

## Processo Formativo em Matemática e Robótica: Construcionismo, Pensamento Computacional e Aprendizagem Criativa

Greiton Toledo de Azevedo (IF-Goiano)<sup>1</sup>

Marcus Vinicius Maltemp (UNESP)<sup>2</sup>

### Resumo

Buscamos analisar e discutir as etapas formativas em matemática a partir da produção de jogos e dispositivos robóticos destinados ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson. Orientados pela pesquisa qualitativa, os dados da investigação foram produzidos junto ao Projeto Mattics, com alunos do Ensino Médio do Instituto Federal Goiano e pacientes do Hospital Dia do Idoso, e foram analisados à luz dos pressupostos teóricos do Construcionismo, Pensamento Computacional e da Aprendizagem Criativa. Trazemos as descrições-analíticas da produção dos jogos digitais e dos dispositivos robóticos, tendo como parâmetro as quatro etapas formativas em matemática: Tempestades de ideias; Protagonismo Científico; Mão na Massa; e Intervenção no Hospital. Os resultados obtidos apontam à formação matemática contextual e socialmente engajada no mundo de hoje, corroborando o desenvolvimento criativo, intelectual e científico-tecnológico do estudante.

*Palavras-chave:* Formação Matemática; Robótica; Doença de Parkinson; Pensamento Computacional.

### Abstract

We seek to analyze and discuss the training stages in mathematics from the production of games and robotic devices for the treatment of symptoms of Parkinson's disease. Guided by qualitative research, the research data were produced in the setting of the Mattics Project, with high school students from the Federal Institute Goiano, and patients from the Dia do Idoso Hospital, and were analyzed in light theoretical assumptions of Constructionism, Computational Thinking and Creative Learning. We bring the analytical descriptions of the production of digital games and robotic devices, taking as a parameter the four formative stages in mathematics: Storms of ideas; Scientific protagonism; Hands-on; and Intervention at the Hospital. The results obtained point to the contextual and socially engaged mathematical formation in today's world, corroborating the creative, intellectual and scientific-technological development of the student.

*Keywords:* Mathematical Formation; Robotics; Parkinson's Disease; Computational Thinking.

<sup>1</sup> Contato: greiton.azevedo@ifgoiano.edu.br

<sup>2</sup> Contato: marcus.maltempi@unesp.br

## 1. Introdução

O universo das invenções-criativas na formação matemática é um caminho possível para se pensar os processos de formação em Matemática do Ensino Médio (EM) tendo o aluno como pensador criativo (PAPERT, 2008). Não se pode ensinar criatividade, pois isso descaracterizaria a essência de pensar, criar e inventar criativamente. Porém, é possível estimulá-la nos mais diferentes contextos de aprendizagem, pois “todas as crianças nascem com a capacidade de serem criativas, mas sua criatividade não necessariamente se desenvolverá sozinha. Suas necessidades devem ser nutridas, encorajadas e apoiadas” (RESNICK, 2017, p. 21). Assim, nosso entendimento não é o de ensinar criatividade nas aulas de matemática, mas de incentivá-la a partir do processo formativo, sem deixar de lado a essência de imaginar e inventar soluções a problemas encaminhados em sociedade.

O cenário formativo em matemática é entendido como lugar para vivenciar experiências científico-tecnológicas e criativas, além de fomentar o desenvolvimento social, colaborativo e intelectual do aluno. Ainda no início da década 1990, Paulo Freire (1993) reiterou a importância de o estudante perceber, desde o começo, que estudar requer esforço e comprometimento, mas que também pode ser agradável e intelectualmente responsável, corroborando certas pedagogias que exacerbam o divertido e a afetividade. Entendemos que o trabalho com a produção de jogos e dispositivos robóticos nas aulas de matemática não deva se limitar ao campo cognitivo de formação, mas também, possibilitar formas diversas e inovadoras de expressar, sentir, comunicar e construir ideias poderosas (invenções úteis) à sociedade pela matemática e as suas tecnologias. A plasticidade da tecnologia promove diversidade epistemológica (BLIKSTEIN, 2008; 2013) do conhecimento e inovação, fomentando um ambiente no qual os alunos, na sua própria voz, podem materializar seus projetos com engajamento (TURKLE; PAPERT, 1991).

A ideia não é impor um currículo verticalizado sem levar em conta a realidade do aluno e seus interesses em escolher seus próprios caminhos e ferramentas. Mas, valorizar o currículo, sem perder de vista a invenção, a criatividade e as ideias dos alunos, incentivando a proposta de temas geradores de discussão e argumentação quanto à construção de jogos e dispositivos robóticos ao tratamento de Parkinson. A ideia é bem diferente daquela que se mostra pela imposição de temas escolhidos pelo professor, livro didático ou até das orientações governamentais (FREITAS, 2015). Isso porque, entendemos que “propor um tema predeterminado que pretende abordar um problema real de uma comunidade banaliza e contradiz o caráter dialógico do empreendimento educacional” (BLIKSTEIN, 2008, p. 840). A formação matemática não é vista como ato minimalista de transferência de conhecimento do professor para o aluno ou vice-versa. Entendemo-na como um processo ativo e

intelectualmente engajado, que privilegia a investigação para o desenvolvimento do aluno, focando no protagonismo e no desenvolvimento científico-tecnológico de matemática. Centramos na construção do conhecimento matemático para soluções de problemas encaminhados em sociedade, como o do tratamento de sintomas da doença de Parkinson de pacientes acometidos (CAMARGOS *et al.*, 2004; GALMA *et al.*, 2014; KOEPP *et al.*, 1998; GONÇALVES *et al.*, 2011).

Neste sentido, buscamos analisar e refletir as etapas formativas em matemática a partir da produção de jogos e dispositivos robóticos destinados ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson. Norteados pela pesquisa qualitativa, os dados da investigação foram produzidos junto ao Projeto Mattics, com alunos do Ensino Médio do Instituto Federal Goiano (IF-Goiano), em Ipameri (GO), e paciente do Hospital Dia do Idoso, em Anápolis (GO), e foram analisados à luz dos pressupostos teóricos do Construcionismo, Pensamento Computacional e da Aprendizagem Criativa. Trazemos as descrições-analíticas da produção dos jogos digitais e dos dispositivos robóticos, tendo como parâmetro as quatro etapas formativas em matemática: Tempestades de ideias; Protagonismo Científico; Mão na Massa; e Intervenção no Hospital.

## 2. Processo Formativo em Matemática

No contexto formativo em matemática, negamos o processo impositivo pedagógico e colocamos em suspensão a produção de eletrônicos (jogos e dispositivos robóticos) como fim em si mesmo. Consideramos que os eletrônicos nas aulas de matemática não são ferramentas de ensino, mas matérias-primas de construção, desenvolvimento científico-criativo e expressão pessoal do aluno (BLIKSTEIN, 2008; AZEVEDO *et al.*, 2018; 2019). À medida que os alunos trabalham juntos em projetos, “(...) produzem não apenas teias de conceitos, mas também conjuntos de estratégias de criar coisas, para resolver problemas e comunicar ideias” (RESNICK, 2017, p. 54, tradução nossa). E no processo de aprender programar um jogo digital associado ao dispositivo robótico, o aluno pode adquirir um senso mais elaborado da ciência, da matemática, da arte em construir modelos intelectuais à sociedade (PAPERT, 2008; RESNICK, 2017). A criatividade no ramo da matemática e computação se unifica como propósito de formação em matemática que transforma contextos e materiais úteis à ciência. Não é simplesmente coletar um lixo, limpá-lo e atribuir componentes tecnológicos a ele. A ideia é mobilizar estratégias de pesquisa que incentivem o aluno a pensar em propostas de produção e invenção, tendo como base a robótica e a matemática (POWELL, 2012).

Assim como preconiza Papert (2008), reconhecemos que o uso de tecnologias, jogo e robótica, nas aulas de matemática, com o uso de materiais de baixo custo, precisa ser planejado e bem articulado para não se reduzir aos mesmos moldes da repulsa ao pensar, fazer e aprender matemática pelo estudante. Numa direção contrária à mecanização ou instrumentalização de técnicas artístico-estilísticas de sucatas, o protagonismo do estudante e o seu envolvimento na invenção não deve se limitar a aquisição de técnicas ou à formalização excessiva de códigos de programação ou termos matemáticos sem significados. Isso porque, os processos de ensino e aprendizagem de matemática aliados à robótica na Educação Básica, que carregam elementos da criatividade (RESNICK, 2017; AZEVEDO; MALTEMPI, 2018; 2019), não podem ser reduzidos ao “modelo bancário”, no qual pequenas porções de dados seriam depositadas na mente dos alunos, de forma semelhante ao que aconteceria com o dinheiro colocado em uma conta bancária (FREIRE, 2011). Quanto mais se “exercitem os educandos no arquivamento dos depósitos que lhes são feitos, tanto menos desenvolverão em si a consciência crítica de que resultaria a sua inserção no mundo, como transformadores dele, como sujeitos” (FREIRE, 2011, p. 34).

Em sintonia com Papert (2008), Freire (2011) e Resnick (2017), nossa visão formativa de matemática a partir da produção de jogos digitais e dispositivos robóticos não se mostra estruturada no ato de transferir conhecimento ou de adquirir técnicas que se desatualizam, mas é entendida como possibilidade de construção de conhecimento e desenvolvimento de interesses e invenções do aluno à sociedade. Isso pressupõe criar uma proposta educadora que incorpora em suas diretrizes a interpretação de mundo do aluno, sua visão criativa e perscrutada da realidade, que busca conferir a seus sujeitos (no ambiente escolar) ferramentas para o exercício de emancipação (DEMO, 2011).

A visão emancipatória do processo formativo em matemática “deve fazer com que as pessoas se sintam agentes de ação e mudança no mundo” (BLIKSTEIN, 2008, p. 853), permitindo o aluno a pensar e a descobrir possibilidades de aprendizagem e intervenção. Essa compreensão não somente condena a pedagogia do treinamento, mas exige dos seus sujeitos, entre professores e alunos, uma nova postura frente ao seu processo de formação. Exige de ambos uma postura engajada, criativa e humana, menos estanque e mais comprometida com a realidade, em vez de apenas executarem tarefas e seguirem políticas públicas educacionais sem terem planos de ação efetivos (FREITAS, 2015).

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Brasileira (BRASIL, 1996), dialoga com essa concepção de que é possível promover caminhos formativos que estejam atentos à inovação científico-tecnológica e criativa da Educação Básica. Preconiza que se deve favorecer “o pleno desenvolvimento do educando” (Art. 2º), o que incluem o domínio das

tecnologias e o preparo para o exercício da cidadania. Embora não garanta seu uso e nem aponta estratégia de execução, a LDB se mostra aberta ao compasso das boas iniciativas educacionais. A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) do Ensino Médio (BRASIL, 2018), instituída e orientada pela resolução CNE/CP nº 2, de 22 de dezembro de 2017, e o Plano Nacional de Desenvolvimento (BRASIL, 2014), a Lei n. 13.005, de 25 de junho de 2014, também mostram, com fragilidades exequíveis (FREITAS, 2015), preocupação com o uso de tecnologias à formação do aluno, visando o potencial qualitativo educacional (FREIRE, 2011). Não obstante, tencionados pelos desafios emergenciais, o Conselho Nacional de Secretários de Educação e especialistas do Fórum Nacional de Educação têm concentrado esforços para refletir sobre o processo formativo do aluno que atenda as reais necessidades da sociedade, tendo como pano de fundo as demandas científico-tecnológicas. Entendemos que, no sentido mais amplo do que os documentos oficiais da educação, o processo formativo em matemática se mostra desafiador a imersão da produção de jogos e dispositivos robóticos com a transformação de sucatas em materiais a solução de problemas na realidade social (HAYES; GAMES, 2008; GEE, 2004; PRENSKY, 2008; VALENTE, 2016; PAPERT, 2008; RESNICK, 2017).

### **3. Caminhos teóricos que se unem à formação em matemática**

Tendo assumido as etapas do processo formativo em matemática como algo dinâmico, orgânico e não-linear, atentamos nossos olhares à construção ativo-científica e desconsideramos a pedagogia do treinamento, durante a invenção e desenvolvimento de jogos digitais e dispositivos robóticos destinados ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson. À luz do Construcionismo, tais etapas negam a transmissão de conhecimento e põem em suspensão o valor da instrução domesticada (PAPERT, 1986; 2008), corroborando a interação dinâmica, permeada por significados que se atualizam conjuntamente a construção de artefatos que podem ser compartilhados, desenvolvidos e utilizados por outras pessoas (PAPERT, 1986 2008; POWELL, 2012; BLIKSTEIN; WORSLEY, 2016; AZEVEDO *et al.*, 2018a; 2019; BLIKSTEIN; VALENTE; MOURA; 2020

A formação em matemática pode ser um processo ativo e engajadamente intelectual em sociedade, em que os estudantes possam “colocar a mão na massa” e desenvolver coisas úteis (que pode ser um sistema de irrigação, um dispositivo robótico para o tratamento de sintomas da doença de Parkinson, uma maquete para projeção de um novo edifício, um sensor à segurança, entre outros), em vez de ficarem passivamente sentados e

atentos a fala do professor (AZEVEDO *et al.*, 2018b). Em diálogo com as ideias da Aprendizagem Criativa, assumimos que é possível incentivar e apoiar a criatividade dos alunos em suas produções, vislumbrando novas possibilidades à imaginação, investigação, curiosidade, argumentação científica e invenção de artefatos a problemas encaminhados em sociedade (RESNICK, 2017). Entendemos que a criatividade deve ser cultivada durante a produção de dispositivos robóticos na formação em matemática, configurando-se no campo abstrato da criação e no desenvolvimento de ideias e materiais, auxiliando os estudantes a desenvolverem-se enquanto sujeitos capazes de propor soluções reais baseadas em seus conhecimentos intuitivos e científicos, sem deixar de lado seus interesses pessoais.

Para essas construções robóticas destinadas ao tratamento da doença de Parkinson, também nos apoiamos na perspectiva do Pensamento Computacional (PC) que se remonta ao processo de gerar ideias poderosas, valendo-se de conceitos da ciência da computação, que não se encerrem como um fim em si mesmo. Para além de contribuir com o processo de análise-estrutural algorítmica ou processual lógico-relacional da programação, as características do PC corroboram a: comunicação lógica das ideias e seus encadeamentos sucessivos e estruturais dedutivos; particularidade e generalidade de ideias estruturais analógicas e digitais (que envolvem conteúdos curriculares e técnicos); abstração de pensamentos dedutivo-indutivos estrategicamente mobilizados; e decomposição de componentes à compreensão de um todo (BARBA, 2016; WING, 2011; DENNING, 2017).

A sinergia destas três visões - Construcionismo, Pensamento Computacional e Aprendizagem Criativa - se amalgama nas etapas formativas em matemática uma vez que corrobora o desenvolvimento e a construção de ideias e invenções poderosas à sociedade. Tendo em vista que as etapas formativas são possibilidades de caminhos que buscam despertar o espírito investigativo, científico e intelectual do aluno em sala de aula, as três visões dão subsídios para entender o processo de formação do estudante a partir da produção de jogos digitais e dispositivos robóticos destinados ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson como um processo lógico-dedutivo, contextual e problematizado. Neste sentido, ao olharmos para essa sinergia teórica, a hierarquia procedimental conteúdo-exemplo-exercícios é rompida nessa concepção, dando lugar à investigação, à curiosidade e à criatividade a partir da experimentação e invenção do aluno (PAPERT, 2008; RESNICK, 2017; MALTEMPI, 2012). Conhecida a visão teórica que orienta a perspectiva fundante deste trabalho, avançamos à próxima seção a fim de conhecer o percurso de pesquisa.

## 4. Contextos e Percurso metodológico de Pesquisa

Adotamos os pressupostos da pesquisa qualitativa, pois buscamos “[...] atingir aspectos humanos sem passar pelos crivos da mensuração, sem partir de métodos previamente definidos e, portanto, sem ficar presos a quantificadores e aos cálculos recorrentes” (BICUDO, 2006, p. 107), e negamos a neutralidade do pesquisador durante todo processo investigativo, pois consideramos que há sempre um aspecto subjetivo a ser considerado (TRIVIÑOS, 2009; BOGDAN; BIKLEN, 1994). É nesse sentido que lançamos luz à compreensão da nossa região da pesquisa quanto à produção de jogos digitais e dispositivos de robótica destinados ao tratamento da doença de Parkinson.

A pesquisa foi realizada ao longo dos anos de 2018 e 2019 presencialmente, com encontramos semanais de 140 minutos cada, com a participação de 40 alunos, em cada ano, no Projeto Mattics do Instituto Federal Goiano, e no Hospital Dia do Idoso, com os alunos do Ensino Médio, profissionais da educação, computação e da área medica. Tal projeto é entendido como lugar para vivenciar experiências científico-tecnológicas e criativas, além de fomentar o desenvolvimento formativo, colaborativo e intelectual do aluno.

Os dados evidenciados na pesquisa consideram os mais de 30 jogos digitais e 15 dispositivos de robótica desenvolvidos pelos alunos ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson, nos anos de 2018 e 2019. Pelo escopo deste artigo, porém, restringimos ao processo de formação em matemática à luz das etapas formativas, exemplificando alguns deles, entre os quais se destacam: *Navegação*, *Paraquedas*, *Pegar Peixe* e *Pé de Café*. Salienta-se que a dinamicidade do trabalho ultrapassa a margem temporal do horário de aula, haja vista que ele se organiza no contra turno escolar e se estende ao hospital.

Desta forma, em forma de recorte, analisaremos a formação de matemática por meio das seguintes etapas desenvolvidas, a saber: Tempestades de ideias; Protagonismo Científico; Mão na Massa; e Intervenção no Hospital em seções dialógicas e complementares. Vale ressaltar que o amadurecimento de tais etapas foi desenvolvido ao longo dos últimos dois anos, passando por debates, pesquisas e discussões/experimentações entre pesquisadores, professores e profissionais da área da computação e médica tanto no IF-Goiano quanto no Hospital do Idoso. Por fim, os dados da pesquisa foram produzidos no Projeto Mattics e foram analisados à luz dos pressupostos teóricos do Construcionismo, PC e da Aprendizagem Criativa. Trazemos as descrições-analíticas das ações dos integrantes do projeto ao longo das etapas formativas, bem como lançamos olharemos naturalísticos às invenções criativas e científico-tecnológicas desenvolvidas, em sala de aula, destinadas ao tratamento de sintomas da doença de

Parkinson. Entendido o caminho metodológico, avançamos à próxima seção. Todos os participantes da pesquisa receberam os termos de consentimento/autorização e manifestaram interesse em participar sem o anonimato de suas identidades. Salienta-se que o trabalho foi aprovado no Comitê de Ética (CEP) da Unesp, campus de Rio Claro (SP), cujo CAAE é 95768318.2.0000.5466 e parecer designa pelo código 3.243.517.

## 5. Etapas formativas em matemática

A organização das quatro etapas de formação do projeto se baseia na concepção construcionista (PAPERT, 1993 2008) e se fortalece nos pressupostos da Aprendizagem Criativa (RESNICK, 2017) e do Pensamento Computacional (BARBA, 2016; WING, 2011; DENNING, 2017). Um dos principais critérios de organização das etapas formativas foi o de planejar o processo de aprendizagem dos estudantes do Ensino Médio como um *Propósito* maior formativo, permitindo-os a ter um olhar curioso e responsabilmente investigativo e não simplesmente focar na eletrônica ou em fazer coisas com conteúdos curriculares. Buscamos ter uma postura ética e intelectualmente solidária de aprendizagem, estimulando-os a identificar e resolver desafios reais circunscritos, tendo como base o conhecimento científico-matemático e a invenção de soluções à formação.

O trabalho com a produção de jogos digitais e dispositivos de robótica destinados ao tratamento da doença de Parkinson, nas aulas de Matemática, vai muito além de conceitos isolados e rígidos. Os conteúdos de matemática, programação e robótica foram estrategicamente organizados e mapeados em três pilares essenciais, a saber, conceitual, procedimental e atitudinal, ao longo do ano letivo. Os encontros foram organizados em forma de oficinas investigativas de modo a prestigiar a pesquisa e os conhecimentos matemáticos e científico-tecnológicos dos alunos. Buscamos explorar em num ambiente de invenções, o currículo de matemática, além de promover o exercício da cidadania (POWELL; BRANTLINGER, 2008) e da aprendizagem sobre inovação e robótica.

De maneira estratégica, os estudantes, no início de cada tema estabelecido do mês, mobilizaram conhecimentos produziram pesquisas e construíram invenções criativo-científicas e tecnológicas, ao mesmo tempo em que aprenderam conteúdos de matemática quando programam os algoritmos dos personagens dos seus jogos e desenvolveram seus dispositivos robóticos associados, usando materiais customizados e placas robóticas para o hospital. No sentido de apresentar a visão geral das etapas formativas, exemplificamos o trabalho (Paraquedas) na voz do aluno Caio Victor – Depoimento gravado no Mattics.

**Quadro 1:** Guarda-chuva de sucata se transforma em paraquedas-robótica para o Parkinson na aula de matemática<sup>3</sup>

Depoimento e ideias (Ideias matemáticas do Jogo)	Brainstorming Math (Programação e robótica)	Guarda-chuva - paraquedas (Tratamento de Parkinson)
		

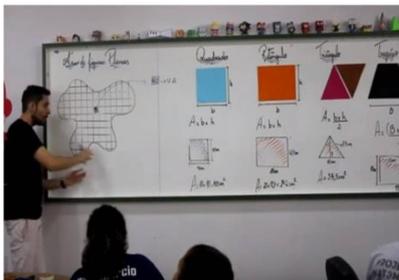
**Descrição:** Um guarda-chuva de sucata se transforma em paraquedas-robótico. Essa ideia e muitas outras pertencem ao grupo do aluno Caio Victor. Com ideias criativas e projetos de inovação de impacto da escola pública brasileira, usando conhecimentos científicos matemáticos, da computação e robótica, ele compartilha conosco o jogo do Paraquedas

Fonte: elaborado pelos autores.

As respostas não são entregues, assim como a construção do jogo Paraquedas, até porque para alguns contextos elas inexistiam. Algumas foram (e continuam sendo – para cada nova ideia) construídas em conjunto à luz dos objetivos de aprendizagem estrategicamente definidos para cada encontro. Os alunos investem tempo para compreender os operadores lógicos e relacionais conectados com as linguagens algébrica e geométrica, dadas na forma de blocos gráficos, como o conteúdo de matemática, entre os quais se evidenciam no jogo do Paraquedas: funções trigonométricas (seno, cosseno, tangente), funções polinomiais (do primeiro grau, quadrática, etc.), funções exponenciais e logarítmicas. Os alunos também têm a oportunidade de estabelecer conexão (*software-hardware*) entre variáveis e funções de recursividade, que se estendem à confecção de produtos de baixo custo, fazendo o uso de guarda-chuva velho, placas, circuitos, condutores de energia, fios de cobre e protótipos. Todo processo se sustenta pela *criatividade, conhecimento e propósito*. Para exemplificar essas ideias, destacamos o jogo Navegação, que é uma das invenções curiosas desenvolvida nas aulas de matemática, usando uma roda de bicicleta velha, robótica e paletes descartáveis:

<sup>3</sup> Cf.: Guarda-Chuva Robótico se transforma em Paraquedas. Disponível: [https://youtu.be/n9FfyZj\\_h0g](https://youtu.be/n9FfyZj_h0g)

**Quadro 2:** Uma roda de bicicleta se transforma em robô para o Parkinson na aula de matemática<sup>4</sup>

Depoimento e ideias (Ideias matemáticas do Jogo)	Brainstorming Math (Conteúdo e investigação)	Timão – Roda de bike (Tratamento de Parkinson)
 <p data-bbox="204 678 459 707">Eduardo Brandão</p>		

**Descrição:** Uma roda velha de bicicleta se transforma em timão, paletes viram espaço de um navio da idade média. Essas ideias e muitas outras pertencem ao estudante Eduardo Brandão. Com ideias criativas e projetos de inovação de impacto, usando conhecimentos científicos matemáticos, de programação e robótica, ele compartilha conosco o jogo Navegação

Fonte: elaborado pelos autores.

Com muita matemática e criatividade com o uso de materiais de custo baixo, movimentos de pássaros se transformam em curvas logarítmicas e exponenciais, enquanto trajetórias dos peixes são descritas em funções quadráticas. Essas e muitas outras tempestades de ideias podem ser contempladas na nova produção nas aulas de matemática – conforme depoimento dado pelo aluno Eduardo Brandão. Assim como a construção do jogo Navegação, que envolve uma série de conteúdos de matemática<sup>5</sup>, ao longo dos encontros, no decorrer do ano letivo tanto na aula de matemática quanto no hospital, os alunos vivenciam contextos reais de aprendizagem, lidam situações imprevistas, trabalham com inovação-criativa e constroem ativamente conhecimentos matemáticos, de programação e robótica de forma dinâmica, coletiva, científica e social. Não é o simples fato de incentivar a habilidade de programar um jogo digital e desenvolver um dispositivo de robótica, o objetivo, em cada encontro, é o de torna-se um pensador criativo e forjar ideias em conjunto para aprender a se comunicar computacional e matematicamente, de modo a resolver problemas encaminhados a favor da sociedade. A fim de entender melhor essa visão geral das quatro etapas formativas, reservamos um espaço específico para explicitá-las resumidamente à luz do referencial teórico.

### 5.1. Tempestades de Ideias (*Brainstorming*)

Entendida como ideação, **Tempestades de ideias** (*Brainstorming*) busca o desenvolvimento de habilidades, potencialidades e criatividade de matemática dos alunos,

<sup>4</sup> Cf.: Roda de Bicicleta se transforma em Timão de Navio: Disponível em: <https://youtu.be/15gEq8NC16s>

<sup>5</sup> Cf.: Jogo Navegação [Ideias de matemática]: Disponível em: [https://youtu.be/guJvjc\\_Xzvg](https://youtu.be/guJvjc_Xzvg)

tendo em vista o seu interesse e a sua motivação. Sendo o embrião das etapas formativas, os alunos expõem seus primeiros questionamentos acerca do novo projeto, posicionam diante dos conteúdos matemáticos e computacionais mobilizados pelo time de profissionais do projeto, exercitam a prática do trabalho colaborativo e em pares.

**Figura 1:** Etapa 1 - Tempestade de ideias (*Brainstorming*)

---



**Fonte:** Dados da pesquisa.

Como o estudante é convidado a pensar, agir e desenvolver-se para solucionar um problema encaminhado ou atingir uma finalidade, o processo formativo em matemática se constitui em um ambiente interativo no qual os alunos aprendem conceitos de forma problematizada. Lidam com situações imprevistas e muitas vezes sem respostas, exploram a imaginação, projetam estruturas incipientes dos jogos e rascunham ideias iniciais dos dispositivos robóticos, reconhecendo o erro como aliado ao processo da aprendizagem e não como algo proibido. Os alunos também compartilham suas ideias e experiências, tendo o professor como parceiro e mediador do processo formativo. A ideia central aqui é simples: o aluno aprende melhor quando está engajado no seu desejo de fazer.

Na *Fase 1*, os jogos-bases (de cada mês/temática) são construídos coletivamente com a turma, envolvendo os conteúdos de matemática e programação previamente selecionados, conforme nossos planejamentos e os propósitos que desejamos alcançar no final da temática. É nessa etapa que os propósitos se originam e começam a ser concretizados através dos esboços dos personagens e *frames*, que se sustentam pelos algoritmos da matemática e da programação. Em um ambiente de invenção e investigação-exploratória, encorajamos os grupos de alunos a pensar na estrutura de funcionamento dos jogos-bases e desenvolver ideias matemáticas por trás de cada algoritmo estudado/analizado. Nessa etapa, as tempestades de hipóteses, questionamentos e argumentos se protagonizam na medida em que os alunos buscam compreender o funcionamento dos jogos-bases e aprimorá-los por meio de novas ferramentas (de

programação, robótica e conteúdos matemáticos) mobilizadas pelo professor. Depois da *compreensão, significado e produção* do jogo-base, sem a formalização excessiva de nomenclaturas e procedimentos que minam a criatividade (PAPERT, 2008), o conhecimento matemático é formalizado, em conjunto, entre os alunos e com os alunos, negando-se a figura do professor como formalizador único de ideias complexas de Álgebra e Geometria.

Em vez do trinômio conceito-exercícios-respostas, valorizamos a compreensão, invenção e resultados do aluno, bem como o seu pensar sobre o próprio-pensar (PAPERT, 2008), carregando concomitantemente as características do pensamento computacional. Ao compreender o conceito de Progressão Aritmética e Progressão Geométrica, por exemplo, propomos aos estudantes diferentes contextos de aprendizagem que os permitam extrair ou excluir dados, levantar hipóteses e inferir resultados de situações-problemas (nos algoritmos), buscando entender seus conceitos e suas lógicas de matemática e programação. Na Fase 2, em um ambiente de engajamento, intenção e diálogo, os alunos aprofundam, com a mediação do professor, novas ideias para seus jogos e propõem novos temas que gostariam de trabalhar. Eles criam novos jogos (da sua preferência) e pensam nos possíveis dispositivos robóticos, tendo como base as ideias dos algoritmos e conteúdos matemáticos mobilizados nos jogos-bases, na primeira fase. Na Plenária, os alunos discutem conteúdos de matemática interligados à programação e robótica, com o auxílio do professor. Os alunos são (re) organizados em equipes de trabalho de forma estratégica para liderarem linhas de frente do mês, por exemplo: equipe da robótica, do *layout* dos jogos, da parte dos algoritmos, matemática e sucatas a serem coletados e reaproveitados.

Os argumentos dos alunos tornam-se um fator importante, no qual eles têm a oportunidade de discutir as questões estratégicas para a reabilitação dos pacientes de Parkinson a partir do funcionamento do jogo interligado ao dispositivo robótico e sensores, tendo como pano de fundo o conteúdo de matemática e computacional e as orientações dos profissionais da saúde. As sugestões dadas pelos profissionais da saúde (fisioterapeutas, médicos, etc.) são registradas nos cadernos de memórias dos alunos e são levadas em consideração durante todo processo inicial de criação/ideação. Fazemos contribuições às ideias de cada grupo e orientamos o desenvolvimento da estrutura algébrica e geométrica, além da construção dos algoritmos para o funcionamento dos eletrônicos. A partir das tempestades de ideias, os alunos vão descartando informações desnecessárias e priorizando ideias-chave à compreensão do conhecimento para o desenvolvimento dos novos jogos a serem desenvolvidos ao Parkinson. Em geral, TI, que acontece em dois ou três encontros, se origina no campo das ideias e se consolida nos esboços dos jogos a serem construídos no Protagonismo Científico.

## 5.2. Protagonismo Científico

Olhamos para essa etapa como processo ativo e participativo de aprendizagem do aluno, que não recebe nada pronto ou *mastigado* pelo professor, negando-se, portanto, a ideia que um bom caminho para a aprendizagem se reduza ao aperfeiçoamento da mera instrução ou do acúmulo excessivo do ensino (PAPERT, 2008; RESNICK, 2017).

Discordando de reduzir o estudo de matemática aos processos meramente procedural, enfadonho ou mecânico, o nosso entendimento é que, ao trabalhar com a matemática, robótica e programação de forma interligada a propor respostas à sociedade, a organização dos processos de ensino e aprendizagem, em sala de aula, exige uma nova postura tanto do professor quanto do aluno frente à construção de conhecimento matemático, em um ambiente de diálogo, pesquisa e desenvolvimento de ideias criativas; um processo visto como produção ativa que permita ao estudante desenvolver o seu potencial criativo e a sua capacidade de verbalizar e de enfrentar ativamente diferentes situações-problema, em vez de apenas receber informações prontas a serem consumidas.

Na mobilização da (re) construção do conhecimento matemático e computacional dos jogos, o *Protagonismo Científico* se fortalece nos momentos de investigação e curiosidade dos algoritmos, bem como durante o exercício de refletir e argumentar matemática e computacionalmente, sem deixar de lado a sua forma de expressar (verbal e não verbal) criativamente. Buscamos nutrir a criatividade dos alunos ao desenvolver suas ideias, tendo como base a invenção dos algoritmos para o funcionamento do jogo.

**Figura 2:** Etapa 2 - Protagonismo Científico



**Fonte:** Dados da pesquisa.

Oportunizamos situações desencadeadoras de aprendizagem, em que os estudantes possam desenvolver se criativamente. O contexto não é o de centrar esforços apenas no

conteúdo matemático em si mesmo ou na construção do algoritmo em diferentes plataformas - *GeoGebra*, *Scratch* e *Micro: bit* -, mas é o de encorajar a postura ativa do aluno frente a sua aprendizagem, sabendo trabalhar com diferentes recursos, tendo a chance de explorar o encadeamento da sua lógica intuitiva ao longo da produção do jogo e poder concatenar ideias matemáticas e computacionais (BARBA, 2016; WING, 2006).

O Protagonismo Científico estrutura-se pela análise de parâmetros das ideias de matemática e computação: funções recursivas, propositivas e paralelas. Assim sendo, buscamos promover a compreensão, construção e aplicação de leis de formação (fórmulas matemáticas) e das transformações geométricas, originadas ao longo da produção dos algoritmos nos eletrônicos. O espaço se constituiu como um lugar de trocas não só de conceitos científicos, mas de estudo, questionamento e reflexão. Os alunos argumentaram entre si sobre as possibilidades de fazer o algoritmo funcionar e, nesse momento, receberam novas ideias dos professores convidados ou pesquisadores, que fizeram parte da dinâmica de cada encontro do projeto. Entendemos que o Protagonismo Científico entre professor-aluno e aluno-aluno se estabelece como um organismo vivo pela argumentação, parcerias e trocas significativas de experiências e saberes. Exemplo disto é o desenvolvimento do *Pé de Café*, que foi um dos jogos da pesquisa construído pelos alunos a partir da discussão-argumentação do movimento do personagem principal (regador) entre todos os participantes. Foram mobilizadas diferentes funções matemáticas para a construção de cada personagem. Por exemplo, o regador foi desenvolvido com o uso da Função Seno, a saber:  $f(x): \text{sen}(x) = a + b \text{sen}(cx + d)$ , no qual seus parâmetros foram testados e analisados pelos alunos. Esta lei de formação não foi entregue, mas explorada, discutida e aprimorada (definição dos parâmetros) conjuntamente.

Os erros conceituais e procedimentais tornam-se inevitáveis durante a produção e desenvolvimento dos jogos e, por consequência, eles acabam se constituindo como engrenagens importantes à aprendizagem em matemática, pois são debatidos, refletidos e corrigidos, ativamente, pelos grupos e professor. Nesse sentido, entendemos que o coração do Protagonismo Científico revela a posição do aluno como cientista e não como copiador de informações, em sala de aula. É um desafio não só para o aluno, mas também para o professor, que nem sempre tem todas as respostas. Depois de quatro a seis encontros, em média, quando todos os jogos ficaram prontos, isto é, os algoritmos desenvolvidos, os cenários e personagens definidos, os estudantes avançaram à próxima etapa, Mão na Massa.

### 5.3. Mão na Massa

Como resgate da brincadeira com massinhas de modelagem e blocos de madeira no Jardim de infância, a etapa Mão na Massa abre a possibilidade de uma nova invenção criativa do aluno a partir da construção de dispositivos robóticos conectados aos jogos com o uso de sucatas, matemática e computação. Nesta etapa a aprendizagem, que carrega a concepção da aprendizagem criativa e os pressupostos do Construcionismo, passa pelas mãos [*hands-on*] (PAPERT, 2008; RESNICK, 2017) e valoriza momentos lúdicos e experiências prazerosas, colocando mais uma vez a transmissão de conhecimento do professor de lado à medida que o protagonismo do aluno, a sua autonomia e o seu potencial inventivo se fazem mutuamente presentes ao longo do processo das invenções.

**Figura 3:** Etapa 3 – Mão na Massa



**Fonte:** Dados da pesquisa.

A ideia aqui não é contribuir para que os alunos se tornem mais criativos na forma de encarar, inventar e resolver diferentes problemas com poucos recursos. Desta forma, buscamos encorajar a posição ativa de aprendizagem do aluno pela invenção de ferramentas úteis e responsabilmente significativas, incentivando-o no “[...] desenvolvimento de projetos pessoais e [à exploração] de novos conceitos, progredindo em seu próprio ritmo de aprendizagem” (MALTEMPI, 2012, p. 289). À luz do Construcionismo, entendemos que o desenvolvimento de dispositivos robóticos, que passa pela “nossa cabeça”, se concretiza quando é apoiado por uma construção pública, “no mundo”, como “[...] um castelo de areia ou uma torta, uma casa de Lego [...], um programa de computador, um poema ou uma teoria do universo, [um dispositivo de robótica]” (PAPERT, 1993, p. 142, tradução nossa). Tencionado pelo autor, o termo “no mundo”, refere-se a um produto que é construído e compartilhado pelas pessoas. E é justamente essa ideia que a mão na massa preconiza: deixar fluir poderosas ideias dos alunos geradas na mente, tendo a chance e expressá-las “no mundo”, em formas de modelos criativos e científico-tecnológicos.

Mão na massa abre portas especialmente às construções concretas “no mundo”, sem perder de vista as construções prazerosas do jardim de infância (RESNICK, 2017), que não são regidas necessariamente pela cronologia do tempo escolar, como se o prazo de invenção se limitasse em blocos temporais de 30, 50 ou 120 minutos. Esta etapa ocorre ao longo do amadurecimento das produções nas etapas e, por conseguinte, cada jogo (associado ao dispositivo robótico) depende do nível de cada ideia/conteúdo a ser desenvolvido. Em média, levam-se três semanas. Os encontros acontecem no Laboratório da Aprendizagem Criativa e também em espaços não formais de aprendizagem, protagonizados voluntariamente pelos alunos. Eles se divertem enquanto criam. Dialogam enquanto rascunham. Discutem enquanto testam e arquitetam os eletrônicos. Não compram, criam dispositivos robóticos. Não desperdiçam, reutilizam e reciclam materiais. Utilizamos materiais de baixo custo às invenções, entre os quais se destacam: papelão, leds, parafusos, plástico, fio de cobre, condutores de energias, papel alumínio, sensores, pilhas, retalhos de tecidos, tinta, cano, botões velhos, pedaços de madeira, parafusos, cabo de vassoura, garrafas, rodas e guidão de bicicletas, guarda-chuva, massinhas, entre outros.

Aos poucos, durante o processo de projeto/pesquisa, começamos amadurecer as ideias desta etapa não só como a de transformação de materiais de sucatas em dispositivos importantes ao tratamento de Parkinson, mas também como engrenagens de aprendizagens que se constituem em arsenais de depurações e modelos criativos que oportunizam outros caminhos de formação do aluno do que aquele que o coloca para ouvir o professor. Provavelmente, o mais importante nesse movimento criador da etapa Mão na Massa, que encoraja os estudantes a desenvolver ideias e a trabalhar em projetos, seja o de “apoiar uma abordagem de aprendizado baseada em projetos, na qual as pessoas aprendem novas ideias, habilidades e estratégias enquanto trabalham em invenções pessoais e significativas” (RESNICK, 2017, p. 34, tradução nossa). Após as invenções-criativas e científico-tecnológicas no Mattics, o time de profissionais do projeto e os estudantes prosseguiram à próxima etapa do projeto, que é a intervenção no hospital.

#### 5.4. Intervenção no Hospital

A Intervenção no Hospital constitui-se como aliança entre educação e saúde, privilegiando um espaço de formação significativa, empatia e solidariedade, no qual alunos, pacientes e profissionais da saúde se beneficiam das construções tecnológicas e científicas produzidas pelos alunos. O contexto oportuniza aos alunos uma formação voltada para o senso global e de responsabilidade social (POWELL, 2012). Os alunos organizam o espaço no hospital e montam jogos e dispositivos robóticos em uma sala destinada ao tratamento de Parkinson. Em cada encontro são explorados três ou quatro jogos e dispositivos

robóticos, que são testados pelos profissionais da saúde antes de serem utilizados nas sessões de fisioterapia e retardamento de sintomas da doença de Parkinson.

**Figura 4:** Etapa 4 – Intervenção no Hospital<sup>6</sup>



**Fonte:** Dados da pesquisa.

Os diferentes jogos têm múltiplos níveis de dificuldade para que a equipe clínica possa personalizá-los aos movimentos/habilidades específicas de cada portador da doença. Após os ajustes e montagens dos jogos e dos dispositivos de robótica, as sessões de fisioterapia se mostram como uma forma de incentivo para os movimentos coordenados e assistidos, além de contribuir para o bem-estar dos pacientes. Além de contribuir com o retardamento da doença, as interações buscam contribuir com a formação do aluno para além da sala de aula, pautando-se no diálogo, na argumentação e no auxílio dos profissionais.

Nesta etapa, entendemos que o trabalho realizado dialoga com as demandas da sociedade, tendo como base o conhecimento científico e tecnológico mobilizado a favor das pessoas. A ideia central é ajudar os alunos a serem conscientes sociais e protagonistas da sua aprendizagem matemática em sociedade e não somente dentro de sala de aula, resgatando a sua confiança e incentivando o seu protagonismo matemático (*Empowerment*) ao desenvolver a sua capacidade intelectual e criar propostas ou soluções para ajudar outras pessoas (POWELL, 2012). Tencionados por essa visão, entendemos que, para formar estudantes protagonistas, é necessário incentivar contextos para tal fim, no qual o ambiente esteja aberto ao debate e pensamento, à reflexão e às propostas legítimas à invenção. A etapa Intervenção no Hospital diz respeito não apenas o conteúdo curricular e de robótica – mas, especialmente, protagoniza questões essenciais ao respeito à vida – na qual a

---

<sup>6</sup> Alguns benefícios do tratamento de sintomas da doença de Parkinson podem ser observados em:  
Cf<sub>1</sub>: Matemática e Parkinson | Depoimento: <https://youtu.be/mAAIWnzIR4M>  
Cf<sub>2</sub>: Games contra a doença de Parkinson: <https://youtu.be/gMLNvsLB2ts>  
Cf<sub>3</sub>: Tratamento da doença de Parkinson: <https://youtu.be/T6tiuF1fQJ8>

competência humana é colocada como um ingrediente indispensável da formação dos alunos. O campo da solidariedade e comprometimento com o bem-estar do idoso e de si mesmo é um mecanismo para se promover contextos formativos globalmente responsáveis (POWELL, 2012), no qual os alunos são engajados a contribuir com o tratamento dos pacientes.

Ressaltamos que, mesmo sabendo que a doença neurológica de Parkinson não tem cura, acreditamos que, conforme área médica do projeto, “uma boa combinação feita entre tratamento medicamentos e sessões de terapia são alternativas que podem minimizar os efeitos da doença, retardando a sua progressão e contribuindo para uma vida mais ativa do paciente” (AZEVEDO *et al.*, 2018a; 2008b). Intervenção no Hospital nos convida o imbricamento da reflexão contra a alienação e mecanização do *statu quo* do ensino de matemática na Educação Básica. Embora desafiadora, as etapas formativas<sup>7</sup> se mostram como práticas educativas, que se alimentam da esperança para projetar uma formação que vislumbre a possibilidade de colocar a competência humana no lugar de interesse ao lado da criatividade, invenção e solidariedade do aluno. As etapas trazem consigo novos olhares à formação de matemática e “(...) mudar um pouco sua cara, não só do ponto de vista material, mas, sobretudo, de sua *alma*” (FREIRE, 1991, p. 34, grifo do autor).

## 6. Considerações Finais

As etapas formativas em matemática a partir da produção de jogos e dispositivos robóticos destinados ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson vislumbram caminhos possíveis para preparar os alunos a uma sociedade intelectualmente solidária. Ao longo dessas etapas buscamos incentivar a aprendizagem matemática dos alunos diante dos desafios globais (ONU, 2020), de tal modo que eles sejam capazes de interpretar situações concretas, tomar decisões, lidar com imprevistos, bem como construir ou propor soluções para problemas reais a partir da matemática e suas tecnologias, a favor da sociedade. Desta forma, buscamos abordar o conteúdo de Matemática previsto no currículo básico do ensino médio, à luz da BRASIL (2017), durante o desenvolvimento de algoritmos, programação e construção das partes físicas dos jogos e dispositivos robóticos (de materiais de custo baixo – papelão, fios de cobre, roda de bicicletas, sucatas de modo geral). Assim, entendemos a sala de aula como ambiente de formação, de criatividade e inovação, sem deixar de lado o conteúdo acadêmico curricular, o espírito de investigação científica do

<sup>7</sup> Perscrute mais detalhadamente as etapas formativas na voz dos estudantes do Mattics, a saber:  
Cf<sub>1</sub>: Invenções Criativas e Científico-Tecnológicas de Matemática: [https://youtu.be/1\\_tSFikTJpU](https://youtu.be/1_tSFikTJpU)  
Cf<sub>2</sub>: Conhecimento científico matemático à sociedade: <https://youtu.be/ZozS-Jf4OUg>  
Cf<sub>3</sub>: Criatividade e invenção nas aulas de matemática: [https://youtu.be/u-oq85\\_8844](https://youtu.be/u-oq85_8844)  
Cf<sub>4</sub>: Materiais de custo baixo e inovações ao Parkinson: <https://youtu.be/73lBP0W7HVc>

aluno, a sua capacidade cognitiva, lógico-indutiva e intuitiva, cooperação mútua e seu desenvolvimento científico e de responsabilidade social.

É nesse sentido que as etapas formativas situadas no Projeto Mattics e no Hospital Dia do Idoso, tendo como pressuposto as ideias construcionistas de aprendizagem, do Pensamento Computacional e da Aprendizagem Criativa, procuram estabelecer caminhos possíveis para enriquecer o processo de aprendizagem do estudante e a sua formação global e socialmente engajada. Tal abordagem tem se estruturada no sentido de valorizar ideias poderosas dos integrantes (alunos, professores, engenheiros e os profissionais a área médica) para além do conteúdo e da robótica ou programação, confluindo-se com a iniciativa da STEM – sigla em inglês para ciências, tecnologia, engenharia e matemática. Tencionado pela produção de materiais de baixo custo e perspectiva interdisciplinar de aprendizagem, inferimos que as etapas formativas vislumbram oportunidades para os alunos se tornarem inventores de ideias e se posicionarem como comunicadores de soluções.

No entanto, redobramos o nosso cuidado com os modismos do século 21 – haja vista que não se pode reduzir a formação em matemática no ato minimalista de fazer por fazer ou construir por construir artefatos com a tecnologia digital. Consonante a esta perspectiva “*Faça você mesmo*” (do inglês, *Do it Yourself*), as ações mobilizadas se voltam para questões mais científico-metodológicas do que produções-tecnológicas (PAPERT, 2008; MALTEMPI, 2012; RESNICK, 2017; BLIKSTEIN *et al.*, 2020). Isso porque nossos olhares se fitam mais no engajamento criativo, experiencial, inventivo e intelectual do aluno do que simplesmente no manuseio ou criação de máquinas voadoras (termo cunhado por Papert no início da década de 1990). A ideia é propor inovações sem deixar de lado a criatividade, a autonomia e motivação do aluno. Neste espaço, que não é laboratório de informática, os alunos colocam a mão na massa (*hands-on*), refletem colaborativamente conhecimentos acadêmicos, trabalham coletivamente e desenvolvem invenções.

Ao longo dos anos, este trabalho tem sido acompanhado por profissionais da área da educação, computação e saúde que, em conjunto, desenvolvem e utilizam jogos com sensores e robôs desenvolvidos às sessões de fisioterapia do Parkinson. Para além da aprendizagem do conteúdo ou da interação dos diferentes espaços formativos, os alunos publicam artigos e participam de eventos científicos como parte integrante do processo avaliativo. Começamos com essa ideia em 2014, com 50 pessoas envolvidas, entre alunos e profissionais. Hoje, temos mais de 3000 alunos que fizeram e fazem parte desse processo de formação em matemática. A cada ano, alcançamos mais alunos e a nossa intenção é a

de replicar para o maior número de escolas públicas, indo além do estado de Goiás, impactando cada vez mais alunos no Brasil pela matemática criativa e científico-tecnológica.

Para finalizar, recorremos a um provérbio africano que faz parte da nossa jornada, que nos ajuda a pensar a invenção da sala de aula e do processo formativo em matemática, “Aquele que toca o tambor não sabe até onde o seu som irá ecoar, mas ele irá ecoar”. Nós, que somos professores, tocamos a todo tempo este tambor nos mais peculiares contextos. O som não é neutro e pode servir para mudanças significativas não só na sala de aula. Não podemos parar de sonhar. De fato, é possível transformar salas sombrias de matemática e modelos arcaicos de ensino em resultados concretos e potencialmente significativos, com invenções criativas e científico-tecnológicas de baixo custo.

## 7. Agradecimentos

Aos queridos alunos do Ensino Médio do IF (IF-Goiano), Ipameri-GO, pela dedicação contínua no Projeto Mattics e também aos talentosos profissionais que sonham de perto essas invenções. Aos pacientes do Hospital Dia do Idoso, Anápolis-GO, vocês são incrivelmente inspiradores. O segundo autor é apoiado pela FAPESP (Processo 2018/14053-2) e CNPq (Processo 308563/2019-0).

## 8. Referências

AZEVEDO, G. T. de. **Construção de conhecimento matemático a partir da produção de jogos digitais em um ambiente construcionista de aprendizagem**: possibilidades e desafios. 2017. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) Instituto de Matemática e Estatística. Universidade Federal de Goiás. Goiânia.

AZEVEDO, G. T., MALTEMPI, M. V.; LYRA-SILVA, G. G. M. V. Processo formativo do aluno em matemática: jogos digitais e tratamento de Parkinson. **Zetetike**, v. 26, n. 3, 2018a. Disponível em: <https://doi.org/10.20396/zet.v26i3.8651962>. Acesso em:

AZEVEDO, G. T.; MALTEMPI, M. V.; LYRA, G. M. V.; RIBEIRO, J. P. M. Produção de games nas aulas de Matemática: por que não? **Acta Scientiae**, Canoas, v. 20, n. 5. p. 950-966, 2018b. Disponível em: <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.v20iss5id4152>. Acesso em:

AZEVEDO, G. T.; Maltempi, M. V.; LYRA, G. M. V.; RIBEIRO, J. P. M. Aprendizaje matemático y tecnologías digitales: invenciones robóticas para el tratamiento de Parkinson. 2020. **Paradigma**, Maracay, v. 1, p. 81-101, 2020. Disponível em: <http://revistaparadigma.online/ojs/index.php/paradigma/article/view/818/844>. Acesso em:

BARBA, L. **Computational Thinking: I do not think it means what you think it means**. Disponível em: <http://lorenabarba.com/blog/computational-thinking-i-do-not-think-it-means-what-you-think-it-means/>, 2016. Acesso em: 10 de dez. de 2019.

BICUDO, M. A. V. Pesquisa Qualitativa e Pesquisa Qualitativa Segundo a Abordagem Fenomenológica. *In*: BORBA, M. de C.; ARAÚJO, J. de L. (Org.). **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática**. 2. ed. São Paulo: Autêntica Editora, 2006.

BLIKSTEIN P. Travels in Troy with Freire: Technology as an agent for emancipation. *In*: Noguera P. & Torres C. A. (eds.) **Social justice education for teachers: Paulo Freire and the possible dream**. Rotterdam: Sense, 2008, p. 205–244.

BLIKSTEIN, P. “Digital fabrication and ‘making’ in education: The democratization of invention”. **FabLabs: Of machines, makers and inventors**, v. 4, 2013.

BLIKSTEIN, P.; VALENTE, J.; MOURA, E. M. Educação Maker: onde está o currículo? **Revista e-Curriculum**, São Paulo, v. 18, n.2, p. 523-544. abr./jun. 2020. Disponível em: <http://revistas.pucsp.br/curriculum/article/view/48127/32229>. Acesso em: 13 abr. 2020.

BLIKSTEIN, P.; WORSLEY, M. A. B. Children are not hackers: Building a culture of powerful ideas, deep learning, and equity in the Maker Movement. *In*: PEPLER, K.; HALVERSON, E.; KAFAL, Y. B. (Eds.). **Makeology: Makerspaces as learning environments**. v. 1. New York: Routledge, 2016. p. 64-79.

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação**: uma introdução à teoria e aos métodos. Lisboa: Porto Editora, 1994.

BRASIL, Lei n. 9.394/96, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, p. 27833, 23 dez. 1996. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/leis/L9394.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9394.htm). Acesso em: 10 jun. 2020.

BRASIL, **Lei n. 13.005**, de 25 de junho de 2014. Aprova o Plano Nacional de Educação-PNE e dá outras providências. Disponível em: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2011-2014/2014/lei/l13005.htm). Acesso em: 26 de julho de 2020.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base nacional comum curricular**. Brasília, DF: MEC, 2017. Disponível em: [http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC\\_EI\\_EF\\_110518\\_versaofinal\\_site.pdf](http://basenacionalcomum.mec.gov.br/images/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal_site.pdf). Acesso em: 1 jun. 2018.

CAMARGOS, A. C. R.; CÓPIO, F. C. Q.; SOUZA, T.R.R.; GOULART F. O impacto da doença de Parkinson na qualidade de vida: uma revisão de literatura. **Revista Brasileira de Fisioterapia**, v. 8, n. 3, p. 267-72, 2004.

DEMO. **Educar pela pesquisa**. 9. ed. Campinas, SP: Autores Associados, 2011.

DENNING, P. J. Remaining Trouble Spots with Computational Thinking. **Communications of the ACM**, v. 60 n. 6, p. 33-39, 2017.

FREIRE, P. **A Educação na Cidade**. São Paulo: Cortez, 1991.

FREIRE, P. **Pedagogia da cidade**. New York: Continuum, 1993.

FREIRE, P. **Pedagogia da Autonomia**: saberes necessários à prática educativa. 43. ed. São Paulo: Paz e Terra, 2011.

FREITAS, L. C. Base Nacional (Mercadológica) Comum. **Avaliação Educacional – Blog do Freitas**. 20 de jul. de 2015. Disponível em:

<https://avaliacaoeducacional.com/2015/07/20/base-nacional-mercadologica-comum/>. Acesso em: 06 jan. 2020.

GALMA B.; JACKSON D.; SCHOFIELD G.; MCNANEY R.; WEBSTER M.; BARRY G.; MHIRIPIRI D.; MADELINE B.; OLIVIER P.; ROCHESTER L. Retraining function in people with Parkinson's disease using the Microsoft kinect: game design and pilot testing. **J. Neuroeng Rehabil**, v. 11, n. 60, 2014. <https://doi.org/10.1186/1743-0003-11-60>

GEE, J. P. **What video games can teach us about learning and literacy**. Nova York, EUA: Palgrave MacMillan, 2004.

GONÇALVES, G. B.; LEITE, M. A. A.; PEREIRA, J. S. Influência das distintas modalidades de reabilitação sobre as disfunções motoras decorrentes da Doença de Parkinson. **Revista Brasileira de Neurologia**, v. 47, n. 2. p. 22-30. 2011.

HAYES, E. R.; GAMES, I. A. Making Computer Games and Design Thinking: A Review of Current Software and Strategies. **Games and Culture**, v. 3, n. 3-4, p. 309 –332, 2008.

KOEPP M.J.; M. J.; R. N. GUNN, A. D.; LAWRENCE, V. J. Cunningham, A. DAGHER, T. Jones, D. J. BROOKS, C. J. BENCH, P. M. GRASBY. Evidence for striatal dopamine release during a video game. **Nature**, 393, p. 266-268, 1998. <https://doi.org/10.1038/30498>

MALTEMPI, M. V. Construcionismo: pano de fundo para pesquisas em informática aplicada à Educação Matemática. *In*: BICUDO, M. A. V.; BORBA, M. C. (Org.). **Educação Matemática: pesquisa em movimento**. São Paulo: Cortez, 2004 ou 2012. p. 287 - 307.

ONU (2020). **Educação de Qualidade**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/tema/ods4/>. Acesso em: 20 jul. 2020.

PAPERT, S. **Constructionism: a new opportunity for elementary science education**. Proposta para a National Science Foundation, Massachusetts Institute of Technology, Media Laboratory, Epistemology and Learning Group, Cambridge MA, 1986.

PAPERT, S. **Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas**. New York: Basic Books, Inc., 1993.

PAPERT, S. **A máquina das Crianças: repensando a escola na era informática**. Porto Alegre: Artes Médicas, 2008.

PAULA, B. H; VALENTE, J. A. Jogos digitais e educação: uma possibilidade de mudança da abordagem pedagógica no ensino formal. **Revista Iberoamericana De Educación**, v. 70, n, 1, p. 9-28, jan, 2016. <https://doi.org/10.35362/rie70170>.

POWELL, A. B. The historical development of critical mathematics education. *In*: A. A. Wager & D. W. Stinson (Eds.). **Teaching mathematics for social justice: Conversations with educators**. Reston: National Council of Teachers of Mathematics, 2012. p. 21-34. ISBN 978-087353-679-0.

POWELL, A. B., BRANTLINGER, A. A pluralistic view of critical mathematics. *In*: J. F. Matos, P. Valero, & K. Yasukawa (Eds.) 2008. **Proceedings of the fifth international**

**mathematics education and society conference**, v. 2, p. 424-433. Centro de Investigação em Educação and Department of Education, Learning, and Philosophy.

PRENSKY, M. **Aprendizagem baseada em jogos digitais**. São Paulo: Senac, 2012.

RESNICK, M. **Lifelong Kindergarten**: cultivating Creativity through projects, passion, peers and play. 1. ed. Cambridge, Ma: MIT Press, 2017.

TRIVIÑOS, A. N. S. **Introdução à pesquisa em ciências sociais**: a pesquisa qualitativa em educação. 1ª Ed. 18ª Reimpressão – São Paulo: Atlas, 2009.

TURKLE, S.; PAPERT, S. Epistemological pluralism and revaluation of the concrete. *In*: HAREL, I.; PAPERT, S. (Ed.). **Constructionism**. Norwood: Ablex, 1991. p. 161-192.

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

WING, J. Computational thinking: What and Why? **The Link Spring**, 2011. Disponível em: <https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>. Acesso em: 10 de jun. 2020.