

## EXPLORANDO A TEORIA DOS AUTÔMATOS COM GRAMÁTICA DE GRAFOS: UMA PROPOSTA PARA A EDUCAÇÃO BÁSICA

JÚLIA VEIGA DA SILVA<sup>1</sup>; LUCIANA FOSS<sup>2</sup>; SIMONE ANDRÉ DA COSTA CAVALHEIRO<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal de Pelotas – [jvsilva@inf.ufpel.edu.br](mailto:jvsilva@inf.ufpel.edu.br)

<sup>2</sup>Universidade Federal de Pelotas – [lfoss@inf.ufpel.edu.br](mailto:lfoss@inf.ufpel.edu.br)

<sup>3</sup>Universidade Federal de Pelotas – [simone.costa@inf.ufpel.edu.br](mailto:simone.costa@inf.ufpel.edu.br)

### 1. INTRODUÇÃO

Os Métodos Formais (MF), amplamente aplicados em sistemas críticos, têm ganhado importância à medida que os sistemas computacionais se tornam mais complexos. A utilização desses métodos auxilia no desenvolvimento de habilidades essenciais para os estudantes do século XXI, como abstração, análise e pensamento crítico. Essas competências, juntamente com outros conceitos relacionados aos MF, estão elencadas no complemento da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em Computação (BRASIL, 2022), o que motiva a criação de atividades que desenvolvam esses conceitos fundamentais.

Embora diversas áreas da Computação estejam cada vez mais integradas ao contexto educacional, a área de MF ainda é frequentemente negligenciada. Devido à falta de abordagens diretas na Educação Básica, este projeto visa minimizar essa lacuna, propondo a utilização de MF e fundamentos da computação para a criação de uma atividade educacional que desenvolva a habilidade EF09C003, elencada no complemento à BNCC. Essa habilidade refere-se à utilização de autômatos para descrever comportamentos de forma abstrata, automatizando-os por meio de uma linguagem de programação baseada em eventos.

A atividade foi elaborada no GrameStation, um motor de jogos baseado em Gramática de Grafos (GG), uma linguagem formal e visual para descrever sistemas e verificar propriedades. O foco da atividade está na introdução à Teoria dos Autômatos, com ênfase em Autômatos Finitos Determinísticos.

Além de abordar uma habilidade específica da BNCC, a atividade também aprimora indiretamente as habilidades do Pensamento Computacional (PC), uma vez que as GGs representam uma abordagem promissora para promover essas habilidades. Para orientar o desenvolvimento e a aplicação da atividade, foram utilizadas metodologias como os métodos ENgAGED (BATTISTELLA, 2016) e MEEGA+KIDS (WANGENHEIM; PETRI; BORGATTO, 2020). Um experimento piloto com um grupo de alunos foi realizado, e os resultados indicaram que os estudantes compreenderam tanto os conceitos relacionados aos autômatos, quanto souberam manipular as gramáticas na ferramenta utilizada.

### 2. METODOLOGIA

A atividade foi elaborada no motor de jogos GrameStation (SILVA JUNIOR; CAVALHEIRO; FOSS, 2021). O GrameStation é uma ferramenta baseada em GG, utilizada para criar e executar jogos modelados dessa maneira. A GG é uma linguagem formal que generaliza as gramáticas de Chomsky, substituindo *strings* por grafos (EHRIG et al., 1997). Trata-se de uma linguagem visual que permite a representação de problemas e soluções com um elevado grau de abstração. Os

estados são representados como grafos (definidos por vértices e arestas com origem e destino estabelecidos), e os eventos (transições entre estados) por regras de transformação de grafos.

Ao utilizar o GrameStation, os alunos desenvolvem habilidades relacionadas ao PC, um processo de resolução de problemas baseado na Ciência da Computação (WING, 2006). Tanto os criadores de jogos (que especificam uma GG) quanto os jogadores (que simulam uma GG) desenvolvem o PC. O trabalho de Silva Junior et al. (2019) detalha como conceitos como representação de dados, decomposição de problemas, abstração, algoritmos e processos, paralelismo, entre outros, são abordados por meio do design ou da simulação de um jogo.

Para investigar como a Teoria dos Autômatos é abordada na Educação em Computação, foi realizada uma Revisão Sistemática da Literatura (RSL). Essa RSL ajudou a identificar as melhores práticas e as lacunas existentes, orientando o desenvolvimento da atividade proposta. A RSL buscou responder as seguintes questões de pesquisa:

1. Como a Teoria dos Autômatos está sendo abordada na Educação em Computação?
2. Como a Teoria dos Autômatos está sendo avaliada na Educação em Computação?
3. Como a Teoria dos Autômatos está sendo integrada e ensinada na Educação Básica?

Para a RSL, seguiu-se uma diretriz proposta em Engenharia de Software (KITCHENHAM, 2004), que sugere três fases principais: Planejamento da Revisão, incluindo a identificação da necessidade de uma revisão e o desenvolvimento de um protocolo de revisão; Condução da Revisão, incluindo a seleção de estudos, extração de dados e síntese; e Relato da Revisão, para o qual foram seguidas as diretrizes PRISMA (PAGE et al., 2021).

O protocolo de revisão foi elaborado com base nas questões de pesquisa e as bases de dados escolhidas foram selecionadas para abranger aquelas especializadas em educação (ERIC) e computação/STEM (IEEE Xplore, ACM e SOL), além do Portal de Periódicos da CAPES. Para capturar um maior número de estudos sem sair do escopo do trabalho, foram desenvolvidas *strings* de busca utilizando palavras relacionadas a “autômatos” e “educação em computação”.

Procurou-se recuperar todos os artigos completos que passaram pela fase de triagem ou cujos títulos e resumos eram suficientes para determinar a inclusão do estudo. Finalmente, a análise dos textos completos foi repetida para selecionar os artigos a serem incluídos na revisão. O processo de extração de dados, guiado pelas questões de pesquisa, consistiu em codificar os estudos selecionados de acordo com sua abordagem, ferramenta, conceitos envolvidos, público-alvo, país e forma de avaliação.

Posteriormente, a criação da atividade foi baseada no método ENgAGED. O ENgAGED (EducationAI GamEs Development) é um processo voltado para o desenvolvimento de jogos educacionais aplicados ao ensino de computação, integrando princípios de design instrucional e design de jogos (BATTISTELLA, 2016). Para testar a viabilidade da utilização da atividade, foi conduzido um experimento piloto com alunos da Educação Básica. Nove alunos participaram do experimento, que consistiu em executar uma tarefa introdutória no GrameStation e, em seguida, responder a um questionário sobre sua experiência. O experimento ocorreu de forma presencial e todos os participantes eram alunos da Educação Básica (7º, 9º e 1º ano do Ensino Médio), de quatro escolas do município de Pelotas, no Rio Grande do Sul. Antes da atividade, todos os responsáveis pelos

participantes leram e assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), indicando que autorizavam seus filhos a participar da pesquisa por livre e espontânea vontade e estavam cientes do uso dos dados.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Todos os nove participantes concluíram a atividade e todas as respostas em relação à usabilidade e experiência do jogador foram consideradas para a análise. A nota atribuída para cada item é representada por uma mediana variando de -2 (“discordo fortemente”) a 2 (“concordo fortemente”).

Em resumo, o jogo foi bem recebido, com os jogadores sentindo-se confiantes em aprender e satisfeitos com os desafios e a experiência geral. A maioria recomendou o jogo, afirmando que ele oferece uma experiência envolvente e divertida. No entanto, as questões relacionadas à perda da noção do tempo e ao interesse no conteúdo podem precisar de ajustes, pois alguns jogadores não experimentaram o mesmo nível de imersão e engajamento. Além disso, a percepção mista sobre o nível de desafio sugere que o jogo pode precisar de ajustes para atender melhor a diferentes perfis de jogadores.

### **4. CONCLUSÕES**

Dentro das abordagens propostas, além de conceitos computacionais, também são promovidas habilidades do PC. Além das relações estabelecidas por Silva Junior (2020) utilizando GG, é importante notar que a manipulação e especificação de autômatos também potencializam essas habilidades. O uso de autômatos para representar o comportamento do robô durante as missões exercita a abstração, especificamente por meio dos estados que representam a condição atual do robô e das transições que representam ações que podem modificar essa condição. Ao especificar autômatos, os estudantes definem algoritmos utilizando uma linguagem baseada em eventos para resolver problemas. Ao definir a fita para que o robô execute uma missão específica, eles estão delineando a sequência de ações (algoritmo) necessária para que o robô complete a missão. Além disso, para identificar a linguagem reconhecida por um autômato, os estudantes devem discernir padrões em várias fitas de entrada e generalizar as regras de formação para todas as palavras aceitas. Habilidades de depuração também podem ser desenvolvidas quando os estudantes são desafiados a definir uma fita de entrada que guie o robô para completar uma missão, permitindo que simulem o processamento da fita e verifiquem se a missão foi concluída com sucesso.

A viabilidade de aplicação da atividade foi demonstrada a partir do relato do experimento piloto, realizado com um grupo de estudantes da Educação Básica do município de Pelotas. Os resultados indicaram que os alunos compreenderam os conceitos apresentados durante a atividade, bem como foram capazes de manipular as gramáticas na ferramenta utilizada. Assim, a atividade exemplifica a utilização de MF na Educação Básica, bem como uma abordagem alternativa para o desenvolvimento do PC.

### **5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

BATTISTELLA, P. E. **ENgAGED: Um Processo de Desenvolvimento de Jogos para Ensino em Computação**. 2016. Tese (Doutorado em Ciência da

Computação) – Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação, Universidade Federal de Santa Catarina.

BRASIL. **Normas sobre Computação na Educação Básica.** Ministério da Educação, 2022. Online. Disponível em: [http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com\\_docman&view=download&alias=182481-texto-referencia-normas-sobre-computacao-na-educacao-basica&category\\_slug=abril-2021-pdf&Itemid=30192](http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=182481-texto-referencia-normas-sobre-computacao-na-educacao-basica&category_slug=abril-2021-pdf&Itemid=30192).

EHRIG, H.; HECKEL, R.; KORFF, M.; LOWE, M.; RIBEIRO, L.; WAGNER, A.; CORRADINI, A. **Algebraic Approaches to Graph Transformation. Part II: Single Pushout Approach and Comparison with Double Pushout Approach.** In: **HANDBOOK of Graph Grammars and Computing by Graph Transformation. Volume 1: Foundations.** World Scientific Publishing Co., Inc., 1997.

KITCHENHAM, B. **Procedures for Performing Systematic Reviews.** Keele, UK: Keele University, 2004. (Technical Report TR/SE-0401).

PAGE, M. J. et al. **The PRISMA 2020 Statement: An Updated Guideline for Reporting Systematic Reviews.** International Journal of Surgery, v.88, p.105906, 2021.

SILVA JUNIOR, B. A.; CAVALHEIRO, S. A. C.; FOSS, L. **Revisitando um Jogo Educacional para Desenvolver o Pensamento Computacional com Gramática de Grafos.** In: BRAZILIAN SYMPOSIUM ON COMPUTERS IN EDUCATION (SBIE), 2019, Brasília, v. 30, n. 1, p. 863–872.

SILVA JUNIOR, B. A.; COSTA CAVALHEIRO, S. A.; FOSS, L. **GrameStation: Specifying Games with Graphs.** In: XXXII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 2021, Maceió, p. 499–511.

WANGENHEIM, C. G. von; PETRI, G.; BORGATTO, A. F. **MEEGA+ KIDS: A Model for the Evaluation of Games for Computing Education in Secondary School.** Revista Novas Tecnologias na Educação, [S.l.], v.18, n.1, 2020.

SILVA JÚNIOR, B. A. **GGasCT: Bringing Formal Methods to the Computational Thinking.** 2020. Dissertação (Mestrado em Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação, Universidade Federal de Pelotas.

WING, J. M. **Computational Thinking.** Communications of the ACM, v.49, n.3, p.33–35, mar. 2006.