso e o equilíbrio entre simplificação e eficiência [Haas 2014], além de todo o suporte a criação de jogos 2D e ferramentas que facilitam a modelagem da interface e mudanças de cenas no jogo.

Os elementos gráficos e sonoros foram obtidos na própria Unity (2022), em sua loja de recursos Unity Asset Store [Store 2022] e no Open Game Art [Art 2022], sendo todos os recursos de uso público e gratuito.

O jogo foi projetado com 6 fases distintas na qual cada fase representa a simplificação de uma GLC diferente e estas gramáticas foram elaboradas em conjunto com um professor da disciplina de LFA, visando ter um nível crescente de dificuldade. Além disso, o projeto e desenvolvimento das fases no jogo teve como objetivo a reutilização de componentes, visando facilitar a inserção de novas fases.

A descrição formal de cada uma das gramáticas das fases pode ser vista na Tabela 1, sendo que para todas as gramáticas o símbolo de partida é o “S”.

Tabela 1 - Gramática Livre de Contexto das fases do Jogo *Simplification Game*

Fase	Variáveis	Terminais	Regras de Produções
1	S, A, B	a, b	$S \rightarrow A \mid B$ $A \rightarrow Aa \mid \lambda$ $B \rightarrow bB \mid \lambda$
2	S, A, B	a, c, d	$S \rightarrow A \mid aAd \mid \lambda$ $A \rightarrow Bc \mid c$ $B \rightarrow SS \mid Ac$
3	S, A, B, C, D	a, b	$S \rightarrow aS \mid A \mid C$ $A \rightarrow a$ $B \rightarrow aaD$ $C \rightarrow aCD$ $D \rightarrow bD \mid \lambda$
4	S, A, B, C	a, b, c	$S \rightarrow SCB \mid AB$ $A \rightarrow C \mid aA$ $B \rightarrow b \mid bB$ $C \rightarrow cC \mid \lambda$
5	S, A, B, C, D, E	a, b, c	$S \rightarrow abABC$ $A \rightarrow aaA \mid \lambda$ $B \rightarrow C$ $C \rightarrow c \mid cC \mid cDc$ $D \rightarrow cD$ $E \rightarrow ab$
6	S, X, Y, Z	a, b, u, v	$S \rightarrow XYZ$ $X \rightarrow AXA \mid BXB \mid Z \mid \lambda$ $Y \rightarrow AYB \mid BXB \mid Z \mid \lambda$ $Z \rightarrow Zu \mid Zv \mid \lambda$

A próxima seção apresenta os detalhes do jogo em sua primeira versão, além das características relacionadas a jogabilidade do jogo.

4. O Jogo

Ao iniciar o jogo são apresentadas algumas telas explicativas sobre Gramáticas Livres de Contexto, suas aplicações e conceitos, tal como mostrado na Figura 1.

Na sequência, um menu de opções é exibido para o jogador, na qual esse tem a possibilidade de iniciar o jogo, ver as instruções de como jogar, alterar configurações de som e música, habilitar ou desabilitar os tutoriais e sair.

Ao selecionar a opção de iniciar o jogo, outro menu com as opções de fases disponíveis para escolher é apresentado, sendo que em um primeiro momento, somente a primeira fase está disponível e as demais fases são liberadas quando a anterior é finalizada corretamente.

Neste ponto, cada fase apresenta detalhes relevantes para realizar uma etapa da simplificação, no entanto, em todas as fases o jogador pode visualizar os seguintes elementos na tela do jogo (descrito na Figura 1):

- o tempo restante da fase (canto superior direito);
- número de vidas restantes (canto superior esquerdo);
- parte e etapa atual (parte superior ao centro);
- um botão que abre o tutorial para a etapa atual (canto inferior direito); e
- instrução de como pausar o jogo (parte inferior ao centro).

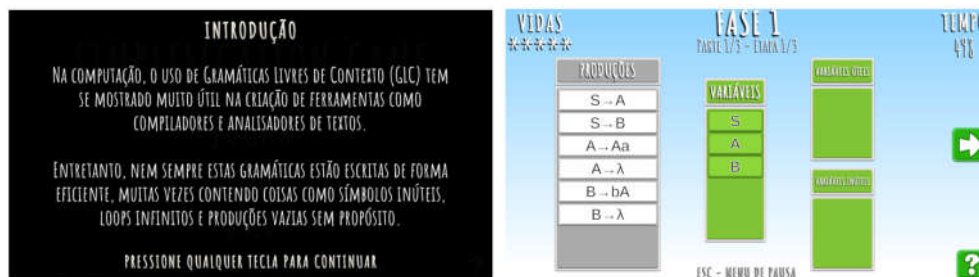


Figura 1 - Tutorial inicial do jogo *Simplification Game*

Ao realizar as operações para simplificar a gramática, caso o jogador cometa um erro uma janela é exibida informando-o do erro, e caso o mesmo tente prosseguir de fase sem finalizar a etapa, o jogador perde uma vida. Em ambos os casos, avisos sonoros diferentes são utilizados como *feedback* ao jogador.

Quando o jogador perder suas 5 vidas ou o tempo para resolução da fase se esgotar, uma tela de derrota é mostrada e o jogador pode tentar novamente ou retornar ao menu principal.

Em cada uma das etapas um tutorial é exibido ao iniciar, tal como mostra a Figura 2. Além disso, em etapas mais avançadas do jogo, um exemplo de simplificação de gramática pode ser mostrado visando facilitar o entendimento do usuário.



Figura 2 - Tutorial inicial de uma da etapa 1 da primeira fase do jogo *Simplification Game*

Em algumas etapas o jogador deve arrastar blocos com variáveis para um contêiner indicando que a variável é inútil ou que a regra de produção gera a palavra vazia. Em outras etapas é solicitado ao usuário que insira uma regra de produção gerada a partir de uma produção vazia. Estes exemplos podem ser vistos na Figura 3.

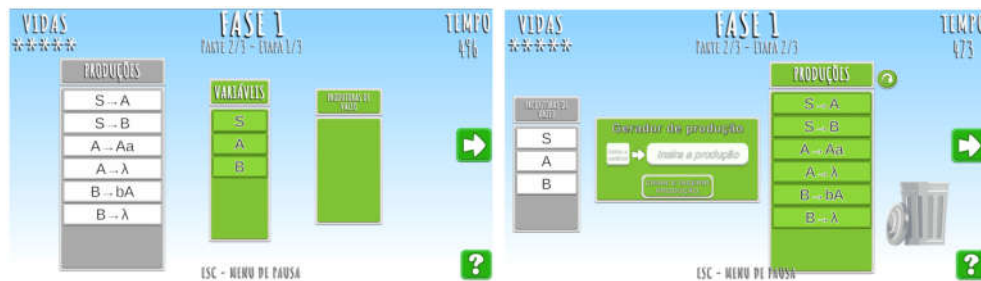


Figura 3 - Mecânicas do jogo *Simplification Game*

Ao realizar a simplificação corretamente em cada fase é exibida uma tela, conforme Figura 4 e o jogador passa para a próxima fase, aumentando o nível de dificuldade das fases.

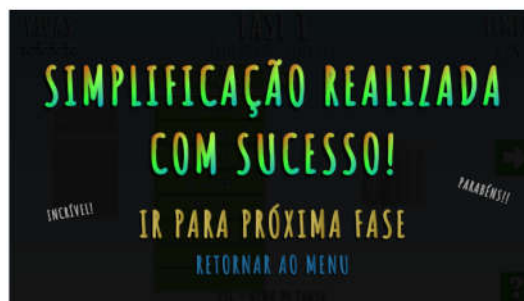


Figura 4 - Tela de vitória de uma fase do jogo *Simplification Game*

5. Avaliação do Jogo

Como forma de avaliar a efetividade do jogo, duas metodologias de avaliação foram utilizadas, a proposta por Coutinho (2017) e a proposta por Campano Junior et al. (2020).

Coutinho utiliza o IAQJEd (Instrumento de Avaliação da Qualidade de Jogos Educativos) composto por 18 questões divididas em três dimensões: experiência do usuário, usabilidade e princípios de aprendizagem.

Já o modelo de Campano Junior et al. apresenta 14 questões relacionando os elementos do jogo (narrativa, feedback, mecânica, desafios, etc) com as teorias de aprendizagem.

Além das 32 questões dos modelos descritos acima, uma questão geral sobre a avaliação do jogo foi adicionada, e uma questão para sugestões, comentários e críticas, totalizando assim 33 questões com atribuição de nota de 1 a 5, conforme escala *Likert* e uma questão aberta. O jogo foi testado com 54 alunos de Engenharia de Software, na qual todos já haviam cursado a disciplina de LFA.

Com relação à avaliação baseada no IAQJEd [Coutinho 2017], a média de cada uma das dimensões pode ser vista na Figura 5, na qual é possível observar que a usabilidade foi a dimensão melhor avaliada, seguida dos princípios de aprendizagem e por último a experiência do usuário.

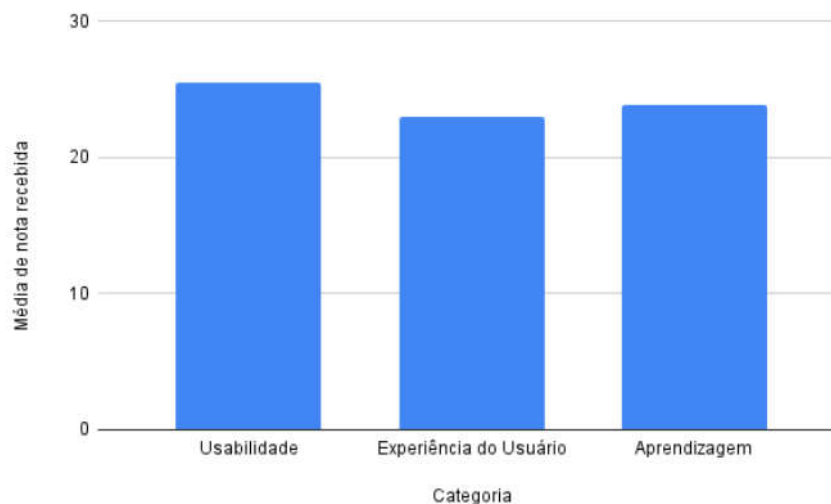


Figura 5 - Resultados da avaliação do jogo *Simplification Game* com base no IAQJEd de Coutinho (2017)

Analisando as médias das três dimensões, o jogo contabiliza um total de 72 pontos, o que conforme Coutinho (2017) classifica o jogo como “Boa qualidade para finalidade educativa”.

Na avaliação da usabilidade, que alcançou média de 25 pontos, merece destaque as questões que abordaram a qualidade dos tutoriais apresentados e os desafios apresentados no jogo, enquanto que as avaliações que abordaram a interatividade dos menus e a jogabilidade obtiveram notas menores.

Já em relação à experiência do usuário (média de 23 pontos), questões relacionadas a experiência estética agradável e progressão de níveis desafiadora foram as mais bem avaliadas, enquanto que a avaliação da narrativa obteve as menores notas. Esta nota baixa da narrativa pode ser analisada na forma que o jogo apresenta mecânica de “arrasta e solta” para facilitar o aprendizado, inserida em um contexto de um jogo educativo.

Por fim, a avaliação dos princípios de aprendizagem, avaliado em média com 24 pontos, os pontos mais bem avaliados foram os desafios que o jogo proporcionam em conjunto com os *feedbacks* e a intuitividade em relação à sua jogabilidade. Já a questão que relaciona a interação do jogo aliada aos desejos e fantasias do jogador obteve a menor nota, fator esse que também pode ser observado uma vez que o jogo não tem uma história na qual o jogador pode se envolver com o seu personagem.

Na avaliação baseada em Campano Junior et al. (2020), o resultado das avaliações de cada um dos componentes do jogo pode ser visualizado na Figura 6

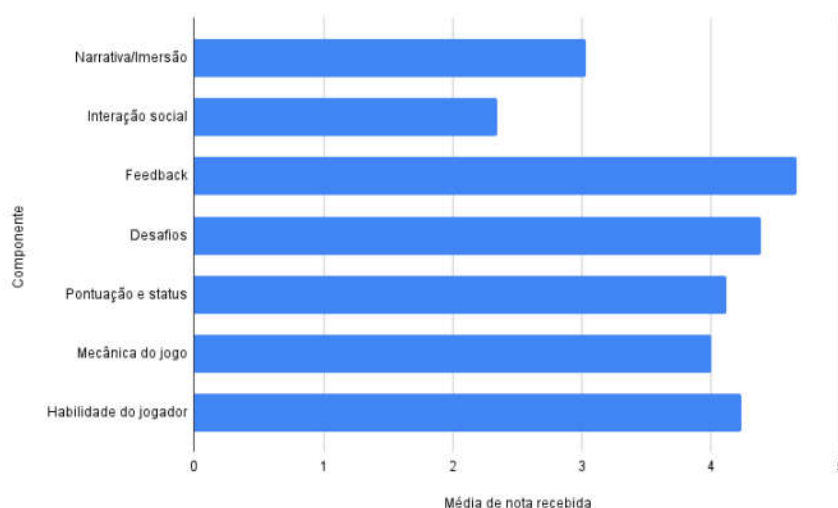


Figura 6 - Resultados da avaliação do jogo *Simplification Game* baseada nos Componentes dos Jogos e das Teorias de Aprendizagem de Campano Junior et al. (2020)

Entre os componentes avaliados baseados em Campano Junior et al. (2020), merecem destaques as notas relacionadas ao feedback (4.7), desafios (4.4), pontuação e status (4.1), habilidade do jogador (4.1) e mecânica do jogo (4.0), que validam a importância dos tutoriais e mensagens de respostas ao jogador, o nível crescente de dificuldade e a facilidade de aprendizado das mecânicas do jogo, bem como a evolução das habilidades do jogador.

Por outro lado, narrativa e interação social foram os componentes com menores avaliações, 3.0 e 2.3 respectivamente. Conforme observado também na avaliação com o IAQJEd, a narrativa não foi o foco do jogo e sim a mecânica e a facilidade de aprender os conceitos do jogo, enquanto que a avaliação da interação social pode ser vista como uma nota baixa pois o jogo não oferece opções *multiplayer* ou competitividade entre jogadores.

6. Conclusões e Trabalhos Futuros

O uso de jogos na educação tem se mostrado eficaz nos mais diversos ambientes, motivando pessoas a se engajarem com o aprendizado. Na área da computação, alunos têm dificuldades em aprender os conceitos ensinados na disciplina de Linguagens Formais e Autômatos. O uso de jogos educativos pode mudar essa realidade, tornando o aprendizado mais divertido e motivador.

O jogo Simplification Game apresentado neste trabalho visa explorar a falta de jogos na área e contribuir para o aprendizado de matérias teóricas da Computação. A avaliação prévia do jogo indicou bons elementos em relação à usabilidade, desafios e *feedback*, no entanto elementos como narrativa e interação social ainda podem ser melhor explorados.

Como trabalhos futuros, a ideia é possibilitar a inserção de fases pelo professor, bem como da elaboração de uma narrativa visando aumentar o aspecto lúdico do jogo. Outro ponto a ser desenvolvido em trabalhos futuros é o sistema de pontuação, com o objetivo de obter uma competitividade entre os jogadores por meio de um *ranking* das resoluções de cada fase.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Bolsista do CNPq - Brasil (311685/2017-0) e da Fundação Araucária (17.633.124-0).

Referências

- Abt, C. C. (1987). *Serious games*. University press of America.
- Art, O. G. (2022). Opengameart.org. Acessado em junho de 2022.
- Battistella, P. E. and von Wangenheim, C. G. (2016). Games for teaching computing in higher education – a systematic review. In *IEEE Technology and Engineering Education*, volume 1, pages 8–30.
- Becker, K. (2021). What’s the difference between gamification, serious games, educational games, and game-based learning. *Academia Letters*, 209.
- Binsfeld, R. L., Watanabe, R., Silva, R. C., and Carelli, I. M. (2009). Alunos como designers: relato de experiência para aprendizagem de linguagens formais e autômatos. In *VIII Brazilian Symposium on Games and Digital Entertainment*, pages 21–24.
- Campano Junior, M. M., de Souza, H. C., and Felinto, A. S. (2020). Avaliação pedagógica com base na união dos componentes dos jogos educacionais e das teorias de aprendizagem. In *Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Games - SBGames - Education Track*, pages 551–558. SBC.
- Carvalho, F. E. A., Campano Junior, M. M., and Costa, Y. M. G. (2021). Jogos educativos no ensino de autômato finito determinístico: Um estudo de caso com o jogo *A Factory Disaster*. In *Proceedings of XX SBGames - Simpósio Brasileiro de Jogos de Computador e Entretenimento Digital - Education Track*.

- Coutinho, I. D. J. (2017). Avaliação da qualidade de jogos digitais educativos: trajetórias no desenvolvimento de um instrumento avaliativo. *Tese (Doutorado) - Universidade do Estado da Bahia*.
- Dörner, R., Göbel, S., Effelsberg, W., and Wiemeyer, J. (2016). *Serious games*. Springer.
- Garozzi, P. H. T. P., Campano Junior, M. M., and Costa, Y. M. G. (2021). Labirinto gramático: Um jogo educativo para o ensino de gramáticas regulares. In *Proceedings of XX SBGames - Simpósio Brasileiro de Jogos de Computador e Entretenimento Digital - Education Track*.
- Garris, R., Ahlers, R., and Driskell, J. E. (2017). Games, motivation, and learning: A research and practice model. In *Simulation in Aviation Training*, pages 475–501. Routledge.
- Grübel, J. M. and Bez, M. R. (2006). Jogos educativos. *Renote*, 4(2).
- Haas, J. K. (2014). A history of the unity game engine. *Diss. WORCESTER POLYTECHNIC INSTITUTE*, 483:484.
- Leite, L. S., Sibaldo, M. A. A., Carvalho, T. B. A. d., and Souza, R. d. (2014). Montanha de chomsky: jogo tutor para auxílio no ensino de teoria da computação. In *Anais do XXII Workshop sobre Educação em Computação*, pages 1364–1373.
- Moratori, P. B. (2003). Por que utilizar jogos educativos no processo de ensino aprendizagem. *UFRJ. Rio de Janeiro*, 4.
- Pietruchinski, M., Neto, J. C., Malucelli, A., and Reinehr, S. (2012). Os jogos educativos no contexto do sbie: uma revisão sistemática de literatura. *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação - SBIE)*, 1(1).
- Silva, I. G. C. C. and Sarinho, V. (2021). *AutomataEscape*: Uma proposta de jogo *Hardware/Software* de apoio a aprendizagem de aspectos teóricos da computação. In *Proceedings of XX SBGames - Simpósio Brasileiro de Jogos de Computador e Entretenimento Digital - Education Track*.
- Silva, R. C., Binsfeld, R. L., Carelli, I. M., and Watanabe, R. (2010). Automata defense 2.0: reedição de um jogo educacional para apoio em linguagens formais e autômatos. In *Brazilian Symposium on Computers in Education (Simpósio Brasileiro de Informática na Educação-SBIE)*, volume 1.
- Souza, H. C., Campano Junior, M. M., and Felinto, A. S. (2021). Inclusão das avaliações formativa e somativa no processo de desenvolvimento de um jogo educacional: Um estudo de caso no projeto do jogo *Castaways*. In *Proceedings of XX SBGames - Simpósio Brasileiro de Jogos de Computador e Entretenimento Digital - Education Track*.
- Store, U. A. (2022). Unity asset store - the best assets for game making. Acessado em junho de 2022.
- Tomizawa, M. and Campano Junior, M. M. (2021). *Automata Toy Factory*: Um jogo educativo para ensino de automato com pilha. In *Proceedings of XX SBGames - Simpósio Brasileiro de Jogos de Computador e Entretenimento Digital - Education Track*.

Vieira, M. and Sarinho, V. (2019a). AutomataMind: A serious game proposal for the automata theory learning. In *IFIP International Federation for Information Processing*, pages 452–455.

Vieira, M. and Sarinho, V. (2019b). Máquina de senhas: um jogo digital para o aprendizado da teoria dos autômatos. In *Anais da XIX Escola Regional de Computação Bahia, Alagoas e Sergipe*, pages 54–59, Porto Alegre, RS, Brasil. SBC.