

Mapeamento Semântico entre Mecânicas de Jogos Sérios e Linhas do Pensamento Computacional

André Luis Macedo Caruso¹, Simone André da Costa Cavalheiro¹,
Marílton Sanhotene de Aguiar¹

¹Programa de Pós Graduação em Computação
Centro de Desenvolvimento Tecnológico
Universidade Federal de Pelotas

Rua Gomes Carneiro, 1 - CEP 96010-610 - Pelotas - RS - Brasil

{andre.caruso, simone.costa, marilton}@inf.ufpel.edu.br

Abstract. *Computational Thinking is regarded as one of the essential skills for the current and future world, stemming from the consolidation of the so-called Fourth Industrial Revolution. This article explores the intersection between computational thinking and game mechanics, considering the interest that the so-called digital generations have in games and the need for the implementation of active pedagogical practices. The investigation of such overlap can be of great utility in discovering new tools and methods that can help develop important skills for the 21st century.*

Resumo. *O Pensamento Computacional é tido como um dos saberes necessários para o mundo atual e futuro, a partir da consolidação da chamada Quarta Revolução Industrial. Este artigo explora a área de intersecção entre o pensamento computacional e mecânicas de jogos, considerando o interesse que as chamadas gerações digitais nutrem pelos jogos e a necessidade da implementação de práticas pedagógicas ativas. A investigação de tal sobreposição pode ser de grande utilidade na descoberta de novas ferramentas e métodos que possam ajudar a desenvolver habilidades importantes para o século XXI.*

1. Introdução

A segunda década do Século XXI foi marcada pelo aprofundamento da dependência tecnológica da sociedade e por sua aceleração. Isso se deve a diversos fatores sociais e tecnológicos, tais como a explosão da Inteligência Artificial [Jiang et al. 2022], que passa a permitir a automação de tarefas até então impossíveis de serem realizadas por máquinas, bem como a pandemia de COVID-19, a qual forçou a aceitação de que muitas atividades até então presenciais passassem a serem feitas de forma remota, a partir de recursos digitais como videochamadas [Grinin et al. 2022].

Tal realidade só reforça a necessidade de que a escola tradicional se modernize e abrace a revolução digital, uma vez que as novas gerações, chamadas de Nativos Digitais (ND) por Prensky (2010) não respondem bem às práticas pedagógicas tradicionais. As gerações dos ND, acostumadas com a conexão 24/7 e com o consumo ativo de múltiplas mídias, pede que o ensino empregue metodologias ativas que coloquem o aluno no centro do processo de ensino-aprendizagem [Andrade et al. 2020].

Outrossim, o ensino para a sociedade do futuro enseja a formação de cidadãos capazes de pensar nos problemas de forma que os mesmos possam ser solucionados pelo computador, ou seja, que tenham a habilidade de pensar computacionalmente [Kong 2019]. Parte integrante do Complemento à Base Nacional Comum Curricular (BNCC) em Computação [Bourscheid Sassi et al. 2023, BNCC 2023], o Pensamento Computacional (PC) tem muito a acrescentar para a formação de estudantes mais bem preparados para enfrentar o novo mercado de trabalho e para conviver em uma sociedade que tende a se digitalizar mais e mais nas décadas futuras.

Uma abordagem que vem sendo utilizada para atacar simultaneamente estas duas frentes, a adoção de metodologias ativas e o desenvolvimento do PC tem sido a criação e/ou o uso de jogos sérios na educação [Gonçalves Do Vale et al. 2020]. Diferenciando-se dos diversos trabalhos desta temática, o presente artigo apresenta um mapeamento semântico entre mecânicas de jogos sérios e linhas do PC.

O uso de mecânicas de jogos como forma de se desenvolver o PC ainda é pouco explorado. Não obstante, a possibilidade de se mapear as mecânicas de jogos mais comuns, frente ao PC, pode constituir um recurso valioso de fomento do mesmo. Ao aliar o PC à aprendizagem baseada em jogos, conta-se com uma poderosa ferramenta de motivação para os ND que, em sua maioria, são *gamers*. Esses estudantes têm algo em suas vidas que é realmente envolvente – algo que eles fazem e em que são bons, algo que tem um componente criativo e envolvente. Os videogames são o epítome desse tipo de envolvimento criativo total [Prensky 2003]. Assim, o grande interesse que os ND têm a respeito dos jogos e o fato destes serem plataformas atrativas para os jovens [Nipo et al. 2022], suscita a realização de estudos que investiguem a área que intersecciona os campos do PC e dos jogos.

O presente artigo está assim organizado: a Seção 2 contém o referencial teórico deste trabalho, abordando as linhas do pensamento computacional, frameworks para o Game Design (GD), e os trabalhos relacionados. Na Seção 3 descreve-se o processo realizado para estabelecer o mapeamento semântico entre mecânicas de jogos sérios e linhas do PC. Já a Seção 4 apresenta uma prova de conceito realizada para a linha da decomposição. Por fim, a Seção 5 contém as considerações finais.

2. Referencial Teórico

2.1. Linhas do Pensamento Computacional

O conceito do PC foi proposto por [Papert 1980, Papert 1996], ganhando novo impulso a partir de [Wing 2006] a qual afirma que: PC é uma habilidade fundamental para todos, não apenas para cientistas da computação. PC é a adoção de uma abordagem para resolver problemas, projetar sistemas e entender o comportamento humano baseando-se nos conceitos fundamentais da computação, e envolve, entre outras habilidades: pensamento recursivo e paralelo, abstração, decomposição, representação de dados, modularização, correção de erros e aplicação de heurísticas [Wing 2006].

O trabalho de [da Silva Júnior 2020] buscou definir objetivamente o que é o PC. Tal trabalho envolveu uma RSL de 19 outras RSL de PC, bem como uma RSL de 28 trabalhos que incluíam definições do PC. Considerando tal estudo amplo e aprofundado, optou-se por adotar o agrupamento das diversas habilidades relacionadas ao PC por ele

proposto, denominado as seis Linhas do Pensamento Computacional (LPC): abstração, decomposição, algoritmos, dados, automação e avaliação.

Segundo o autor (*ibid.*), as LPC não são construídas sobre o termo que as nomeia, mas em torno dele. Optou-se por adotar tal conceituação para descrever o PC, não apenas pela sua completude e fundamentação, mas também pelo fato de o autor associar explicitamente uma das faces do PC a um conjunto de habilidades de propósito geral para a solução de problemas. O sistema de linhas de definições e termos relacionados estão sintetizados na Tabela 1. Eles não só facilitam sua organização, mas esclarecem seus diferentes vieses e interpretações. Esse sistema de linhas e habilidades é compatível com a ideia de mecânicas de jogos do GD apresentada na próxima subseção.

Tabela 1. Linhas do PC e seus Tópicos

| Linha | Termos |
|--------------|--|
| Abstração | Abstrair (raso); abstrair (profundo); reconhecer padrões; generalizar; criar/relacionar camadas de abstração. |
| Algoritmos | Realizar passos e iterações; controlar fluxo; paralelizar; detectar deadlocks; sincronizar; detectar disputa de recursos. |
| Automação | Simular; instruir; desenvolver; <i>tinkering</i> . |
| Avaliação | Examinar detalhadamente; julgar propriedades; prever; depurar; reorganizar. |
| Dados | Capturar informação; representar informação; transformar informação; analisar informação; visualizar informação; interpretar informação. |
| Decomposição | (De)compor; integrar; inter-relacionar; interface; emergir; reusar. |

2.2. Frameworks para o GD e Mecânicas

O framework para Game Design (GD) de aplicação mais abrangente é o *Mechanics - Dynamics - Aesthetics* (MDA), o qual é composto de três camadas que definem características comuns a qualquer jogo [Hunicke et al. 2004]:

Mecânicas (*mechanics*) – descrevem os componentes específicos de um jogo, no nível da representação de dados e algoritmos;

Dinâmicas (*dynamics*) – descrevem o comportamento em tempo de execução das mecânicas agindo conforme as ações, ou entradas do jogador e as reações, ou saídas que produzem;

Estéticas (*aesthetics*) – descrevem as respostas emocionais que se deseja despertar no jogador quando este interage com o jogo.

Nos jogos digitais as mecânicas equivalem aos métodos/funções codificados pelos programadores, já em jogos de tabuleiro, elas são comumente associadas às regras impressas no manual. Mecânicas obrigatoriamente participam da geração de pelo menos uma dinâmica, sendo que não é permitido que uma mecânica leve diretamente a uma estética. Assim, quando executadas, as mecânicas geram dinâmicas que produzem estéticas.

O conceito de mecânica varia de autor para autor, mas ao se gerar uma nuvem de palavras para as diversas descrições apresentadas na literatura, o termo “regras” foi o mais comumente associado às mecânicas de jogos, fato que contribui para o alinhamento entre os Tópicos do PC [da Silva Júnior 2020] e as mecânicas. Segundo este autor, um Tópico do PC é um conjunto de conhecimentos explícitos que são diretamente sobre,

ou que provavelmente irão promover uma determinada habilidade. Por conhecimento explícito, o autor define: aquele que pode ser descrito e transferido. Complementando, [Stenmark 2000] define conhecimento explícito como o conhecimento que foi capturado e codificado em manuais, procedimentos e regras.

Por sua vez, o framework LM-GM [Lim et al. 2015] parte do pressuposto de que o aspecto fundamental do design de jogos sérios consiste na tradução de objetivos/práticas de aprendizagem em elementos (mecânicas) de jogabilidade, servindo a um propósito instrucional ao lado do jogo e da diversão. Os autores sugerem que as intenções pedagógicas de alto nível podem ser traduzidas e implementadas por meio de mecânicas de jogo de baixo nível.

2.3. Trabalhos relacionados

A partir de uma análise das pesquisas sobre PC e GD foram selecionados estudos relevantes que tangenciam as áreas de interesse deste trabalho, tanto no quesito de integração entre essas áreas, quanto por sua abordagem pedagógica centrada no GD. Os estudos foram agrupados pelo seu foco principal em quatro categorias (conforme Tabela 2): estudos que tratam do GD sem a codificação dos jogos (GSC); estudos que tratam da modificação de jogos existentes (MJE); estudos que focam na codificação de jogos (CJO); e, finalmente, trabalhos que analisam descrições de jogos (ADJ).

Tabela 2. Trabalhos Relacionados

| Referências | Grupo |
|---|-------|
| [Lim 2017], [Fernandes et al. 2019] and [Brooks and Sjöberg 2020] | GSC |
| [Rahimi and Kim 2021] | MJE |
| [Spieler et al. 2020], [Çakir et al. 2021] and [Arroyo et al. 2022] | CJO |
| [Martoglia 2021] | ADJ |

Lim (2017), Fernandes et al. (2019) e Brooks and Sjöberg (2020) apresentam experimentos práticos para construção de jogos, considerando apenas a fase de GD sem a efetiva construção de código, com o objetivo de desenvolver o PC. Rahimi and Kim (2021) relatam o resultado de trabalhos práticos de alunos que envolvem a modificação de jogos, relacionando aspectos do MDA com conceitos do PC. Spieler et al. (2020), Çakir et al. (2021) e Arroyo et al. (2022) apresentam estudos que focam na efetiva produção dos jogos a partir de linguagens visuais como Scratch. Já Martoglia (2021) utiliza técnicas de aprendizado de máquina para analisar e prever a capacidade que um jogo tem em promover o PC, a partir de uma descrição sucinta.

3. Mapeamento Semântico: PC *versus* Mecânicas de Jogos Sérios

O mapeamento por similaridade semântica foi realizado entre os componentes do Framework LM-GM [Lim et al. 2015] e as definições das LPC [da Silva Júnior 2020]. Considerando que são seis definições das LPC a serem comparadas a 32 definições de mecânicas de jogos¹, a fim de reduzir o número de possibilidades, optou-se pela aplicação de uma rede BERT. BERT é um tipo de rede neural artificial, destinada a tarefas de Processamento

¹As definições foram obtidas quase em sua totalidade de [Lim et al. 2013]. Definições que estavam faltando ou incompletas foram coletadas em [Schonfeld 2010], [Anderson 2023], [Patino et al. 2016] e [Xexéo 2017].

de Linguagem Natural (PLN). Estado da arte, BERT, a partir de 2019, passou a ser um dos principais algoritmos de busca por trás da busca do Google, tornando-a mais inteligente e capaz de entender texto em linguagem natural. Conforme [Alammar 2023], a rede BERT se destaca quando comparada a outras soluções para PLN por uma série de características, a saber: bidirecionalidade, BERT leva em conta tanto as palavras anteriores quanto posteriores em um contexto quando da tentativa de prever a próxima palavra em uma frase, o que permite uma compreensão mais profunda das nuances da sentença; pré-treino, BERT é pré-treinada com uma quantidade massiva de textos aprendendo os padrões e estruturas básicos da linguagem; *transfer learning*, é possível realizar um ajuste fino para tarefas específicas com uma quantidade relativamente pequena de dados; desempenho, o modelo BERT tem excelente desempenho em tarefas complexas de PLN tais como respostas a questionamentos, análise de sentimentos e tradução entre línguas.

Uma descrição de alto nível de suas etapas pode ser sintetizada em: (1) Tokenization: o texto da entrada é convertido em *tokens* numéricos, palavra por palavra; (2) Mascaramento: alguns *tokens* da entrada, em torno de 15%, são mascarados para que BERT tente prever o valor original dos *tokens* mascarados com base no contexto fornecido pelos *tokens* não mascarados restantes. Esta etapa serve para que a rede aprenda relações de contexto entre os *tokens*; (3) Previsão de sentença: BERT recebe pares de sentenças e deve detectar se a segunda sentença é sequencial à primeira ou apenas uma sentença escolhida aleatoriamente. Esta fase treina o BERT para a compreensão de como as sentenças se relacionam entre si e com o contexto maior; (4) Codificação do *transformer*: processa a entrada mantendo uma matriz de atenção que aponta para diversas partes da entrada em paralelo. Isso gera uma representação de contexto para cada token da entrada e serve para capturar o significado da entrada; (5) Tarefa *downstream*: a saída do codificador do *transformer* é enviada a um modelo específico de tarefa, como tradução ou classificação de texto. A saída do modelo específico é utilizada para realizar previsões com base no texto de entrada [Alammar 2023].

A análise semântica foi realizada a partir da comparação dos textos das definições de cada LPC e seus tópicos contra os textos das definições de cada uma das mecânicas de jogos ou *game mechanics* (GM). Buscou-se deixar o comprimento do texto das definições com tamanho similar para evitar que fossem introduzidos vieses na análise semântica. Cada definição foi armazenada em um arquivo do tipo CSV em um texto com o comprimento em torno de um parágrafo. O experimento foi realizado com um script em Linguagem Python e aplicou-se a BERT pré-treinada com vários conjuntos de dados, sendo que o “gtr-t5-xl”², foi o que produziu os melhores coeficientes de similaridade, encontrando pelo menos uma instância de cada LPC compatível com pelo menos uma GM. Segundo a Hugging Face, empresa que disponibiliza uma série de modelos pré-treinados e prontos para o uso, gtr-t5-xl é um modelo de transformadores de sentenças: ele mapeia sentenças e parágrafos para um espaço vetorial denso de 768 dimensões. O modelo foi treinado especificamente para a tarefa de busca semântica.

Com o uso de BERT, reduziu-se o número de pares de relações entre LPC e GM de 426 para 55. Para tal foram considerados os pares que apresentaram mais de 50% de similaridade semântica, selecionando-se a LPC que teve o melhor escore no pareamento com cada GM, conforme a Figura 1.

²Disponível em <https://huggingface.co/sentence-transformers/gtr-t5-xl>

| | PC | type | Mechanics | Mech_desc | score | modelo |
|-----|---------------|------|---|---|----------|-----------|
| 58 | Automation | GM | Action Points | Control what the user may do during their turn... | 0.598422 | gtr-t5-xl |
| 1 | Abstraction | GM | Appointment | A mechanic in which to succeed a "player" must... | 0.604885 | gtr-t5-xl |
| 118 | Decomposition | GM | Behavioral Momentum | Used to give confidence and motivate players t... | 0.558755 | gtr-t5-xl |
| 3 | Abstraction | GM | Capture-Eliminate | The strength of the player is defined by how m... | 0.636339 | gtr-t5-xl |
| 4 | Abstraction | GM | Cascading Information, Cut Scene, Story | Information released in minimal snippets to ga... | 0.648183 | gtr-t5-xl |

Figura 1. Escores Parciais LPC versus Game Mechanics.

A partir disto, deu-se início ao processo de análise dos resultados obtidos. Como prova de conceito, fez-se a análise da linha da decomposição (DEC).

4. Prova de Conceito: DEC × GM

Inicialmente, fez-se o mapeamento semântico conforme descrito na seção anterior. A Figura 2 contém dados estatísticos sobre os escores de similaridade semântica obtidos para a linha da DEC: média (mean), desvio padrão (std), valor mínimo (min), percentis em 25%, 50% e 75%, e valor máximo (max). Já a Figura 3 demonstra a correlação GM (vertical) versus escore de similaridade semântica contra a DEC (horizontal).

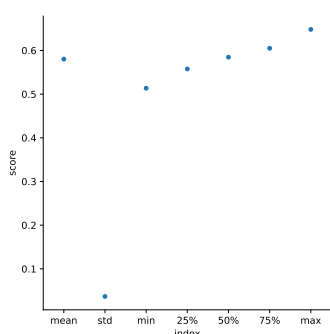


Figura 2. Medidas Estatísticas

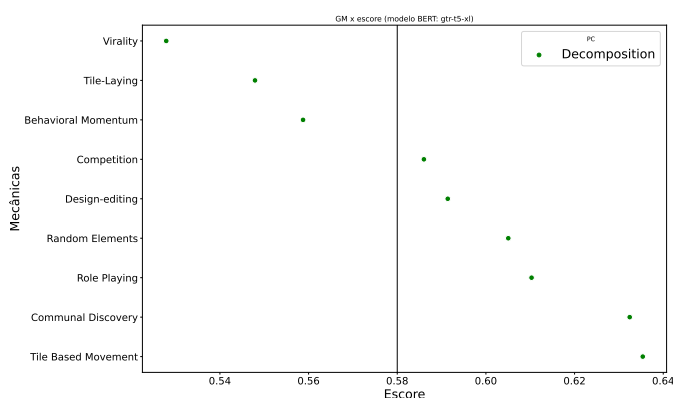


Figura 3. GM × PC

Então, realizou-se uma interpretação manual de cada uma das relações resultantes, apresentadas na Subseção 4.1 e posteriormente uma avaliação via painel de especialistas, cujos resultados são descritos na Subseção 4.2.

4.1. Análise das Relações

A fim de avaliar as relações encontradas, fez-se uma análise da adequação, procurando-se justificar se a relação é pertinente ou não e estabelecendo-se um parecer final sobre a similaridade sugerida pela da rede BERT (concordando ou discordando da relação encontrada). A análise foi realizada para todos os pares DEC e GM que tiveram o escore superior a 50%. Essas relações foram descritas sempre considerando-se dois vieses: o do designer, identificando-se como ele lida com os conceitos do PC ao projetar um jogo com a mecânica considerada, e o do jogador, explicitando-se a aplicação de conceitos do PC ao usar a mecânica durante os jogos. Em destaque, no início de cada parágrafo encontra-se o nome da GM seguido de uma breve descrição do seu funcionamento. Em seguida, destacada em negrito, as justificativas do ponto de vista do designer e do jogador.

Behavioral Momentum: usado em jogos para fazer os jogadores continuarem fazendo o que estão fazendo. Em muitos jogos, você normalmente terá um nível de habilidade que pode aumentar repetindo o processo de alguma coisa. Por exemplo, em World of Warcraft, você pode nivelar uma habilidade chamada mineração repetindo o processo [Anderson 2023]. A mecânica BM de alguma forma envolve a repetição de um processo. Por sua vez, a linha de decomposição inclui a inter-relação, integração e o reuso. **Designer:** irá estabelecer os processos que irão se repetir, identificar se a natureza dos processos é similar (podendo aplicar o *reuso*), bem como estabelecer a *inter-relação* entre eles, integrando-os nas diferentes etapas do jogo. **Jogador:** irá identificar as tarefas repetitivas, detectando e repetindo (*reusando*) as melhores estratégias para a realização das tarefas.

Communal Discovery: envolve a solução de problemas em comunidade. Por sua vez, a linha de decomposição inclui a quebra do todo em partes, bem como a montagem das partes num todo. **Designer:** planejar os problemas/desafios que serão possíveis de serem realizados em comunidade, identificando como eles podem ser “quebrados” em partes, para que diferentes partes possam ser solucionadas por diferentes jogadores, e como suas soluções surgem a partir da *composição* de soluções individuais. O designer deve ter uma visão geral do todo, bem como detectar as (*inter-*)*relações* entre partes, estabelecendo os agrupamentos de elementos relacionados entre si (que exijam interações entre os jogadores), bem como seu relativo isolamento com relação aos demais. **Jogador:** definir/compreender o papel de cada jogador, eventualmente tendo que dividir as tarefas, estabelecendo a estratégia para que a *composição* das soluções individuais leve a solução do problema/desafio apresentado. Conforme o caso, o jogador deve compreender se há a *inter-relação* do seu papel com a de outro jogador, identificando como elas devem acontecer para que o desafio seja vencido.

Competition: baseia-se na competição entre jogadores ou equipes. Os jogadores/equipes são vistos como “partes” que devem ter algum ponto de relação com o restante do mundo do jogo (ambiente externo) para atingir o objetivo fim que é a competição. No PC as interfaces definem o que estabelece a relação entre partes enquanto a inter-relação determina como esta relação pode acontecer. **Designer:** ao planejar um jogo competitivo, deve-se estabelecer os componentes (*interfaces*) que irão permitir a competição entre os jogadores (seja por pontuação, confronto, etc.). Conforme a modalidade do jogo, em caso de *inter-relações* diretas entre jogadores, as *interfaces* de como eles podem interagir devem ser estabelecidas, bem como, como as possíveis *inter-relações* podem acontecer (definindo vantagens/desvantagens entre os competidores). **Jogador:** precisa saber sua posição no todo, compreendendo qual o componente do jogo (a *interface*) estabelece a competição e, em caso de *inter-relações* diretas com outros jogadores, quais são os mecanismos que podem utilizar para ter vantagem na competição.

Design-editing: a mecânica de edição permite o reuso de partes, componentes e mecânicas para compor novas fases e desafios ou editar fases existentes integrando novas partes a elas. A partir do reuso de mecânicas simples combinadas, ou compostas, podem emergir dinâmicas complexas. No PC a integração envolve a colocação de uma nova parte num todo pré-existente. **Designer:** ao projetar um editor de fases para o jogador poder criar fases, deve estabelecer quais componentes estarão disponíveis (*decomposição*), como o uso conjunto deles formará o todo (*compo-*

sição) e como eles podem se (*inter-*)relacionar, mantendo a jogabilidade. Esse editor pode permitir a criação de uma fase totalmente nova ou pode permitir a modificação de fases já existentes. Neste último caso, deve ser planejado as partes que podem ser adicionadas, bem como elas podem ser *integradas* às que já existem. O projetista pode também permitir que uma fase seja criada pela *decomposição* de uma fase existente, permitindo a retirada das partes não mais desejadas. Para evitar a *emersão* de dinâmicas indesejadas, o designer deve prever controles que impeçam certas composições de mecânicas que poderiam, por exemplo, fazer o jogo entrar em um loop sem fim. **Jogador:** pode *compor* fases a partir do reuso de mecânicas e partes disponíveis, como cenários, objetos etc. O jogador pode criar uma fase do zero, *compondo* elementos disponíveis, editar uma fase existente, *integrando* novos elementos aos já presentes ou *decompondo-a*, removendo partes não mais desejadas. O jogador precisa considerar de que forma essas partes se *inter-relacionam* e por quais *interfaces* se *integram*.

Tile Based Movement: com esta mecânica os componentes que se movem possuem espaços específicos que podem ocupar, esses espaços possuem alguma indicação de conexão entre eles e o movimento só é permitido de um espaço para outro conectado. Além disso, as peças nunca podem estar no meio ou entre dois espaços diferentes, elas precisam estar em um único espaço a qualquer momento. Esta mecânica acontece quando os espaços em Movimento Ponto-a-Ponto são áreas, e sua conexão é determinada por sua adjacência e possivelmente outras conexões artificiais [Xexéo 2017]. As diferentes posições (“áreas”) do tabuleiro que um jogador ocupa podem ser consideradas partes de um todo. Esta mecânica acontece quando os espaços no movimento ponto a ponto são áreas, e suas conexões são determinadas pelas adjacências ou possíveis conexões artificiais. O contraste entre todo e parte tem destaque na linha da decomposição. A decomposição quebra o todo em partes. A composição monta as partes em um todo. **Designer:** *compõe/decompõe* a área de jogo de forma que ela seja desafiadora, definindo os movimentos possíveis, cuidando para não existirem regiões que sejam inviáveis de serem percorridas. Deve-se preocupar com as *inter-relações* entre as diferentes posições de jogo e como elas se conectam/relacionam umas com as outras (*interfaces*). **Jogador:** para estabelecer seus possíveis movimentos numa mecânica ponto a ponto, deve enxergar as possíveis posições na área de jogo (*decomposição*), compreendendo como se dão as conexões entre as mesmas (*inter-relação*). O jogador deve também observar as *inter-relações* entre os movimentos de seu avatar/peão, com os movimentos dos avatares/peões dos demais jogadores.

Role Playing: nesta mecânica os jogadores precisam interpretar os personagens durante o jogo. Devem então agir, falar, comportar-se como seu personagem, que pode ser designado, escolhido ou criado, e não necessariamente ser o mesmo ao longo do jogo. **Designer:** deve conceber o jogo como um conjunto (composição) de papéis/ações que devem se *inter-relacionar* para colaborar/competir por um objetivo. Um papel é especificado com uma série de características, as quais definem as possíveis interações (*inter-relações*) do jogador que estará naquele papel com a área do jogo e com os demais papéis, eventualmente *emergindo* novos componentes ou ações possíveis no jogo. **Jogador:** deve compreender o seu papel no jogo, bem como as características que *compõem* o papel. Deve compreender também as ações possíveis daquele papel e como elas se *inter-relacionam* com os demais

papeis/ações. Para estabelecer uma estratégia de jogo, deve enxergar o todo como uma *composição* de papéis.

Tile-Laying: (mais comum em jogos de tabuleiro) baseia-se na criação do tabuleiro de forma dinâmica a partir de partes que vão sendo integradas a fim de compor um caminho totalmente novo para os jogadores percorrerem. Essas partes, ou peças, são retiradas/ escolhidas de uma pilha ou sacola comum. O jogador que as coloca no ‘tabuleiro’ também realiza uma ação com base na peça colocada. Essas peças têm regras de colocação e quase sempre podem ser colocadas em muitos lugares diferentes no ‘tabuleiro’. Isso torna a decisão de onde/como colocar o ladrilho a principal decisão do jogo. Às vezes, a colocação da peça é secundária em relação a como/quando a ação associada é executada e como isso afeta as outras condições de ponto/vitória. **Designer:** o designer concebe o jogo como uma *composição* de peças, estabelecendo as conexões (*interfaces*) possíveis entre elas. Deve definir quais os possíveis caminhos/ações que *emergem* da *composição* de partes, estabelecendo as regras de colocação das peças. Deve também definir como peças podem ser utilizadas em diferentes situações (*reuso*). **Jogador:** o jogador deve compreender como cada uma de suas peças pode se conectar com as demais *interfaces*, decidir a melhor estratégia de colocação de peça a cada jogada (*integração*) e quais são as ações que *emergem* de cada uma das jogadas realizadas.

Tokens to Act as Cards or Random Elements: para adicionar um elemento surpresa e atuar como um randomizador, cartas e fichas podem ser usadas para adicionar uma camada de imprevisibilidade ao jogo e determinar os seus estados. **Designer:** ao introduzir a aleatoriedade precisa estabelecer como o seu resultado deve se *inter-relacionar* com os demais componentes. Deve também tentar prever que dinâmicas podem *emergir* a partir da aleatoriedade adicionada, cuidando para que nenhuma dinâmica não desejada seja habilitada. **Jogador:** precisa compreender como o resultado do elemento randomizador se *inter-relaciona* com os demais, bem como quais dinâmicas *emergem* a partir do resultado aleatório obtido.

Virality: mecânica para aumentar a base de jogadores que, se bem-feita, deve enriquecer a jogabilidade. Também projetado para reforçar a retenção. Esta mecânica introduz elementos no jogo para torná-lo viral, trazendo novos jogadores e viabilizando a interação social. As interfaces especificam como os elementos podem se inter-relacionar. **Designer:** deve estabelecer quais serão os elementos (as *interfaces*) que viabilizarão os convites/entradas a/de novos jogadores bem como quais serão os benefícios/dinâmicas que resultarão dessas entradas, *inter-relacionando-os* com as demais dinâmicas já existentes. Deve também definir como os jogadores serão *integrados* na comunidade já existente, definindo (quando desejável) suas *inter-relações*. **Jogador:** deve compreender quais são os benefícios de trazer novos jogadores, usando os mecanismos (*interfaces*) que os permitem ganhar tais benefícios. Além disso, com a comunidade no jogo aumentando, o jogador deve utilizar os mecanismos que o permitem se *inter-relacionar* com os demais integrantes para continuar se beneficiando das interações sociais.

4.2. Avaliação via Painel de Especialistas e Resultados

A aplicação da metodologia de painel de especialistas se deu por meio das seguintes etapas: (1) Identificação da questão de pesquisa: o processo se deu a partir da organização dos dados e criação de formulário para pesquisa anônima para verificar a concordância

dos especialistas com o parecer final justificado pelo autor, o qual concordou ou discordou com a associação identificada pela rede BERT³. (2) Seleção dos membros do painel: identificaram-se e recrutaram-se indivíduos que têm conhecimento e experiência relevantes para responder ao questionário, em particular, professores e pesquisadores que têm atuado (via publicações recentes na área) no(s) tema(s) PC e/ou GD; (3) Condução do painel: os membros do painel foram contactados via e-mail e foram solicitados a responderem o formulário de pesquisa de forma anônima⁴; (4) Levantamento dos resultados: os registros das respostas foram organizados pelo autor e são apresentados a seguir. Até o momento da escrita deste texto, 4 especialistas haviam respondido o formulário.

Os resultados da pesquisa a respeito da concordância ou não do especialista em relação as justificativas do autor estão listadas na Tabela 3, onde “Q” representa o número da questão e P1, P2, P3 e P4 referem-se aos especialistas. Uma resposta “sim” significa que a pessoa concorda com a justificativa do autor e soma um ponto. Uma resposta “não” denota a discordância com o autor e soma zero pontos. As GM “*Communal Discovery*”, “*Competition*” e “*Role Playing*” foram as de maior concordância, obtendo nota 4, ou seja, 100% de concordância. A GM “*Tokens to Act as Cards or Random Elements*” foi a de pior nota, obtendo nota 2,0, ou seja, 50% de concordância.

Tabela 3. Respostas do Formulário de Concordância.

| Game Mechanic | Q | P1 | P2 | P3 | P4 | nota | % |
|---|---|-----|-----|-----|-----|------|--------|
| Behavioral Momentum | 1 | sim | sim | não | sim | 3,00 | 75,00 |
| Communal Discovery | 2 | sim | sim | sim | sim | 4,00 | 100,00 |
| Competition | 3 | sim | sim | sim | sim | 4,00 | 100,00 |
| Design-editing | 4 | sim | sim | não | sim | 3,00 | 75,00 |
| Tile Based Movement | 5 | sim | sim | sim | não | 3,00 | 75,00 |
| Role Playing | 6 | sim | sim | sim | sim | 4,00 | 100,00 |
| Tile-Laying | 7 | sim | sim | não | sim | 3,00 | 75,00 |
| Tokens to Act as Cards or Random Elements | 8 | sim | sim | não | não | 2,00 | 50,00 |
| Virality | 9 | sim | sim | não | sim | 3,00 | 75,00 |

5. Considerações Finais

O presente trabalho apresenta os resultados de um estudo preliminar de mapeamento semântico entre mecânicas de jogos [Lim et al. 2013, Lim et al. 2015] e a linha do pensamento computacional da decomposição [da Silva Júnior 2020]. Nove mecânicas de jogos foram correlacionadas com tópicos desta linha e, destas, oito tiveram concordância de especialistas na área da adequação das relações estabelecidas.

A investigação de tal sobreposição pode ser de grande utilidade na descoberta de novas ferramentas e métodos que possam ajudar a desenvolver habilidades do pensamento computacional, especialmente por meio de práticas pedagógicas baseadas na criação e uso de jogos sérios. Os pares GM x DEC correlacionados serão analisados em um experimento prático de oficina de criação de jogos com alunos de cursos superiores da área da computação, a fim de investigar a compatibilidade das mecânicas selecionadas com o desenvolvimento das habilidades relacionadas a decomposição.

³O formulário está disponível em <http://andrecaruso.com.br>

⁴Os participantes assinaram o TCLE conforme aprovado pelo Comitê de Ética (CAAE: 73891417.0.0000.5317)

Referências

- Alammar, J. (2023). The Illustrated BERT, ELMo, and co. (How NLP Cracked Transfer Learning). <https://jalammar.github.io/illustrated-bert/?jr=on>, Maio.
- Anderson, H. (2023). Game Mechanics 101 (Behavioral Momentum). <https://henryganderson.wordpress.com/2015/10/29/game-mechanics-101-behavioral-momentum/>, Maio.
- Andrade, L. G. D. S. B., Aguiar, N. C., Ferrete, R. B., and Santos, J. D. (2020). GERAÇÃO Z E AS METODOLOGIAS ATIVAS DE APRENDIZAGEM: desafios na Educação Profissional e Tecnológica. *Revista Brasileira da Educação Profissional e Tecnológica*, 1(18):e8575.
- Arroyo, I., Closser, A. H., Castro, F., Smith, H., Ottmar, E., and Micciolo, M. (2022). The WearableLearning Platform: A Computational Thinking Tool Supporting Game Design and Active Play. *Technology, Knowledge and Learning*.
- BNCC (2023). Computação na educação básica - complemento à BNCC. <http://portal.mec.gov.br/docman/fevereiro-2022-pdf/236791-anexo-ao-parecer-cneceb-n-2-2022-bncc-computacao/file>, Julho.
- Bourscheid Sassi, S., Maciel, C., and Carvalho Pereira, V. (2023). Análise Descritiva das atividades sobre Pensamento Computacional em livros didáticos à luz da BNCC. In *Anais do XIV Computer on the Beach - COTB'23*, pages 347–354, Florianópolis - Santa Catarina - Brasil. Universidade do Vale do Itajaí.
- Brooks, E. and Sjöberg, J. (2020). A designerly approach as a foundation for school children's computational thinking skills while developing digital games. In *Proceedings of the Interaction Design and Children Conference*, pages 87–95.
- Çakir, N. A., Çakir, M. P., and Lee, F. J. (2021). We game on skyscrapers: The effects of an equity-informed game design workshop on students' computational thinking skills and perceptions of computer science. *Educational Technology Research and Development*, 69(5):2683–2703.
- da Silva Júnior, B. A. (2020). GGasCT: Bringing Formal Methods to the Computational Thinking. In *Anais Dos Workshops Do IX Congresso Brasileiro de Informática Na Educação (WCBIE 2020)*, pages 83–83. Sociedade Brasileira de Computação.
- Fernandes, K. T., Lucena, M., and Aranha, E. (2019). A strategy for the development of computational thinking from game design specifications. In *Proceedings - IEEE 19th International Conference on Advanced Learning Technologies, ICALT 2019*, pages 386–388.
- Gonçalves Do Vale, B., Do Carmo Nogueira, T., Clayr Santos Ferreira, N., and Rudolfo Diedrich Ullmann, M. (2020). Avaliação do Impacto Emocional e de Desempenho em Jogos Sérios para o Desenvolvimento do Pensamento Computacional na Educação Inclusiva. In *Anais do XI Computer on the Beach - COTB '20*, pages 505–512, Balneário Camboriú. Universidade do Vale do Itajaí.
- Grinin, L., Grinin, A., and Korotayev, A. (2022). COVID-19 pandemic as a trigger for the acceleration of the cybernetic revolution, transition from e-government to e-state, and change in social relations. *Technological Forecasting and Social Change*, 175:121348.

- Hunicke, R., LeBlanc, M., Zubek, R., et al. (2004). Mda: A formal approach to game design and game research. In *Proceedings of the AAAI Workshop on Challenges in Game AI*, volume 4, page 1722. San Jose, CA, San Jose, CA.
- Jiang, Y., Li, X., Luo, H., Yin, S., and Kaynak, O. (2022). Quo vadis artificial intelligence? *Discover Artificial Intelligence*, 2(1):4.
- Kong, S.-C. (2019). Components and Methods of Evaluating Computational Thinking for Fostering Creative Problem-Solvers in Senior Primary School Education. In Kong, S.-C. and Abelson, H., editors, *Computational Thinking Education*, pages 119–141. Springer Singapore, Singapore.
- Lim, H. (2017). Computational Thinking (CT) and Rebel game Design: CT in health games. In *2017 IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH)*, pages 1–5, Perth, Australia. IEEE.
- Lim, T., Carvalho, M. B., Bellotti, F., Arnab, S., De Freitas, S., Louchart, S., Suttie, N., Berta, R., and De Gloria, A. (2015). The lm-gm framework for serious games analysis. *Int. J. Serious Games*.
- Lim, T., Louchart, S., Suttie, N., Ritchie, J., Aylett, R., Stefan, I., Ion, R., Martinez-Ortiz, I., and Moreno Ger, P. (2013). Strategies for Effective Digital Games Development and Implementation. In *Cases on Digital Game-Based Learning: Methods, Models, and Strategies*, pages 168–198.
- Martoglia, R. (2021). Invited Speech: Data Analytics and (Interpretable) Machine Learning for Social Good. In *2021 IEEE 23rd Int Conf on High Performance Computing & Communications; 7th Int Conf on Data Science & Systems; 19th Int Conf on Smart City; 7th Int Conf on Dependability in Sensor, Cloud & Big Data Systems & Application (HPCC/DSS/SmartCity/DependSys)*, pages 2144–2149.
- Nipo, D. T., Rodrigues, R. L., and França, R. (2022). Jogando e Pensando: Aprendendo Pensamento Computacional com Jogos de Entretenimento. In *Anais do XXXIII Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2022)*, pages 573–584, Brasil. Sociedade Brasileira de Computação - SBC.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1):95–123.
- Patino, A., Romero, M., and Proulx, J.-N. (2016). Analysis of Game and Learning Mechanics According to the Learning Theories. In *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, pages 1–4.
- Prensky, M. (2003). Digital game-based learning. *Computers in Entertainment*, 1(1):21.
- Prensky, M. (2010). *Teaching Digital Natives: Partnering for Real Learning*. Corwin Press, Thousand Oaks, Calif.
- Rahimi, F. B. and Kim, B. (2021). LEARNERS AS PLAYERS AND DESIGNERS: A FORMAL LEARNING APPROACH TO GAME DESIGN. *STEM 2021 Proceedings : 6th International STEM in Education Conference*, page 6.
- Schonfeld, E. (2010). SCVNGR’s Secret Game Mechanics Playdeck.

- Spieler, B., Kemény, F., Landerl, K., Binder, B., and Slány, W. (2020). The learning value of game design activities: Association between computational thinking and cognitive skills. In *Proceedings of the 15th Workshop on Primary and Secondary Computing Education*, pages 1–4.
- Stenmark, D. (2000). Turning tacit knowledge tangible. In *Proceedings of the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, pages 9 pp. vol.2–.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35.
- Xexéo, G. (2017). Building an ontology of boardgame mechanics based on the boardgamegeek database and the mda framework. In *Proceedings of the SBGames (2017)*.