

Uma análise de um jogo educacional sob a ótica do Pensamento Computacional*

Braz Araujo da Silva Junior¹, Simone André da Costa Cavalheiro¹, Luciana Foss¹

¹Programa de Pós-Graduação em Computação - Universidade Federal de Pelotas
CEP 96.010-610 - Pelotas - RS - Brazil

{badsjunior, simone.costa, lfoss}@inf.ufpel.edu.br

Abstract. *This paper presents an educational game, its expansions, its application and evaluation, from a Computational Thinking perspective. For this, the game elements are related to a set of skills which are part of the Computational Thinking. We conclude that the game has a significant relationship, especially with the skills: data collection and analysis; and algorithms and procedures.*

Resumo. *Este artigo apresenta um jogo educacional, suas extensões, aplicação e avaliação sob a perspectiva do Pensamento Computacional. Para isto são relacionados os elementos do jogo a um grupo de habilidades consideradas parte do Pensamento Computacional. Conclui-se que o jogo possui relações significativas, principalmente com as habilidades de: coleta e análise de dados; e algoritmos e procedimentos.*

1. Introdução

Desde que [Wing 2006] levantou a discussão acerca do Pensamento Computacional (PC), o tema tem motivado diversos esforços na educação. O conceito se refere a um conjunto de habilidades que auxiliam no processo de resolução de problemas. Muitas destas habilidades acabam sendo desenvolvidas por profissionais da computação. Porém, ao identificar a sua generalidade, percebeu-se a importância de promovê-las de maneira indiscriminada, não somente para os que seguirão carreira na área da computação.

Para que o PC seja desenvolvido de maneira ampla e eficiente é importante que o processo seja iniciado desde os primeiros anos de aprendizado [Barr and Stephenson 2011]. Assim, a educação básica (também chamada de K-12), torna-se alvo importante de cursos para o desenvolvimento do PC. Muitos esforços, de diferentes naturezas, têm sido realizados a fim de viabilizar o desenvolvimento destas habilidades, como mostram algumas revisões sistemáticas [Bordini et al. 2017, Avila et al. 2017]. Os esforços incluem diferentes abordagens, como: robótica [Costella et al. 2017]; jogos digitais [Pinho et al. 2016]; aplicativos [Pessoa et al. 2017]; atividades [Andrade et al. 2013]; e jogos não-digitais [Brown et al. 2010].

Os jogos possuem um apelo especial entre o público mais jovem e têm potencial para manter os alunos em estado de fluxo, onde sua dedicação à atividade

*O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001. Projeto realizado com o apoio da PREC e PRPPG / UFPel.

é maximizada [Garris et al. 2002]. O estado de fluxo é mantido quando a oportunidade de ação do indivíduo está em equilíbrio com a sua capacidade de ação [Nakamura and Csikszentmihalyi 2009]. Isto é, quando o indivíduo é tão desafiado quanto é capaz de responder aos desafios. O desequilíbrio traz a frustração: por tédio se a relação desafio por capacidade for muito baixa; ou por impotência se for muito alta.

Um exemplo de jogo educacional é “A Última Árvore” [Silva Junior et al. 2017a], um jogo que explora as relações de um formalismo matemático intuitivo, a gramática de grafos (GG), com habilidades do PC. Este recurso didático foi criado por meio de um processo que considera aspectos do *design* instrucional e de jogos, (o processo ENgA-GED [Battistella and von Wangenheim 2016]). Cabe destacar, que esta fundamentação teórica diferencia-o de grande parte das propostas existentes na literatura. Uma análise de 107 jogos realizada em [Battistella et al. 2014] observou que apenas 6 deles expuseram um processo de desenvolvimento.

Considerando que o recurso didático se propõe a desenvolver habilidades do PC, é essencial que as relações do jogo com tais habilidades sejam discutidas. Este artigo traz esta discussão. Para possibilitá-la, são relacionadas as características, jogabilidade e mecânicas do jogo e extensões às habilidades do PC. Uma aplicação piloto do jogo, com pré- e pós- testes também é reportada sob a ótica do PC.

O artigo está organizado como segue. A seção 2 apresenta uma definição operacional do termo PC e o conceito das habilidades que são relacionadas no artigo. A seção 3 apresenta o jogo “A Última Árvore” e sua relação com o PC. Na seção 4 são descritas as extensões do jogo e suas contribuições para o desenvolvimento do PC. Na seção 5 é discutido o teste aplicado, bem como a relação dele com o PC. A seção 6 relata a performance dos alunos durante a aplicação piloto, analisando-a com base no PC. A seção 7 conclui o artigo com uma visão geral sobre o jogo considerando o PC.

2. Pensamento Computacional

Neste artigo explora-se a seguinte definição operacional de Pensamento Computacional:

Definição 1 (Pensamento Computacional [CSTA et al. 2009]) *Um processo de resolução de problemas que inclui (mas não é limitado a) as seguintes características: formular problemas de uma maneira que nos permita usar um computador ou outras ferramentas para ajudar a resolvê-los; organizar e analisar dados logicamente; representar dados através de abstrações, como modelos e simulações; automatizar soluções através do pensamento algorítmico (uma série de passos ordenados); identificar, analisar e implementar possíveis soluções com o objetivo de alcançar a mais eficiente e efetiva combinação de passos e recursos; e generalizar e transferir este processo de solução de problemas para uma ampla variedade de problemas. Estas competências são sustentadas e aprimoradas por um número de atitudes ou disposições que são dimensões essenciais do PC. Estas atitudes ou disposições incluem: confiança ao lidar com complexidade; persistência ao trabalhar com problemas difíceis; tolerância à ambiguidade; a habilidade de lidar com problemas em aberto; e a habilidade de se comunicar e trabalhar com outros para alcançar uma solução ou objetivo em comum.*

Com base nesta definição e no quadro de habilidades sugerido no mesmo material [CSTA et al. 2009], para estabelecer as relações do jogo com o PC considera-se como integrantes do PC as seguintes habilidades:

- **Coleta e Análise de Dados:** processo de coletar informação apropriadamente, a atribuição de sentido aos dados, o reconhecimento de padrões e a extração de conclusões.
- **Representação de Dados:** apresentação e organização dos dados em grafos, quadros, palavras ou imagens apropriadas.
- **Decomposição de Problemas:** quebra de tarefas em partes menores e mais manejáveis.
- **Abstração:** redução de complexidade para trabalhar com uma ideia principal simplificada.
- **Algoritmos e Procedimentos:** série de passos ordenados seguidos para resolver um problema ou alcançar algum fim.
- **Simulação:** representação ou modelo de um processo. Simulação também envolve execução de experimentos utilizando modelos.
- **Paralelismo:** organização de recursos para executar tarefas simultaneamente para alcançar um objetivo em comum.
- **Generalização:** criação de modelos ou processos genéricos, que reúnem similaridades e padrões a fim de ampliar ou simplificar sua utilização.
- **Otimização:** análise dos recursos e custos visando maximizar eficiência.

3. O Jogo

O recurso didático “A Última Árvore” é um jogo de tabuleiro, de estratégia baseada em turnos, onde os jogadores manipulam uma GG para fazer animais restaurarem uma floresta destruída [Silva Junior et al. 2017a]. O modelo GG descreve o estado de um sistema utilizando um grafo, composto por: um conjunto de vértices; e um conjunto de arestas (relacionamentos entre vértices). Este sistema pode ter seu estado alterado, e estas alterações são definidas por regras. Basicamente, uma regra é definida por [Ribeiro 2000]: dois grafos, denominados lado esquerdo (condição) e lado direito (consequência) da regra; e um mapeamento entre eles, o qual especifica os elementos a serem preservados, criados ou deletados. Para aplicar uma regra é necessário encontrar um *match*, isto é, um mapeamento entre grafos que indentifica uma ocorrência do lado esquerdo da regra no grafo-estado, o qual será alterado pela regra. A aplicação da regra dá origem a um novo grafo-estado substituindo a ocorrência do lado esquerdo (definida pelo *match*) pelo grafo do lado direito da regra.

Na versão básica do jogo, o tabuleiro e as cartas compõem um grafo-estado com 4 animais, 5 blocos de terra e recursos (frutas, sementes, plantas e árvores) que podem ser criados ou consumidos ao longo do jogo. No começo da partida cada jogador sorteia um objetivo diferente descrito por uma carta, como a ilustrada na esquerda da Figura 1. Então cada jogador realiza uma ação e passa a vez para o próximo, até que alguém atinja seu objetivo e vença o jogo. As ações possíveis consomem ou requerem recursos do jogo para a criação de novos recursos em um ciclo, ilustrado na direita da Figura 1.

Há 6 ações possíveis no jogo: *Mover*, para movimentar animais de um bloco de terra para outro; *Colher*, para adquirir frutas a partir de árvores; *Plantar*, para criar sementes consumindo frutas; *Regar*, para criar plantas consumindo sementes; *Adubar*, para criar árvores consumindo plantas e frutas; e *Comer*, para consumir frutas. Estas ações são apresentadas no formato de regras da GG, onde o grafo do lado esquerdo representa a condição e o do lado direito a consequência da aplicação das regras. A Figura 2

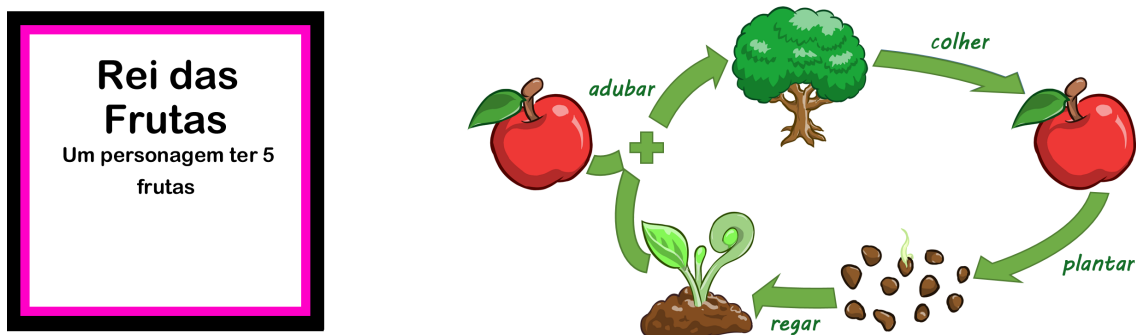


Figura 1. Carta de objetivo (à esquerda) e ciclo dos recursos (à direita).

ilustra as regras: *Mover*, descrevendo que SE um animal está no bloco de terra *posAtual* que possui caminho para outro bloco de terra *posAdj*, ENTÃO após a aplicação desta regra ele passará a estar no bloco de terra *posAdj*; e *Colher*, descrevendo que SE um animal está em um bloco de terra com uma árvore, ENTÃO após a aplicação desta regra ele continuará no bloco, mas também terá uma fruta.

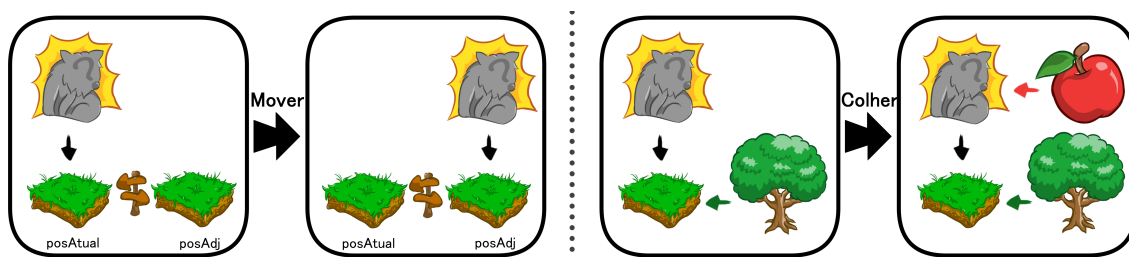


Figura 2. Ações (regras) mover e colher.

Através destas ações, os jogadores devem atingir uma combinação específica destes recursos, definida pela carta de objetivo sorteada no início da partida. Em [Silva Junior et al. 2017a] é apresentada a especificação do jogo original, sua metodologia de desenvolvimento, bem como algumas relações do formalismo GG com o PC. Neste artigo a relação com o PC é analisada considerando as características dos elementos do jogo e suas mecânicas. A coluna “Versão Básica” da Tabela 2 especifica como as habilidades do PC são exploradas no jogo em sua versão básica.

4. Extensões

Após a concepção de sua versão básica¹, extensões do jogo foram propostas, incorporando novos elementos das gramáticas de grafos. A primeira extensão² adicionou as condições negativas de aplicação (NACs, do inglês *Negative Application Condition*) [Silva Junior et al. 2017b]. Elas são condições adicionais para as ações do jogo, representando proibições, situações onde as ações não podem ser realizadas mesmo que um *match* seja encontrado. A extensão inseriu diversos novos elementos: 4 novos vértices (o caçador, os namorados, os turistas e a cidade); arestas indicando posição de cada um

¹Para o download da versão básica do jogo acesse <https://goo.gl/ULG8kJ>

²Para o download da primeira versão estendida do jogo acesse <https://goo.gl/yuUsPq>

dos três primeiros novos vértices; 6 novas regras (de movimentação dos novos vértices); e 4 NACs.

Os novos personagens são humanos: o caçador, que impede a movimentação dos animais; os namorados, que impedem a colheita de frutas; e os turistas, que impedem a plantação de sementes. Estes impedimentos são definidos por 4 NACs: N_0 , proíbe a aplicação da regra *Mover* caso exista um caçador no bloco de terra *posAdj*; N_1 , proíbe a aplicação da regra *Mover* caso exista um caçador no bloco de terra *posAtual*; N_2 , proíbe a aplicação da regra *Colher* caso os namorados estejam no bloco de terra; e N_3 , proíbe a aplicação da regra *Plantar* caso os turistas estejam no bloco de terra. As 6 novas regras movimentam os humanos: *Caçar* move o caçador da cidade para um bloco de terra; *FimDeTemporada* move o caçador de um bloco de terra para a cidade; *Namorar* move os namorados da cidade para um bloco de terra; *FimDeNamoro* move os namorados de um bloco de terra para a cidade; *Acampar* move os turistas da cidade para um bloco de terra; e *FimDeFérias* move os turistas de um bloco de terra para a cidade.

A Figura 3 ilustra as NACs N_0 e N_1 , sobre a regra *Mover*, que passa a descrever que: SE um animal está no bloco de terra *posAtual* que possui caminho para outro bloco de terra *posAdj* E SE NÃO há um caçador no bloco de terra *posAdj* NEM no bloco de terra *posAtual*, ENTÃO após a aplicação desta regra, ele estará no bloco de terra *posAdj*.

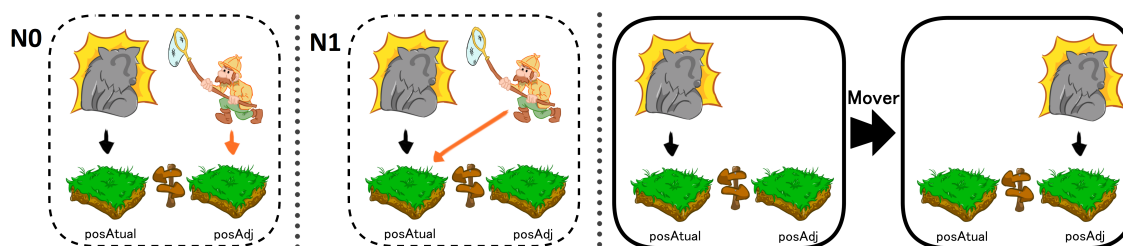


Figura 3. A regra mover com NACs na versão estendida.

Desde a versão básica os jogadores já tinham que lidar com a interferência dos demais, que podiam atrapalhar seus algoritmos e estratégias. Mas a extensão traz a possibilidade de impedir ações sem consumir recursos, apenas movimentando os humanos. Há um aprofundamento estratégico do jogo como um todo, oferecendo novas estratégias para os jogadores adaptarem aos seus estilos e objetivos. A coluna “Primeira Extensão: NACs” da Tabela 2 especifica como as habilidades do PC são exploradas nesta extensão.

Uma segunda extensão³ introduz o conceito de atributos nas GGs. Ela converte alguns dos elementos do jogo em atributos, as relações, ações e mecânicas do jogo permanecem as mesmas, mas a representação é alterada. Com os atributos o jogo passa a ter um caráter mais algébrico, colocando os jogadores em contato com números, variáveis e inequações. Por exemplo: na versão básica, para representar que um animal tinha 5 frutas, ele teria que ter 5 cartas de fruta empilhadas; com atributos, essa representação é dada por uma carta com o número 5. Assim, os jogadores precisam fazer incrementos, decrementos e contas simples em suas jogadas, alterando as cartas de número nos lugares indicados. Por isto, o tabuleiro (Figura 4) e as cartas do jogo mudaram significativamente nesta versão. Agora o tabuleiro conta com espaços marcados para cada atributo: frutas

³Para o download da segunda versão estendida do jogo acesse <https://goo.gl/KXvHxH>

para cada animal na parte superior; e sementes, plantas e árvores para cada bloco de terra na parte inferior. As ações nesta versão seguem sendo representadas por regras de uma gramática de grafos, porém, incluem atributos. Os atributos nas condições das regras (lado esquerdo) são variáveis representadas por ilustrações. Nas consequências (lado direito) são expressões envolvendo as variáveis, números e operadores. Além disso, abaixo da seta central da regra, há inequações que impõem condições sobre as variáveis usadas em seu lado esquerdo. Por exemplo, veja na Figura 4 a regra *Colher*, ela representa que: SE há um animal com f frutas em um lugar com a árvores, tal que $a > 0$, ENTÃO após a aplicação desta regra este animal terá $g = f + 1$ frutas e continuará no lugar com a árvores. Onde f e a são variáveis representadas por ilustrações de frutas e árvores.

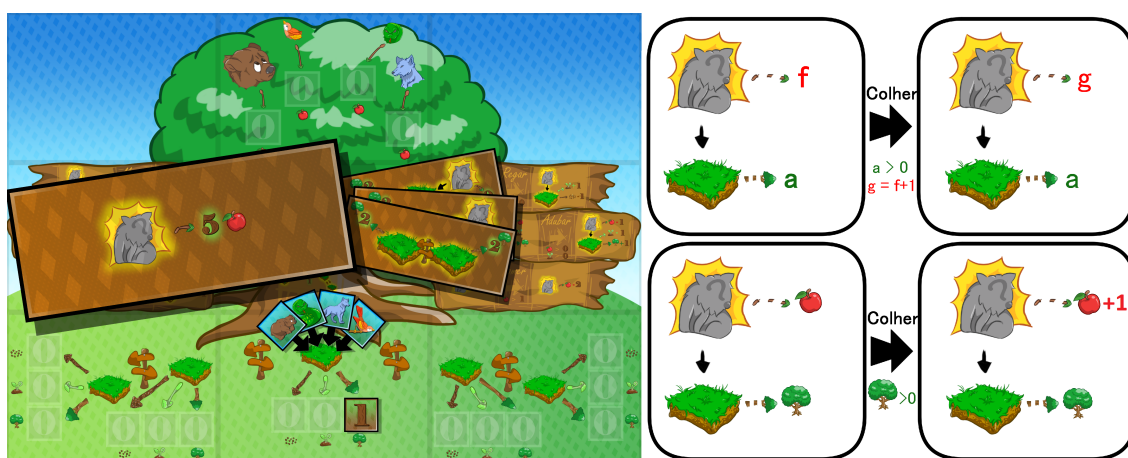


Figura 4. Tabuleiro e cartas (à esquerda) e a regra Colher (à direita)

As cartas de objetivo foram alteradas nesta versão e as informações textuais foram substituídas por grafos (com atributos). Algumas delas estão ilustradas à frente do tabuleiro (Figura 4), na parte central. Por exemplo, o objetivo da versão básica ilustrado na Figura 1 foi substituído pela carta em destaque à esquerda no tabuleiro da Figura 4. Os atributos permitem principalmente estimular habilidades matemáticas, conferindo uma característica interdisciplinar ao jogo. Mas também possuem alguns impactos nas habilidades do PC, descritos na coluna “Segunda Extensão: Atributos” da Tabela 2.

5. Teste de Avaliação

Para aplicar o jogo e avaliar o desempenho dos jogadores, foi desenvolvido um teste⁴ para ser realizado antes e depois do jogo. Ele foi criado com perguntas direcionadas para avaliar competências específicas das GGs que são consideradas fundamentais para jogar “A Última Árvore”: identificar *matches*; aplicar regras; e lidar com atributos. O teste aborda a história dos três porquinhos. As questões, que contam a história, são classificadas de acordo com as competências que abordam: Q1 *match*; Q2 aplicação; Q3 *match*; Q4 aplicação; Q5 atributos; Q6 *match* e atributos; Q7 aplicação e atributos; e Q8 *match* e atributos. As relações de atributos com o PC foram delineadas na coluna “Segunda Extensão: Atributos” da Tabela 2, as demais competências abordadas pelo teste são analisadas a seguir.

⁴Para o download do teste de gramática de grafos, acesse <https://goo.gl/g7xDyn>

Match Intrinsecamente relacionado à **coleta e análise de dados**, a habilidade de encontrar os elementos de um lado esquerdo em um grafo alvo corretamente pode envolver **decomposição de problemas**. Ainda que o lado esquerdo de uma regra não possua muitos elementos e relações, é natural que as pessoas, ao buscarem um *match*, se concentrem em encontrar primeiro uma parte ou até um único elemento, para depois encontrar o todo. Isto envolve um processo de decomposição. Além disso, estratégias como **algoritmos e procedimentos** tendem a ser desenvolvidas para completar o processo de aplicação de uma regra. Principalmente ao considerar atributos, que também precisam ser mapeados pelo *match*. Um algoritmo usual de ser aplicado é o de primeiro encontrar o elemento mais raro, depois os que se relacionam à ele e por último identificar os atributos. Ademais, a identificação de diversos *matches* em uma instância do jogo, permite compreender o conceito de **generalização** na especificação das regras.

Aplicação Aqui considera-se como “aplicação” a habilidade de compreender e executar as alterações que uma regra provoca ao ser aplicada, não incluindo a busca por um *match*. No jogo, relaciona-se fortemente à **representação de dados**, pois os jogadores devem representar manualmente (utilizando as cartas e o tabuleiro) a alteração provocada. A **coleta e análise de dados** é essencial para determinar quais elementos são criados, deletados ou preservados pela aplicação. A aplicação é o que torna o sistema dinâmico, **simulando** eventos, ações ou acontecimentos.

6. Resultados de uma Aplicação Piloto

Para testar a viabilidade da utilização da ferramenta em sala de aula, aplicou-se o jogo a uma turma do sexto ano de uma escola municipal de Pelotas, E.M. Ferreira Viana. Em um primeiro dia, aplicou-se o teste de GG à toda a sala, 16 alunos, cumprindo a função de pré-teste. Em um segundo dia, os alunos foram chamados em quatro grupos de quatro jogadores. Cada grupo era apresentado ao jogo, jogava uma partida e realizava o teste novamente, como pós-teste. Devido ao comportamento indesejável, com muito desinteresse e dispersão de um dos grupos, pouco pôde-se perceber de sua partida, portanto ele foi excluído da análise. Como relato de experiência, os grupos tiveram comportamentos bastante característicos tanto no pré- e pós-teste quanto nas partidas, classificados em:

Grupo azul: membros com posturas diferentes, mas mantiveram a nota entre os testes

Grupo amarelo: apresentou muita dificuldade na compreensão ao jogar, porém estavam interessados e se esforçaram para cumprir as atividades;

Grupo verde: teve interesse desde o pré-teste, tiveram facilidade na compreensão do jogo e apresentaram resultados significativos no pós-teste;

Por meio de observações sobre o decorrer das partidas jogadas e análises qualitativas sobre o pré- e pós-teste, uma análise da aplicação piloto, sob a ótica das habilidades do PC, é reportada na Tabela 1. O grupo azul não demonstrou nenhum comportamento além dos observados também nos outros grupos, portanto as características descritas sobre ele são genéricas e também se aplicam aos demais.

A compreensão das informações descritas no formato de grafos (coleta e análise de dados), desde o pré-teste, foi de uma forma geral bastante satisfatória, o que possibilitou a compreensão do jogo. A dificuldade do grupo amarelo em enxergar o ciclo dos recursos (Figura 1) em contraste com grupo verde, que explicitou a ciência deste ciclo,

revela o alto impacto da habilidade de construir algoritmos sobre o jogo. O resultado do pós-teste, em relação ao pré-teste, concorda com desempenho no jogo: grupo azul, sem grandes destaques ou dificuldades no jogo, manteve a nota no teste; grupo amarelo, com muitas dificuldades no jogo, teve uma melhora mínima na nota; e o grupo verde, com bom desempenho no jogo, teve uma melhora significativa na nota.

7. Conclusão

Este trabalho apresenta uma análise do jogo educacional “A Última Árvore” sob a perspectiva do PC. É realizada uma breve descrição do jogo, suas mecânicas, objetivos e extensões focando nas relações destes com as habilidades do PC. Uma aplicação piloto do jogo, incluindo pré e pós testes também são analisadas sob a ótica do PC. É exposto que existe uma série de relações do jogo com o PC desde sua versão básica, além das relações das GG com o PC. Constata-se que as extensões também apresentam contribuições para o desenvolvimento do PC. É discutido que deficiências ou proficiências em algumas destas habilidades influenciam significativamente no desempenho do aluno no jogo, o que indica forte relação do jogo com tais habilidades. O jogo aborda as habilidades de: Coleta e Análise de dados; Representação de dados; Decomposição de problemas; Abstração; Algoritmos e Procedimentos; Simulação; Paralelismo; Generalização; e Otimização. Em geral, os destaques na versão básica, extensões, análise da aplicação piloto e testes foram: a **Coleta e Análise de dados**, presente de forma geral e essencial para compreender e operar as GGs, aspecto fundamental do jogo; e **Algoritmos e Procedimentos**, cruciais para atingir o objetivo do jogo, norteados todas as ações dos jogadores. Como trabalhos futuros, percebe-se a possibilidade de implementação de uma versão digital.

Tabela 1. Análise da aplicação piloto sob a ótica do PC

Habilidade	Azul	Amarelo	Verde
Coleta e Análise de Dados	Foram capazes de compreender o tabuleiro, as cartas e reconhecê-los como grafos para aplicar as regras. Identificaram <i>matches</i> corretamente na grande maioria das vezes. Conseguiram entender os objetivos ilustrados nas cartas.	Apresentaram dificuldades para compreender as variáveis nas regras. Demoravam consideravelmente para encontrar <i>matches</i> , o que indica dificuldade em reconhecer vértices, arestas e atributos nos elementos do jogo.	Conseguiram compreender o jogo por conta própria antes das explicações básicas, o que indica compreensão intuitiva do modelo de gramática de grafos.
Representação de Dados	Conseguiram manusear as cartas no tabuleiro para representar ações descritas por regras corretamente.	Demonstraram incerteza e falta de confiança ao manusear os elementos do jogo, mas não chegaram a errar aplicações de regras.	Foram confiantes ao manusear as cartas e fizeram jogadas consideravelmente mais rápidas que os demais grupos
Decomposição de Problemas	Fragmentaram os objetivos das cartas sorteadas no início da partida.	Por conta da dificuldade, era explícito que quebravam os <i>matches</i> das regras, elemento por elemento.	Nenhuma outra forma de decomposição foi percebida ou considerada.
Abstração	Todos os grupos conseguiram relacionar os conceitos abstratos ilustrados nas regras (tipos de vértices, arestas e variáveis) aos conceitos concretos no tabuleiro e cartas (vértices, arestas e valores, números).		
Algoritmos e Procedimentos	Conseguiram estabelecer planos, sequências de jogadas.	A maior dificuldade apresentada pelo grupo, enxergar os passos necessários para cada recurso.	Identificaram, explicitamente, o ciclo que é representado na Figura 1.
Simulação	Assimilaram o jogo ao sistema que ele simula, uma floresta em expansão.	Apontaram eventos que não são simuladas pelo jogo, como subir numa árvore, discutindo as limitações da simulação.	Discutiram, através da análise do modelo, sobre o que é possível acontecer e o que não é, na realidade simulada pelo jogo.
Paralelismo	A concorrência entre os objetivos não foi explicitamente percebida ou considerada.		
Generalização	Identificaram a generalização das regras.	Nenhuma outra forma de generalização foi percebida ou considerada.	Generalizaram estratégias para conseguir diferentes recursos
Otimização	Nenhuma otimização foi explicitamente percebida ou considerada.		

Tabela 2. Relação dos elementos do jogo com o PC

Habilidade	Versão Básica	Primeira Extensão: NACs	Segunda Extensão: Atributos
Coleta e Análise de Dados	Com exceção da ação de movimentação, todas as ações consomem recursos para serem realizadas. Os jogadores devem ser capazes de enxergar a partir do tabuleiro quais recursos estão disponíveis. Devem analisar estes recursos a fim de concluir se podem ou não realizar cada ação. É crítico que consigam extrair do tabuleiro e das cartas de objetivo a configuração dos recursos e elementos, para determinar se já alcançaram a vitória.	Elementos adicionais (caçador, namorados e turistas) precisam ser analisados para confirmar condições adicionais (NACs), como ter que verificar se há um caçador em algum dos dois lugares envolvidos na regra mover.	As ações (regras da GG), com exceção da ação mover requerem, também, uma análise algébrica sobre os atributos (satisfazer uma inequação). As cartas de objetivo passaram, de descrições textuais, à ilustrações na forma de grafos, reforçando a coleta e análise sobre esta estrutura de dados.
Representação de Dados	As cartas e o tabuleiro do jogo representam vértices (frutas, sementes, plantas, árvores, animais e blocos de terra) e arestas (relações entre estes vértices) do grafo-estado de uma GG. Ao realizarem ações (aplicações de regras da GG) os jogadores manuseiam as cartas para representar um novo estado, consequência da aplicação da regra.	Existe um novo vértice ilustrado no tabuleiro (a cidade) e novas cartas, que representam vértices (caçador, namorados, turistas) manipulados pelos jogadores por meio de novas ações (movimentação de cada vértice de um bloco de terra para a cidade e vice-versa).	A representação dos recursos (frutas, sementes, plantas e árvores) ocorre pela manipulação de números. Mas a representação dos demais elementos ocorre pela manipulação de vértices da GG. Assim, o jogador manipula dois tipos de dados para representar os elementos do jogo.
Decomposição de Problemas	As cartas de objetivo requerem combinações específicas de recursos do jogo. Representam assim, problemas compostos, incentivando a quebra do objetivo final em objetivos intermediários. Conseguir cada um dos recursos presentes no objetivo pode ser visto como um objetivo individual.	Cada objetivo intermediário pode ser quebrado em dois objetivos fundamentais: conseguir os recursos necessários para criar o recurso desejado; e desviar dos efeitos das proibições (NACs).	Alguns objetivos foram alterados, em geral eles requerem combinações mais abrangentes de recursos. Assim os objetivos desta versão incentivam ainda mais a decomposição.
Abstração	Para aplicar regras é necessário relacionar tipos de vértices e arestas (conceitos genéricos, mais abstratos) aos vértices e arestas existentes no grafo estado, ilustrados no tabuleiro e nas cartas (conceitos concretos).	As regras de movimentação dos humanos não levam em consideração arestas entre origem e destino do personagem movimentado. Assim, os caminhos (arestas, representadas por placas) são abstratos.	Para aplicar as regras também é necessário relacionar variáveis (conceitos abstratos) aos valores dos atributos no grafo estado, representados por cartas de numerais (conceitos concretos).
Algoritmos e Procedimentos	A manipulação de forma cíclica dos recursos do jogo permite a construção de algoritmos simples e bem definidos para a aquisição de cada um deles.	As proibições sugerem que, além da construção de algoritmos, sejam feitas análises sobre eles, para descobrir quando podem ser interrompidos.	As informações numéricas nos atributos podem induzir a conceitos de laços de repetição para conseguir várias instâncias de um mesmo recurso.
Simulação	O jogo representa um sistema, envolvendo diferentes lugares, as árvores e 4 animais. Ao longo do jogo, uma versão simplificada do processo natural de expansão de uma floresta através de agentes externos (os animais) é simulada pelas ações dos jogadores.	O sistema simulado é mais abrangente, pois o jogo simula também a interferência dos seres humanos no processo de expansão da floresta.	O sistema simulado permanece o mesmo, ainda que modelado de forma diferente.
Paralelismo	Apesar de ser jogado sequencialmente, um jogador realizando uma ação após o outro, o jogo envolve paralelismo. Isto porque todos os recursos são compartilhados, portanto todos os jogadores avançam ou retrocedem em seus objetivos simultaneamente a cada jogada.	Os jogadores além de avançar ou retroceder simultaneamente em seus objetivos também são atrasados simultaneamente pelas proibições.	Nenhum impacto sobre o paralelismo foi identificado ou considerado como contribuição desta versão.
Generalização	As ações possuem condições genéricas, que podem ser aplicadas a diferentes animais ou lugares. Ademais, alguns objetivos requerem os mesmos recursos ligados a personagens ou lugares diferentes. Isto incentiva que o jogador generalize sua estratégia para a obtenção destes recursos.	As NACs apresentam exceções, casos especiais sobre as condições genéricas definidas pelo lado esquerdo. Trabalhando a noção de exceção sobre generalização.	Os atributos introduzem nas regras um conceito fundamental da generalização, as variáveis.
Otimização	O primeiro jogador a atingir seu objetivo vence o jogo. Assim, apesar de existirem diversas maneiras de alcançarem os objetivos, os jogadores devem procurar a mais eficiente, pois precisam alcançá-los antes dos outros.	Otimizar a aquisição de recursos do objetivo torna-se um processo mais complexo por ter que lidar com restrições criadas por outros jogadores.	Os atributos reforçam que é possível utilizar conhecimentos matemáticos e conceitos algébricos para definir estratégias eficientes para atingir um objetivo.

Referências

- Andrade, D. et al. (2013). Proposta de atividades para o desenvolvimento do pensamento computacional no ensino fundamental. In *WIE*, pages 169–178.
- Avila, C. et al. (2017). O pensamento computacional por meio da robótica no ensino básico - uma revisão sistemática. In *SBIE*, pages 82–91.
- Barr, V. and Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to k-12: what is involved and what is the role of the computer science education community? *Acm Inroads*, pages 48–54.
- Battistella, P. E., Wangenheim, C. G. v., and Fernandes, J. M. (2014). Como jogos educacionais são desenvolvidos? uma revisão sistemática da literatura. In *XXII WEI*. SBC.
- Battistella, P. E. and von Wangenheim, C. G. (2016). *ENgAGED: um processo de desenvolvimento de jogos para ensino em computação*. thesis, UFSC. Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação., Florianópolis, SC, BR.
- Bordini, A. et al. (2017). Pensamento computacional nos ensinos fundamental e médio: uma revisão sistemática. In *SBIE*, pages 123–132.
- Brown, N., Kruchten, P., Lim, E., Ozkaya, I., and Nord, R. (2010). The hard choices game explained (whitepaper). *Pittsburgh: Software Engineering Institute*.
- Costella, L. et al. (2017). Construção de ambiente de ensino de robótica remota: democratizando o desenvolvimento do pensamento computacional em alunos da educação básica. In *SBIE*, pages 354–363.
- CSTA, ISTE, and NSF (2009). *Computational Thinking Leadership Toolkit*. CSTA, Albany, NY, USA.
- Garris, R., Ahlers, R., and Driskell, J. E. (2002). Games, motivation, and learning: A research and practice model. *Simulation & gaming*, 33(4):441–467.
- Nakamura, J. and Csikszentmihalyi, M. (2009). Flow theory and research. *Handbook of positive psychology*, pages 195–206.
- Pessoa, F. I. R. et al. (2017). T-mind: um aplicativo gamificado para estímulo ao desenvolvimento de habilidades do pensamento computacional. In *SBIE*, pages 645–654.
- Pinho, G. et al. (2016). Proposta de jogo digital para dispositivos móveis: Desenvolvendo habilidades do pensamento computacional. In *SBIE*, pages 100–109.
- Ribeiro, L. (2000). Métodos formais de especificação: gramáticas de grafos. *VIII Escola de Informática da SBC-Sul*, pages 1–33.
- Silva Junior, B. A. et al. (2017a). A última árvore: exercitando o pensamento computacional por meio de um jogo educacional baseado em gramática de grafos. In *SBIE*, volume 28, pages 735–744.
- Silva Junior, B. A. et al. (2017b). A última árvore: O povo da cidade, utilizando a condição negativa de aplicação em um jogo. In *WEIT*, volume 4, pages 144–151.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.