

## Desenvolvimento Científico-Robótico no âmbito da formação em Matemática: pensamento computacional e relevância social

**Greiton Toledo de Azevedo**

Instituto Federal Goiano

Goiânia, GO — Brasil

✉ [greiton.azevedo@ifgoiano.edu.br](mailto:greiton.azevedo@ifgoiano.edu.br)

 0000-0002-2681-1915

**Ulisses Ferreira Araújo**


Universidade de São Paulo


São Paulo, SP — Brasil

✉ [uliarau@usp.br](mailto:uliarau@usp.br)

 0000-0002-2681-1915



2238-0345 

10.37001/ripem.v14i1.3706 

Recebido • 21/12/2023

Aprovado • 06/03/2024

Publicado • 15/04/2024

Editor • Gilberto Januario 

**Resumo:** Esta pesquisa visou compreender o impacto do desenvolvimento de invenções científico-robóticas, com ênfase em relevância social, no processo de formação em Matemática. Norteado pela abordagem qualitativa de pesquisa, o trabalho foi realizado no laboratório de inovações do IF-Goiano, com estudantes do Ensino Médio, durante o desenvolvimento da invenção *BTS-Robótica* para o tratamento de Parkinson. Os dados foram submetidos à análise por meio do método da triangulação, que integrou vídeos, entrevistas e ferramentas computacionais, considerando a perspectiva teórica do Pensamento Computacional. Os resultados evidenciaram que o desenvolvimento de invenções científico-robóticas, com ênfase na relevância social, impacta significativamente a Formação Matemática dos estudantes em cinco dimensões interdependentes: habilidades Matemáticas, engajamento científico-matemático, autonomia-argumentativa, criatividade-inventiva e responsabilidade intelectual-social. Conclui-se que o desenvolvimento de invenções científico-robóticas representa uma estratégia promissora para potencializar a Formação Matemática dos estudantes.

**Palavras-chave:** Invenção Robótica. Jogos Digitais. Parkinson. Formação Matemática.

### Scientific-Robotic Development within Mathematics Education: computational thinking and social relevance

**Abstract:** This research aimed to explore the ramifications of developing scientific-robotic inventions, particularly emphasizing their social relevance, within the context of Mathematics Education. Employing a qualitative research methodology, the study was conducted at the innovation laboratory of IF-Goiano, involving high school students during the creation of the BTS-Robotics invention designed for Parkinson's disease treatment. Data analysis utilized the triangulation method, incorporating various sources such as videos, interviews, and computational tools, within the theoretical framework of Computational Thinking. The findings underscored the substantial impact of developing scientific-robotic inventions, focusing on social relevance, on students' mathematical education across five interconnected dimensions: mathematical proficiency, engagement in scientific-mathematical endeavors, autonomy in argumentation, inventive creativity, and intellectual-social accountability. The conclusion is that the development of scientific-robotic inventions represents a promising strategy for enhancing students' mathematical education.

**Keywords:** Robotic Invention. Digital Games. Parkinson's Disease. Mathematical Education.

### Desarrollo Científico y Tecnológico en el contexto Matemático: pensamiento computacional e impactos sociales

**Resumen:** Esta investigación tuvo como objetivo comprender el impacto del desarrollo de invenciones científico-robóticas, con especial atención a su relevancia social, en el proceso de formación Matemática. Siguiendo un enfoque cualitativo de investigación, se llevó a cabo en el laboratorio de innovaciones del IF-Goiano, con la participación de estudiantes de educación secundaria durante la creación de la invención BTS-Robotics para el tratamiento del Parkinson. Los datos se sometieron a análisis mediante el método de triangulación, que integró vídeos, entrevistas y herramientas computacionales, en consonancia con la perspectiva teórica del Pensamiento Computacional. Los resultados evidenciaron que el desarrollo de invenciones científico-robóticas, con énfasis en su relevancia social, incide de manera significativa en la formación Matemática de los estudiantes en cinco dimensiones interdependientes: habilidades Matemáticas, compromiso científico-matemático, autonomía argumentativa, creatividad inventiva y responsabilidad intelectual-social. Se concluye que el desarrollo de invenciones científico-robóticas representa una estrategia prometedora para potenciar la formación Matemática de los estudiantes.

**Palabras clave:** Innovación Robótica. Juegos Digitales. Parkinson. Educación Matemática.

## 1 Introdução<sup>1</sup>

Partindo da premissa de que é factível apoiar abordagens didáticos-pedagógicas ativas e fomentar cenários de desenvolvimento científico-tecnológico no contexto da Formação em Matemática para estudantes do Ensino Médio, o presente trabalho se propõe a trilhar novas direções no domínio da inovação robótica com base em fundamentos teóricos articulados. O desenvolvimento científico-tecnológico no contexto da Formação em Matemática não deve estar restrito à dicotomia convencional de perguntas e respostas. Em vez disso, é essencial permitir uma abordagem formativa mais consistente e crítica, na qual os estudantes tenham a oportunidade de explorar problemas abertos, pensar e desenvolver modelos com aplicações no mundo real (Azevedo, 2022). Nesse contexto, o conhecimento se torna “valorizado pelo próprio estudante por ser útil, por ser possível compartilhar com outras pessoas e por combinar com o estilo pessoal de cada indivíduo” (Papert, 2008, p. 173). Assim, assumimos que os estudantes são capazes de desenvolver um conjunto de ideias e competências aplicáveis, mesmo não tendo respostas prontas para cada desafio que se origina na imprevisibilidade da realidade.

Na Formação em Matemática do Ensino Médio, reconhecemos a necessidade de engajar os estudantes como pensadores criativos e incentivá-los a desenvolver suas próprias invenções científico-tecnológicas, de acordo com um currículo relevante. Ponderamos ainda que ter um bom desempenho escolar em termos de notas não garante necessariamente que os estudantes estarão preparados para os desafios que os esperam em suas vidas depois da formatura. Uma das questões é que os estudantes aprendem a resolver tipos específicos de exercícios, mas “são incapazes de se adaptar e improvisar em resposta a situações inesperadas que inevitavelmente surgem no mundo em rápida mudança de hoje” (Resnick, 2017, p. 18, tradução nossa). Concebemos que práticas significativas podem ser mais favoráveis ao desenvolvimento científico do que a cópia nas aulas de Matemática e “experimentos ritualísticos da escola, pois pelo menos os aprendizes estarão engajados em uma atividade significativa e socialmente importante, sobre a qual eles concretamente se sentem responsáveis” (Papert, 2008, p. 38).

O desenvolvimento de invenções científico-robóticas é uma oportunidade promissora para a aprendizagem de Matemática, permitindo que os alunos construam conhecimento ao resolver problemas reais e contribuam para a sociedade com soluções práticas, usando

<sup>1</sup> Este estudo é um dos desdobramentos da pesquisa de Pós-Doutorado realizada pelo primeiro autor no campo da Educação Matemática, dentro do Programa Ciências e Humanidades da Universidade de São Paulo (EACH/USP).

Matemática e Computação. No entanto, ainda há muito a ser investigado sobre o impacto dessa abordagem na Formação científica em Matemática (Azevedo, 2022). Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi *investigar e compreender o impacto do desenvolvimento de invenções científico-robóticas com ênfase em relevância social no processo de Formação em Matemática de estudantes do Ensino Médio*. Para isso, o trabalho focalizou os efeitos provenientes da criação de uma invenção científico-robótica por parte de estudantes dessa etapa educacional. Além de analisar o aspecto técnico inerente à invenção computacional voltada para o tratamento da doença de Parkinson, consideramos o processo de criação em si e seu potencial para ampliar o engajamento intelectual dos estudantes no processo ativo de Formação Matemática, transcendendo os métodos convencionais e as burocracias contraproducentes de sala de aula.

Este trabalho direciona o foco para além do contexto meramente técnico da invenção robótica, evidenciando a importância de uma Formação em Matemática problematizada, científico-tecnológica e humanamente social. Isso envolve a utilização da Matemática e da Computação para contribuir no tratamento da doença de Parkinson. Em termos específicos, este estudo foi realizado no Laboratório de invenções criativas e científico-robóticas do Instituto Federal Goiano (IF-Goiano) durante o segundo semestre de 2022 e o primeiro semestre de 2023, com a participação de 25 estudantes do Ensino Médio. No escopo deste trabalho, optamos por focar especificamente no desenvolvimento e aplicação de uma inovação científico-tecnológica chamada "*Bird In the Sky Robótica*" (*BTS-Robótica*), dadas as limitações de espaço e abordagem deste artigo. Os dados deste trabalho foram analisados com base nos princípios do Pensamento Computacional, envolvendo tabulações analíticas, sistematização e Triangulação de Dados, para se alinhar aos objetivos estabelecidos. Em posse dessas informações, avançamos à próxima seção para aprofundar o subsídio teórico que orienta nossa investigação.

## 2 Lente teórica que subsidia a pesquisa

Nesta seção, focamos nossa atenção no desenvolvimento de invenções científico-robóticas (dispositivos robóticos e jogos digitais) no contexto da Formação em Matemática do Ensino Médio, com um enfoque direcionado para a relevância social, especialmente no tratamento de sintomas da doença de Parkinson. Para fundamentar nossa perspectiva teórica, adotamos a abordagem do Pensamento Computacional, um conceito cunhado na década de 1980 por Papert, reconhecido por sua capacidade intrínseca de gerar ideias, aprimorar concepções intelectualmente inovadoras e contribuir para resolução de problemas, notadamente no âmbito da Matemática e em outras áreas do conhecimento científico. O Pensamento Computacional, em sua fase inicial de concepção, propôs a integração dessa abordagem à vida cotidiana, visando criar oportunidades para ampliar os movimentos sociais de pessoas interessadas na computação pessoal e na busca por educação de qualidade (Papert, 1980).

O Pensamento Computacional, concebido como uma abordagem para fomentar a invenção, encontra respaldo em Papert (1996), que o coloca como fundamental na concatenação de ideias, formulação de estratégias e invenção científico-tecnológica para resolver situações reais na sociedade. Assim, o Pensamento Computacional transcende a mera capacidade de manipular linguagens de programação, organizar etapas de resolução e executar tarefas algorítmicas com programação. Ao trabalhar com essa abordagem, consideramos a capacidade de gerar ideias e construir novos conhecimentos (Papert, 2008), desenvolver a lógica de programação com as habilidades de análise, abstração e depuração (Barba, 2016; Valente, 2016; Denning, 2017) e propor possíveis soluções no contexto de Formação (Azevedo, 2022).

Dessa forma, entendemos o Pensamento Computacional como uma maneira de valorizar novos modos de pensamento e de explorar novos caminhos para construir conhecimento matemático e computacional. Isso visa estimular a autonomia e a criatividade dos estudantes ao

utilizar problemas originais e ir além do currículo isolado, frequentemente imposto, e dos modelos escolares burocratizados que limitam a capacidade dos estudantes de criar artefatos úteis à sociedade. O processo de desenvolvimento de inovações científico-robóticas pode habilitar os estudantes não somente a idealizar, inventar e implementar dispositivos eletrônicos originais e sustentáveis, mas também a compreendê-los e aplicá-los em variados contextos de uma determinada realidade, adotando uma conduta responsável e consciente. Nossa posição reside na compreensão de um contexto propício à conexão entre conhecimentos computacionais e matemáticos, propiciando-nos o desenvolvimento de soluções pertinentes aos desafios do mundo real. Especialmente, direcionamos nossa atenção para o tratamento da doença de Parkinson, buscando contribuir com soluções aplicáveis nessa área específica da sociedade.

Vale ressaltar que o Parkinson é uma doença neurodegenerativa que afeta o sistema nervoso central, causando sintomas como tremores, rigidez muscular, lentidão de movimentos e alterações na marcha (equilíbrio e caminhada) dos indivíduos (Goulart; Pereira, 2004). O tratamento de doença é sintomático e geralmente envolve o uso de medicamentos e fisioterapia, e as inovações científico-robóticas podem ter um papel importante ao proporcionar novas formas de reabilitação, bem-estar e alívio dos sintomas (Ferreira *et al.*, 2007; Ferreira, 2007). Em especial, os dispositivos científico-robóticos podem ser usados para ajudar pessoas com Parkinson a manter a mobilidade e a autonomia, enquanto os jogos digitais podem ser usados para melhorar a coordenação motora, a concentração e a cognição (Santana *et al.*, 2015; Camargos *et al.*, 2004; Gonçalves *et al.*, 2011).

Embora as invenções científico-robóticas sejam recentes na literatura nacional e internacional para o tratamento de sintomas da doença de Parkinson (Santos 2017; Sturkenboom *et al.*, 2008; Galna *et al.*, 2014), a ausência da utilização delas ainda se justifica pelo fato de não serem necessariamente acessíveis — em especial, em hospitais públicos. Nessa perspectiva, vislumbramos a possibilidade das inovações científico-robóticas — não só de jogos digitais inéditos, mas também de dispositivos robóticos originais — sustentáveis e acessíveis se tornarem realidade, por meio do engajamento científico dos participantes e colaboradores da pesquisa, tendo a Matemática e a Computação como ferramentas potenciais para as sessões fisioterapêuticas voltadas ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson em pacientes.

Nesse sentido, para o desenvolvimento das invenções científico-robóticas ao tratamento da doença de Parkinson, consideramos, no contexto de Formação em Matemática do Ensino Médio, características do pensar computacionalmente, que se confluem ao saber e fazer matematicamente. Dentre elas, reverberam-se: formular problemas; representar hipóteses, modelar simulações; automatizar soluções através do pensamento lógico e algorítmico (abstrato e concreto); simular eventos e possíveis resultados; capacidade de identificar e avaliar múltiplas formas de estratégias e soluções; relacionar modelos complexos; e lidar com problemas abertos e imprevisíveis (Papert, 2008; Resnick, 2017; Azevedo, 2022). Tais características se inter-relacionam e apontam para a resolução de problemas e tomada de decisões.

Outra perspectiva a ser levada em consideração se refere à inovação científico-tecnológica no que diz respeito à integração de distintos “[...] campos da Matemática (Geometria e Trigonometria e estatística) [que] pode contribuir para o desenvolvimento formativo [dos estudantes]” (Brasil, 2018, p. 271). Isso porque eles têm a oportunidade de não apenas conceber um algoritmo (seja computacional ou não), mas também de compreendê-lo e aplicá-lo em diferentes contextos e possibilidades, estabelecendo conexões entre o pensamento abstrato, conhecimentos científicos e problemas reais. Nesse contexto, situamos a abstração a partir da visão decorrente de Papert (2008), em harmonia com o Pensamento Computacional,

acerca do processo de *pensar sobre o pensar*. Esse processo é possibilitado pelo confronto das ideias iniciais do aluno com os resultados obtidos na execução de um programa (por exemplo, sintaxe, algoritmo), levando à formulação de novas estratégias para a solução buscada. Isso favorece o aprofundamento da compreensão lógico-analítica de um determinado conhecimento. A habilidade de pensar com as máquinas [*pensar sobre o pensar* — um processo de metacognição] contribui para que o estudante se torne um epistemólogo, permitindo uma abordagem alternativa no desenvolvimento do pensamento intelectual e científico do aluno.

Diante do exposto, no âmbito das invenções científico-robóticas integradas ao domínio da Matemática e Computação aplicadas ao tratamento de Parkinson, concebemos o Pensamento Computacional como uma abordagem acessível a diversos segmentos de Formação, desde cientistas da Computação até estudantes do Ensino Médio. Compreendemos que o desenvolvimento original de dispositivos científico-robóticos em sala de aula vai além da simples utilidade como ferramenta; eles se configuram como “um elemento essencial para a construção ativa do conhecimento, promovendo o desenvolvimento científico-criativo e a expressão pessoal e intelectual do estudante no âmbito da Formação em Matemática” (Azevedo; Maltempí, 2020, p. 87). Concordamos que essa abordagem não deve se restringir ao domínio cognitivo do aprendizado do estudante, mas sim possibilitar a emergência de formas diversas e inovadoras de sensibilidade, expressão de ideias, comunicação de conhecimentos e construção de soluções práticas para a sociedade (Barba, 2016; Denning, 2017; Resnick, 2017). Fundamentados nessa perspectiva teórica, que amplia a compreensão sobre o desenvolvimento de invenções científico-robóticas no contexto da Formação em Matemática do Ensino Médio ao Parkinson, detalharemos, na próxima seção, o percurso metodológico de pesquisa adotado.

### 3 Percurso metodológico de pesquisa



Para compreender o impacto do desenvolvimento de invenções científico-robóticas com ênfase em relevância social no processo de Formação em Matemática de estudantes do Ensino Médio, fundamentamos nossa investigação na abordagem qualitativa de pesquisa. Para alcançar o objetivo proposto, é fundamental evidenciar o processo de criação dessa inovação científico-robótica pelos estudantes nesta pesquisa, destacando elementos que respaldam os potenciais impactos na Formação em Matemática. Isso implica compreender os diálogos entre os estudantes, o processo de seleção das placas robóticas, a construção do conhecimento e os desafios enfrentados durante o desenvolvimento de criação do dispositivo robótico. Dessa forma, essa fundamentação adquire relevância ao considerarmos nossa intenção de explorar aspectos humanos sem sermos restritos pela mensuração convencional a métodos predefinidos, escapando das limitações dos quantificadores e padrões pré-estabelecidos. Portanto, questionar a neutralidade do pesquisador é concordar com a inevitabilidade da subjetividade. O enfoque, aqui, está na compreensão dos significados (Goldenberg, 2004, p. 14) ao integrar conhecimento matemático por meio da invenção robótica para o tratamento da doença de Parkinson.

A pesquisa foi desenvolvida no *laboratório de inovações<sup>2</sup> criativo-tecnológicas* do IF-Goiano, no segundo semestre de 2022 e primeiro semestre de 2023, com a participação de 25 estudantes do Ensino Médio, em Ipameri (GO). As visitas ao Hospital Dia do Idoso em Anápolis (GO) foram realizadas trimestralmente para subsidiar o desenvolvimento da invenção científico-tecnológica *Bird In The Sky Robótica (BTS-Robótica)*, que visa ao tratamento da doença de Parkinson. Para tal invenção, utilizamos os seguintes recursos midiáticos e materiais: [Softwares] *Scratch*, *Geogebra*; [Placas] *Makey-Makey*, *Micro-Bit* e *Arduino*; [Componentes eletrônicos]: fios de cobre, pilhas, baterias, leds, etc.; [Papeleria] objetos recicláveis; [Sucatas]

<sup>2</sup> Cf.: Invenções robóticas e aplicações: < [https://youtu.be/S3gMzEhlzIo?si=toPQf\\_fd4DPMk2ix](https://youtu.be/S3gMzEhlzIo?si=toPQf_fd4DPMk2ix)>.

guidão, tripé de cano, madeira, roda de bicicleta, parafuso, etc. Segue o Quadro 1 com a descrição dos principais recursos utilizados na criação da *BTS-Robótica*:

**Quadro 1:** Softwares e placas utilizados na construção dos dispositivos robóticos

Ferramentas	Descrição
	SCRATCH é um ambiente de programação que utiliza blocos que se encaixam para expressar pensamentos e ideias por meio de comandos. Cf.: <a href="https://scratch.mit.edu/">https://scratch.mit.edu/</a>
	BBC: MICRO-BIT é concebido como um microcomputador, sendo uma placa robótica, detectando luz, movimentos, temperatura e magnetismo. Cf.: <a href="https://microbit.org/">https://microbit.org/</a>
	MAKEY-MAKEY é uma placa robótica que possibilita desenvolver controles e dispositivos específicos que se conectam com o <i>Scratch</i> . Cf.: <a href="https://makeymakey.com/">https://makeymakey.com/</a>
	GEOGEBRA é uma plataforma de construção de <i>applets</i> , simuladores e programação de objetos de Matemática, o qual integra Geometria e Álgebra. Cf.: <a href="https://www.geogebra.org/">https://www.geogebra.org/</a>
	ARDUINO é uma placa que permite fabricar eletrônicos e aplicativos. Favorece a construção de tecnologias, que interagem com o mundo físico. Cf.: <a href="https://www.arduino.cc/">https://www.arduino.cc/</a>

**Fonte:** Elaboração própria (2022)

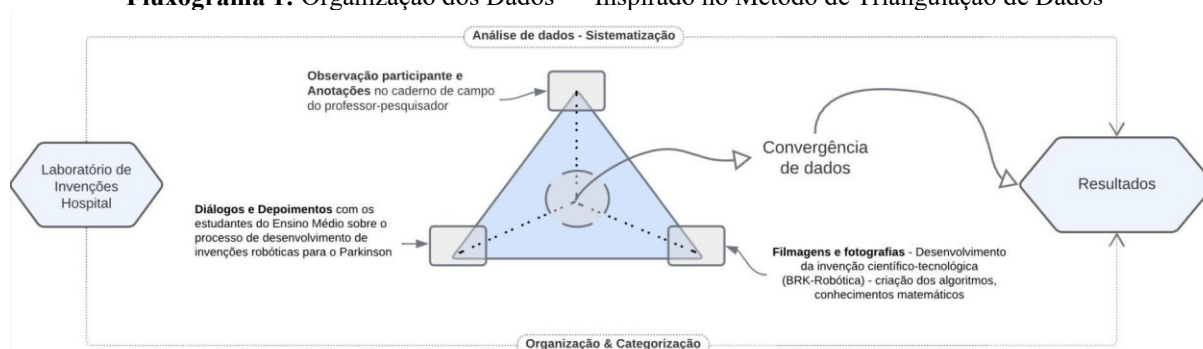
O Quadro 1 apresenta as principais ferramentas utilizadas na produção da invenção *BTS-Robótica* ao longo desta investigação. As atividades de desenvolvimento da invenção científico-tecnológica *BTS-Robótica* ocorreram no contraturno das aulas e foram organizadas em 20 encontros de 2 horas cada. As atividades foram pensadas e organizadas pelo professor-pesquisador, com contribuições de diferentes profissionais: engenharia, computação e área médica. Para registro dos dados da pesquisa utilizamos diversos instrumentos, como diário de campo do pesquisador, fotografias, filmagens e entrevistas (depoimentos). Também incluímos os programas dos jogos e dos dispositivos robóticos desenvolvidos pelos participantes da pesquisa no material de análise. Os encontros foram filmados, totalizando aproximadamente 20 horas de gravação, com câmeras estrategicamente posicionadas para capturar os acontecimentos desta pesquisa. A filmagem se constituiu como um instrumento potencial para a coleta de dados uma vez que, ao combinar diferentes linguagens, oral e visual (digital), possibilitou capturas valiosas dos comportamentos complexos e singulares dos participantes.

A organização e análise dos dados desta investigação são sequenciais à luz do aporte teórico estabelecido. Os diálogos gravados durante todo o processo de desenvolvimento de inovações científico-robóticas foram transcritos de forma automatizada utilizando o *software* IA da *Reshape*. Também utilizamos o *Excel* para fazer as tabulações e classificações das fases de criação. Nesse processo, consideramos não só o produto resultante da invenção científico-tecnológica, como também o seu processo de (re)construção. Para tanto, a partir da tabulação da pré-análise do material produzido, filtramos e focamos essencialmente nas partes que convergissem diretamente para o objeto desta pesquisa. Sistematizamos os dados produzidos sobre o impacto do desenvolvimento de invenções científico-robóticas com ênfase em relevância social no processo de Formação em Matemática por meio de descrições e interpretações analíticas exaustivas à luz da teoria, focando no objetivo de estudo. Por fim,

estabelecemos vínculos entre os dados e os apresentamos de forma contextualizada.

A combinação desses múltiplos registros que convergem para o mesmo ponto focal, na abordagem qualitativa de investigação naturalística, pode também ser entendida como Triangulação dos Dados da pesquisa, que é “[...] um método que adiciona rigor, abrangência, complexidade e profundidade a pesquisa” (Denzin; Lincoln, 2000, p. 5). Esse método não é entendido como “uma estratégia de validação, mas como uma alternativa à validação e à credibilidade dos dados” (Flick, 1998, p. 230). A Triangulação de Dados nos permitiu, continuamente, descrever, conhecer, analisar, determinar padrão de convergência e inferir resultados (Yin, 2016). Os instrumentos auxiliaram no registro das observações e nos permitiram “[...] fazer descrições de pessoas e cenários, descrever episódios ou retratar diálogos [...]” (Fiorentini; Lorenzato, 2009, p. 118-119). Disponibilizamos, na sequência abaixo, um fluxograma que sintetiza o processo de organização-análise desta investigação:

**Fluxograma 1:** Organização dos Dados — Inspirado no Método de Triangulação de Dados



Fonte: Elaboração própria (2023)

Conforme o Fluxograma 1, ao organizar os dados da pesquisa, centramos na análise do processo de invenção Matemática e computacional para o impacto social. Tal construção envolveu "a procura de evidências, [contextos, características], padrões e descoberta dos aspectos importantes" (Bogdan, Biklen, 1994, p. 205) quanto à Formação em Matemática. Nesse processo, realizamos correções nas mensagens dos diálogos entre os participantes da pesquisa, preservando sua semântica original. Além disso, direcionamos nossos esforços à produção de dispositivos robóticos integrados a esses comandos e sua aplicação no ambiente hospitalar. Por fim, após uma análise minuciosa, identificamos os impactos desse desenvolvimento científico-tecnológico ao longo do processo de Formação dos estudantes.

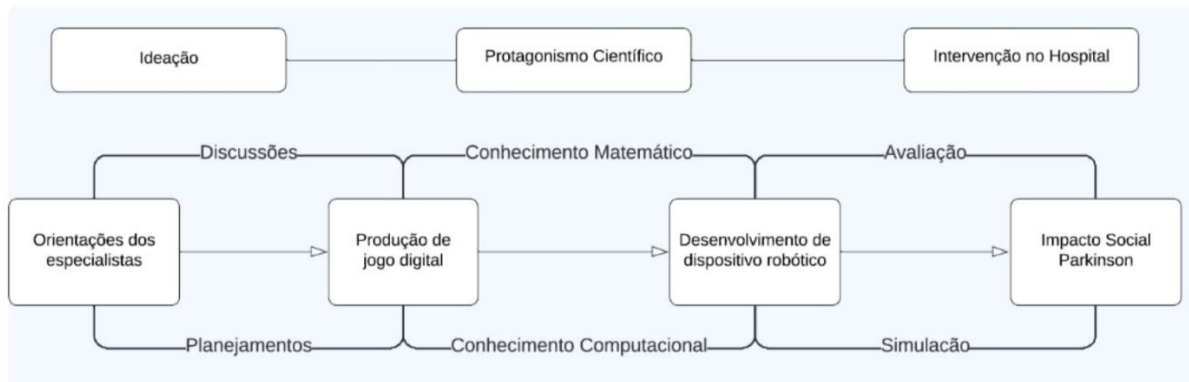
Para a apresentação e análise dos dados produzidos, trazemos recortes das discussões ocorridas nos encontros, utilizando os símbolos [ ] para identificar trecho que se refere à transcrição de fala dos participantes. Ainda, utilizamos os símbolos ( ) para supressão dos diálogos e contextualização das falas, gravadas ao longo da pesquisa (Escola e Hospital). As ilustrações foram organizadas em letras e números (e.g., A1 e A2), sendo que a letra identifica o conjunto de imagens que se refere a um determinado contexto e o número associado sinaliza a parte desse contexto de investigação. Por fim, ressaltamos que todos os participantes da pesquisa receberam os termos de consentimento, manifestando interesse em participar sem ocultação de suas identidades. Este estudo, resultante da pesquisa de Pós-Doutorado com ênfase na área de Educação Matemática, obteve aprovação no Comitê de Ética (CEP) da Universidade de São Paulo (EACH/USP). Seu protocolo CAAE é 67106322.3.0000.5390 e o parecer foi atribuído sob o código 5.941.184.

#### 4 Apresentação e Análise de dados

A invenção *BTS-Robótica* representa uma das inovações concebidas pelos integrantes

da pesquisa no laboratório de invenções. Tal invenção, que emula o voo de um pássaro, teve como objetivo incentivar a melhoria do equilíbrio, concentração e coordenação dos indivíduos afetados pela doença nas sessões fisioterapêuticas para o Parkinson (Sin; Lee, 2013). O desenvolvimento progressivo desse avanço científico-robótico transcorreu por três etapas fundamentais: a fase de *Ideação*, seguida pelo estágio de *Protagonismo Científico* e, por fim, a etapa de *Intervenção Hospitalar*. As etapas podem ser visualizadas no Fluxograma 2 a seguir:

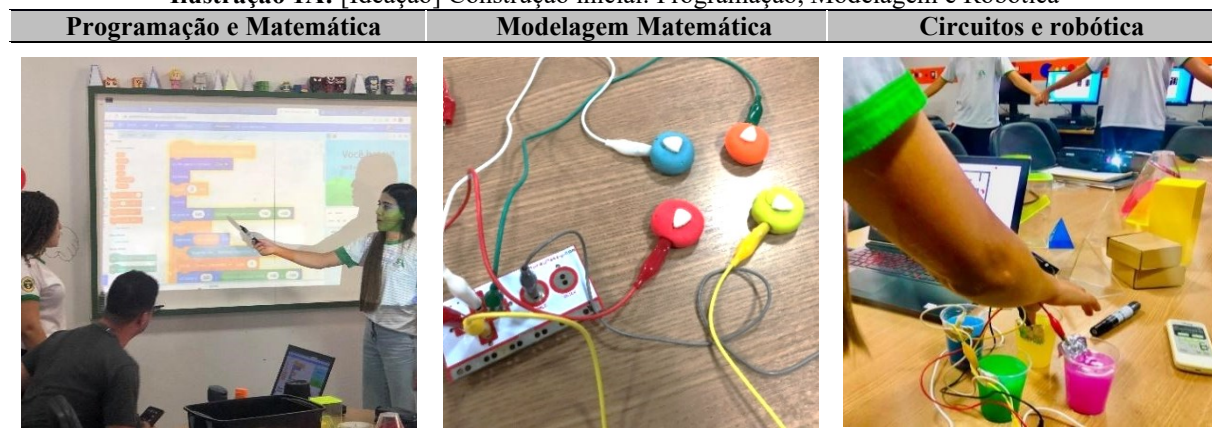
**Fluxograma 2:** Síntese do desenvolvimento da invenção *BTS-Robótica* (Dados da Pesquisa)



**Fonte:** Elaboração própria (2023)

Com base no Fluxograma 2, a etapa inicial do processo de desenvolvimento científico e robótico foi denominada de *Ideação*. Durante esse estágio, os participantes da pesquisa (estudantes) foram encorajados a construir de forma ativa os conhecimentos fundamentais da Computação, como laços de repetição, algoritmos e condicionais, e da Matemática, abrangendo (in)equações, funções, álgebra booleana e transformações geométricas. Na fase subsequente, intitulada *Protagonismo Científico*, os membros da pesquisa direcionaram seus esforços para o desenvolvimento específico de uma nova invenção científico-robótica (*BTK-Robótica*). Esse esforço visa atender às necessidades relacionadas ao tratamento de sintomas de Parkinson, marcando assim a etapa final referente à *Intervenção Hospitalar*. A seguir, apresentamos um exemplo ilustrativo do processo de experimentação durante a fase de *Ideação* da pesquisa.

**Ilustração 1A:** [Ideação] Construção inicial: Programação, Modelagem e Robótica



**Fonte:** Dados da pesquisa (2023)

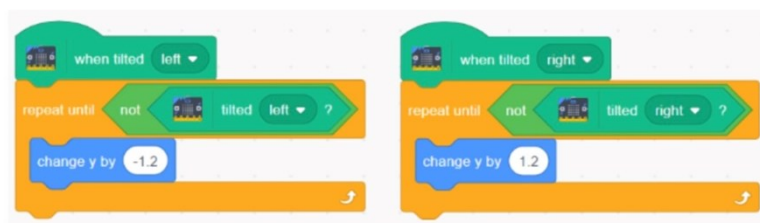
Conforme a Ilustração 1A, observamos o processo exploratório apresentado na imagem 1 à esquerda, no qual estudantes exploram funções Matemáticas e colaboram com a turma, sob a orientação pedagógica do professor-pesquisador, na aprendizagem e desenvolvimento de códigos de programação para controlar os movimentos dos objetos gráficos. Nessa fase de *Ideação*, os estudantes constroem conhecimentos em álgebra, geometria, trigonometria e programação. Na imagem 2, posicionada centralmente, evidencia-se um registro relacionado à



exploração de simuladores e à elaboração de circuitos computacionais conectados a eletrônicos robóticos. Por fim, na última imagem, posicionada à direita, os estudantes são incentivados a explorar a intersecção entre sensores, modelagens, eletricidade e magnetismo, integrando esses conceitos e propriedades de Matemática. Na fase subsequente, denominada *Protagonismo Científico*, desenvolvemos novas invenções científico-robóticas, com destaque aqui para o projeto *BTS-Robótica*. Essa etapa se fundamenta nas experiências da fase inicial de *Ideação*, permitindo-nos explorar conhecimentos e elaborar estratégias à criação de modelos gráficos, bem como o desenvolvimento de novos códigos de programação e dispositivos eletrônicos inéditos destinados ao tratamento de Parkinson. Para uma compreensão mais aprofundada dessa invenção específica, à luz dos objetivos desta seção da investigação, destacamos a Ilustração 2A abaixo, junto com os excertos correspondentes extraídos dos dados da pesquisa.

**Ilustração 2A:** [Protagonismo Científico] Desenvolvimento da invenção *Bird in the Sky*

Invenção <i>BTS-Robótica</i>	Programas Computacionais do <i>Bird</i>
Construção dos objetos gráficos	Linguagem <i>Scratch</i> e placa robótica ao objeto do jogo



**Placas e acessórios utilizados na conexão da invenção científico-robótica *BTS-Robótica***



**Fonte:** Dados da pesquisa (2023)

Caio: Começamos a rascunhar nossa invenção... Estamos considerando a ideia de utilizar o movimento dos pássaros para estimular os movimentos horizontais e verticais dos pacientes, como um voo ao ar livre... vai ser maneiro!

Professor: [Discussão coletiva] (...) O frame do programa da invenção do pássaro pode ser baseado no sistema de coordenadas do **plano cartesiano** de dimensões  $(x, y): -240 \leq x \leq 240$  e  $-180 \leq y \leq 180$  (...) no *Scratch* (...) Vamos criar o código para conectar a placa sensorial para simular o voo do nosso pássaro?

Antonella: [Tempo de discussão] Tentamos (...) mas o sensor não conecta ao código, precisamos analisar o acelerômetro...

Matheus: Concordamos em equipe iniciar o esboço do nosso código, algo semelhante a um dispositivo voador [aqui, as ideias iniciais do pássaro]. Estamos considerando a criação de um suporte flexível e removível para o paciente.

Caio: [...] adaptei códigos de outro jogo que fizemos no laboratório, ajustando coordenadas no programa e usando repetições. Compartilhamos o esboço com o grupo de programação para receber sugestões... [Discussão].

Ana: Nosso grupo pensou em criar um protótipo robótico com a placa *Makey-Makey* para fazer os movimentos...

Caio: O Makey-Makey não tem sensor de movimentos...daí, não vamos conseguir captar os movimentos... [Discussão] Como podemos pensar na altura para representar o voo do pássaro [em termos de programação]?

Professor: [Exploração] Podemos criar uma variável chamada "altura" para representar a posição vertical do pássaro. Vamos pensar em uma equação linear:  $altura(t) = altura\_inicial - (gravidade * t)$ , onde "t" é o tempo. Isso modelará a altura ao longo do tempo!? [Investigam no *Geogebra* e implementam no *Scratch*].

Matheus: [Investigação]: A equação linear não está funcionando ainda... [agora], o sensor está captando adequadamente os movimentos do *Bird*, que pode incentivar a movimentação dos pacientes. O código repetirá até que o valor à direita seja negativo, momento em que o valor de y será -1,2. Para o lado oposto, utilizamos o valor positivo.

Antonella: Para calcular a variação vertical em cada quadro de tempo, né? Como a taxa de mudança na altura do pássaro... Construímos e testamos os parâmetros... Deu errado vários valores, mas se  $p = 1$  ( $ponto = 1$ ), a velocidade (v) é definida como 3,8, mas se  $p = 2$ , então  $v = -4,3...$  Dá certo a sustentação do voo...

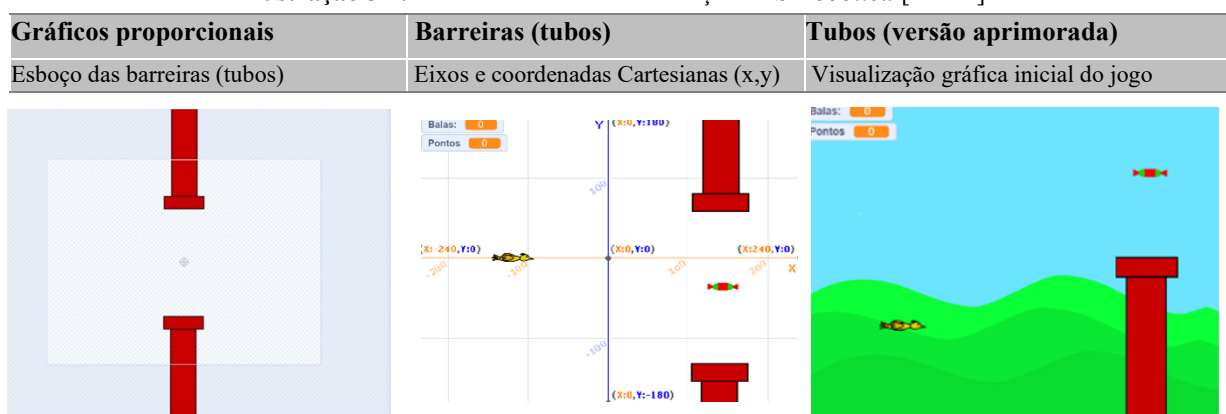
Professor: Veja que os números negativos representam o pássaro abaixo da altura inicial quando a gravidade age...

Com base na Ilustração 2A e nos excertos correspondentes, vemos que Caio menciona: “[...] Começamos a rascunhar a nossa invenção... [estamos] considerando a ideia de utilizar o movimento dos pássaros”; Antonella avalia: “precisamos analisar o acelerômetro do sensor”; Matheus diz: “[Pensamos] em criar um dispositivo flexível e removível (...) O código repetirá até que o valor à direita seja negativo, momento em que o valor de y será -1,2. Para o lado oposto, utilizamos o valor positivo”; Ana relata: “Nosso grupo pensou em criar um protótipo robótico Makey-Makey”; e Caio complementa: “O Makey-Makey não tem sensor... [precisa ser o micro-bit para captar os movimentos do pássaro]”. A partir dessa discussão, compreendemos que a capacidade de gerar ideias no contexto de invenção em Matemática se fundamenta nas ações ativas dos estudantes, que contribuem com estratégias para desenvolver parte do programa de maneira investigativa. Durante a discussão da criação dos algoritmos, observamos que os alunos demonstram habilidades disruptivas na criação de objetos gráficos e argumentação Matemática integrada à Computação. Essas discussões transcendem a simples transmissão unidirecional do conhecimento, facultando aos discentes o papel de comunicadores de estratégias, a partir do qual colaboram lado a lado com o professor-pesquisador na busca por soluções na criação do pássaro, conectada ao potencial dispositivo robótico a ser desenvolvido.

O processo de desenvolvimento inicial da invenção *BTS-Robótica* pelos estudantes no âmbito da Formação em Matemática pode ser examinado com maior precisão por meio dos seguintes excertos: [Professor] “programa da invenção do pássaro pode ser baseado no sistema de coordenadas do plano cartesiano de dimensões  $(x, y): -240 \leq x \leq 240$  e  $-180 \leq y \leq 180$  podemos usar o sensor para simular o voo... [Orientação/Estratégia]”; [Matheus] “a equação linear não está funcionando ainda... [análise], o sensor está captando adequadamente os movimentos do *Bird*”; [Professor] “(...) podemos criar uma variável chamada 'altura' para representar a posição vertical do pássaro [invenção]. Podemos projetar uma equação linear:  $altura(t) = altura\_inicial - (gravidade * t)$ , onde 't' é o tempo.”; [Antonella]: “Deu errado várias vezes, mas se  $p = 1$  ( $ponto = 1$ ), a velocidade (v) é definida como 3,8, mas se  $p = 2$ , então  $v = -4,3...$ , logo dá certo a sustentação do voo” [depuração/compartilhada]. A partir do excerto, entendemos que, nesse processo de invenção não linear e sem respostas prontas, é fundamental lidar com a análise de erros (depuração-reflexão), simular analiticamente parâmetros numéricos e algébricos, e validar ou descartar hipóteses (Papert, 2008; Azevedo, 2022). Essas afirmações também se evidenciam na construção dos tubos que

compõem o jogo, conforme representado nas Ilustrações 3 (A/B) e nos excertos a seguir:

**Ilustração 3A:** Desenvolvimento da invenção *BTS-Robótica* [Tubos]



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Vanessa: Estamos criando mais objetos do jogo, como os tubos, que serão controlados por um programa. [Aprimoraremos] os códigos que *estudamos com o professor e os algoritmos* vão funcionar ao mesmo tempo.

Vitória: Prof., tivemos um pouco de dificuldade na implementação, mas agora está feito! O código dos tubos está incrível. Eles se movem da direita para a esquerda numa velocidade constante... E, para dar mais adrenalina à experiência, precisamos ajustar a coordenada  $y$  dos tubos que aparecem, seja para cima ou para baixo.

Caio: [Explicação à turma] Os tubos vão começar na posição  $x = 240$  (fora da tela) e vão se movimentar para a esquerda [soma de números negativos à coordenada  $x$ ]. Para isso, estamos utilizando um *loop* de repetição finito e um número aleatório para variar a posição em  $y$  entre  $-100$  e  $95$  (variação vertical dos tubos no jogo).

Professor: [...] Tubos que se movem da direita para a esquerda (...) No entanto, surge a necessidade de ajustar o código da gravidade [ $y = grav + (k)$ ] para permitir a passagem do pássaro entre os canos. Se a força gravitacional for excessiva, o pássaro terá dificuldade em alcançar os tubos mais altos...

Guilherme: Corrigimos o movimento do pássaro  $y = grav + (-0,1)$  [ $k = -0,1$ ] para alinhar com as transições dos cubos. Para ficar bom... podemos mudar os parâmetros de  $x$ ... Daí o pássaro vai ficar mais ágil...

Tainah: Gostei dos tubos! Definimos  $x$  e  $y$  para representarem, respectivamente, o deslocamento horizontal e a altura do tubo correspondente (...) Com o laço de repetição, conseguimos resolver esse impasse na transição.

**Ilustração 3B:** Algoritmos de Programação [Programas em Blocos — *Scratch*]

Comandos: gravidade	Variáveis da invenção	Códigos   Transição dos Tubos
Movimento do pássaro	Variáveis: pontos e velocidade	Barra: $x = 240$ e $-95 < y < 100$



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Analisando as Ilustrações 3 (A/B) e os trechos correspondentes, destacamos Caio ao mencionar: “*Pensamos no algoritmo que construímos e criamos outro movimento lógico a partir dele, criando tubos de forma padrão da esquerda para a direita e aleatória de cima para baixo [Reflexão-Compartilhada]*”; a observação do Guilherme, indicando a correção do movimento do pássaro como  $y = grav + (k)$  para alinhá-lo com as transições dos cubos; o relato de Tainah, ao dizer: “*Definimos  $x$  e  $y$  para representarem, respectivamente, o deslocamento horizontal e a altura do tubo correspondente*”; e Guilherme: “*Corrigimos o movimento do pássaro  $y = grav + (-0,1)$  [ $k = -0,1$ ](...) [o pássaro fica mais ágil]*. A partir desses excertos, percebemos o engajamento contínuo dos estudantes na concatenação de ideias e na depuração-compartilhada (por meio da análise de hipóteses e da reflexão-simulação de possíveis soluções) (Resnick, 2017). Nesse contexto, o processo de desenvolvimento de inovações robóticas considera a metacognição do estudante, que envolve a reflexão sobre o próprio pensamento. Isso favorece ambientes nos quais o estudante pode se tornar um inventor e um epistemólogo (Papert, 2008), possibilitando a adoção de perspectivas de pensamentos e indo além de ideias pré-estabelecidas, mecanizadas e verticalizadas no ambiente educacional.

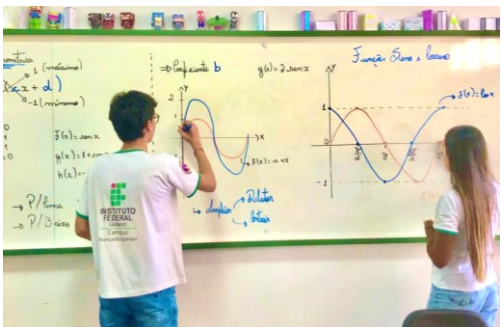
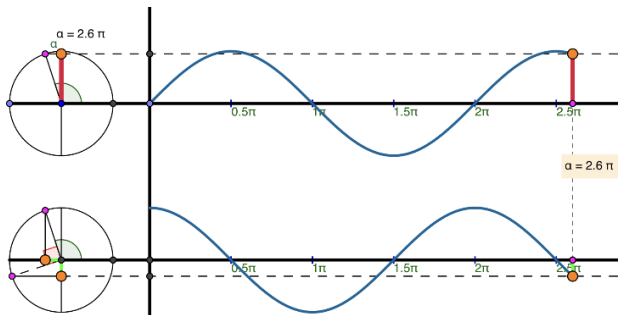
Essas estratégias diante de imprevisibilidade durante o desenvolvimento de invenções científico-robóticas, haja vista que “a metacognição do pensamento (*pensar sobre o pensar*) ao desenvolver um código e pensar na execução dele e de como os resultados se diferem podem resultar num novo grau de sofisticação intelectual, que sirva para resolver um determinado [problema encaminhado]” (Papert, 1980, p. 45). O processo de invenção aponta para a integração entre a Computação e a Matemática, destacando a importância dos mecanismos lógicos nesse contexto. Isso evidencia a integração de diversas disciplinas, já que os estudantes exploram a aplicação da logicidade e compreendem a relação entre velocidade (que descreve a taxa de mudança na posição de um objeto, como o pássaro no jogo, e o movimento proporcional e linear dos tubos) e aceleração (que representa a taxa de mudança na velocidade desse objeto).

A respeito disso, a abordagem do Pensamento Computacional se estrutura na concepção de que os estudantes possam: coordenar e construir novos conhecimentos; desenvolver a lógica de programação — reflexão-depuração e argumentação-comunicação; e aprender a construir tecnologias. Esse desenvolvimento pode ser caracterizado por situações-problema orientadas no contexto formativo, que incentivam os estudantes a estabelecer ativamente conexões entre campos interdisciplinares, lidar com situações imprevisíveis e derivar leis de Formação Matemática que subjazem aos conhecimentos científicos. Essa compreensão se diferencia da passividade incólume de informações, da memorização de fórmulas desprovidas de problematização de Matemática e da realização de exercícios mecânicos sem significados, que se limitam ao trinômio *conceito-exemplo-exercício* sem sentido e relevância (Azevedo, 2022).

Ponderamos que o *pensar sobre o pensar* não basta simplesmente pensar isolado e arbitrariamente sobre um determinado fenômeno, como se as questões fossem desconexas e as estratégias sem propósitos. Para que os estudantes possam refletir sobre o processo de pensamento ao longo do desenvolvimento de invenções, é essencial que eles tenham a oportunidade de considerar o que desejam criar e, conseqüentemente, compreender o próprio processo de aprendizagem. Isso envolve embarcar em uma exploração sobre como eles pensam, aprimorar conceitos matemáticos, criar estratégias e alcançar possíveis resultados, tudo isso considerando suas reflexões. Devido à ausência de neutralidade, esse processo de encorajamento da autonomia contribui para a maneira como os alunos não apenas exploram o conteúdo, mas também como o utilizam para gerar ideias. Para compreender melhor o impacto do desenvolvimento científico-robótico, exploramos um segmento que destaca a construção de funções  $f(x) = a \pm b \cdot \text{trig}(c \cdot x + d)$ , conforme Ilustrações 4 (A/B) e excertos a seguir.

**Ilustração 4A:** [Protagonismo Científico] implementações algorítmicas de Funções trigonométricas

<b>Estudo investigativo das funções trigonométricas</b> Esboços: Translação, dilatação, compressão e período	<b>Exploração e Simulação de ondas trigonométricas</b> Simulador: <a href="https://www.geogebra.org/m/myatk5ay">https://www.geogebra.org/m/myatk5ay</a>
---	--

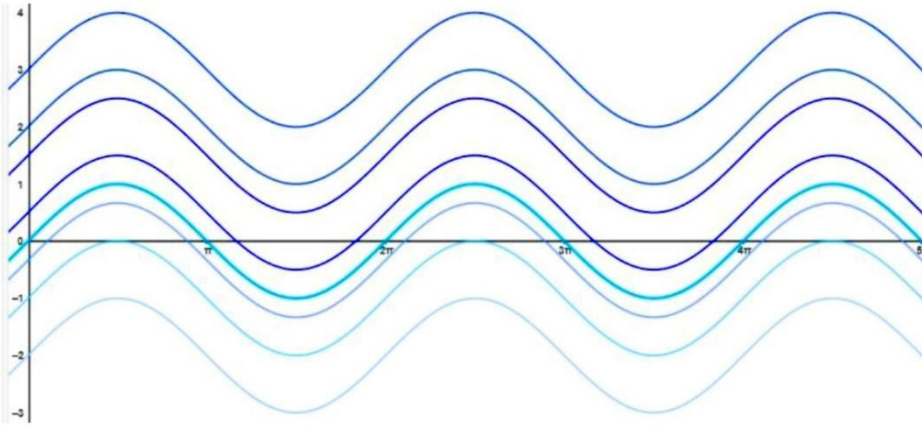



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

**Ilustração 4B:** Função trigonométrica – Translação Vertical

<b>Linguagem e simbologia</b> Exemplos de Funções	<b>Visualização gráfica no Geogebra</b>   $f(x) = a \pm 1 \cdot \text{sen}(1 \cdot x + 0)$ , $p = 2\pi$ Plotagem Senoidais (regularidades   $a = R, b = c = 1$ e $d = 0$ ; $p$ : período)
--	--

●	$f(x) = -3 + \text{sen}(x)$
●	$h : y = \frac{1}{2} + \text{sen}(x)$
●	$p : y = 2 + \text{sen}(x)$
●	$q : y = -1 + \text{sen}(x)$
●	$r : y = -2 + \text{sen}(x)$
●	$g(x) = \text{sen}(x)$
●	$s : y = -\frac{1}{3} + \text{sen}(x)$
●	$t : y = 3 + \text{sen}(x)$
●	$f_1(x) = \frac{3}{2} + \text{sen}(x)$



Fonte: Dados da pesquisa (2023)

Rafael: Construímos objetos como pássaros, tubos e o cenário (...) Que tal as ondas? (...) Acho que seria bem legal ver as águas subindo e descendo na tela... traria mais emoção! Qual função poderia descrever esse objeto? [Discussão].

Professor: [Podemos considerar a função trigonométrica:  $f(x) = a + b \cdot \text{sen}(c \cdot x + d)$ ] [Exploração no quadro e no Geogebra]: Começando com 'a', o que acontece se adicionarmos um valor positivo ou negativo na função  $f(x) = \text{sen}(x)$ ? Vamos investigar as partes? [Tempo] E se o valor de “a” for nulo? E sobre 'b', vocês já se perguntaram o que aconteceria se 'b' fosse maior que 1? E se fosse negativo? Vamos formular no Geogebra as nossas hipóteses? [ $f(x) = a \pm b \cdot \text{sen}(x)$ , sendo a e b coeficientes] [Exploração - Reconhecimento de padrão da Senóide].

Antonella: [Tempo] Que legal! Os valores transformam a função... Se mexer no “a”, a função fica do mesmo jeito, porém, sobe ou desce [Discutem exemplos de funções trigonométricas em relação ao coeficiente a]:  $A(x) = -10 + \text{sen}(x)$ ,  $B(x) = 10 + \text{sen}(x)$ ,  $C(x) = -20 + \text{sen}(x)$  ... [Translação vertical]. Nosso grupo observou [exploração-constatação] que se 'a' for negativo, a função se move para baixo, e se for zero, fica na mesma posição. Isso vai nos ajudar na altura das ondas do mar do jogo e alterar o nível de dificuldade de concentração...

Vitória: Se 'b' for maior que 1, a amplitude aumenta, e se for negativo, a função fica invertida em relação ao eixo horizontal, não é isso, pessoal?! Interessante... as ondas do jogo podem se expandir e contrair, mas vão permanecer centradas no mesmo ponto em relação a 'x'. [Exploração coletiva de exemplos em relação ao coeficiente b:  $D(x) = 20\text{sen}(x)$  e  $E(x) = -20 \text{sen}(x)$  ...]. As funções não alteram o

período. Isso nos ajudará a ver o algoritmo para simular as ondas do mar e suas flutuações em diferentes posições verticais. (...) E quanto ao coeficiente 'c'?

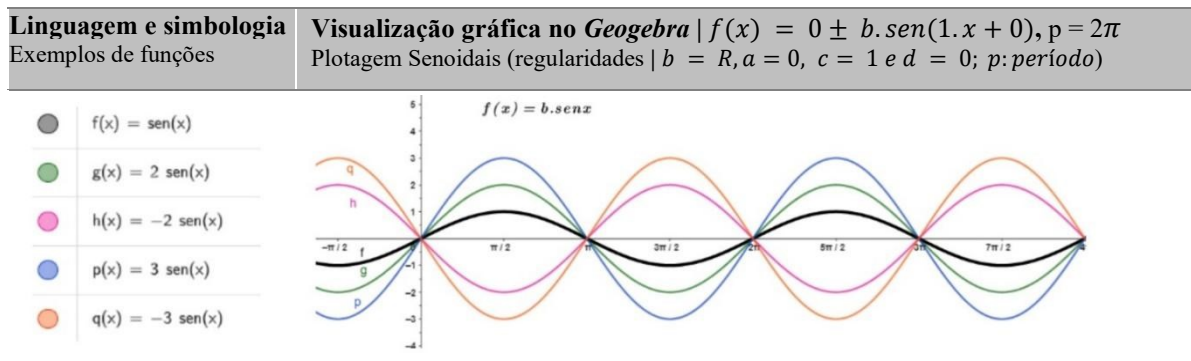
Arthur: [Tempestades de ideias] O código da onda está inacabado... o que podemos fazer para aprimorá-lo? (Discussão)

Com base nas Ilustrações 4 (A/B) e excertos correspondentes ao desenvolvimento do algoritmo da onda, observamos que os discentes executam esse processo de maneira incremental, decompondo a invenção em etapas de programas computacionais sucessivos, analogamente à resolução de um quebra-cabeça, com o intuito de compreender as relações entre as escalas micro e macro, e vice-versa, no funcionamento. Isso pode ser verificado nos excertos: [Rafael]: “*Construímos objetos como pássaros, tubos e o cenário... Que tal as ondas? Qual função descreve esse objeto?*”; [Professor] “*Vamos investigar as partes? [Tempo] E se o valor de “a” for nulo? E sobre 'b', vocês já se perguntaram o que aconteceria se 'b' fosse maior que 1?*”; [Antonella] “*se 'a' for negativo, a função se move para baixo, e se for zero*”; e [Arthur] “*as ondas do jogo podem se expandir e contrair (...)  $20\text{sen}(x)$  e  $E(x) = -20\text{sen}(x)$ ”.* No recorte retratado, os discentes e professor-pesquisador exploram conceitos de transformação geométrica, tais como translação, dilatação e regularidade, por meio da função senoidal [ $f(x) = a + b.\text{sen}(x.c + d)$ ]. Ao desmembrar o processo em partes sucessivas [e.g., objetos ondulatórios - marés] e subpartes (e.g., parâmetros e valores), os estudantes têm a oportunidade de analisar minuciosamente cada componente, sua interação e contribuição para o funcionamento geral da invenção. Essa exploração *parte-todo-parte* não adere a uma abordagem verticalizada ou totalizante, mas transcorre de maneira processual e dialógica.

Consideramos que o conteúdo de Matemática integrado à computação durante a invenção científico-robótica não se baseia exclusivamente na resposta fornecida pelo professor, mas sim na formulação de questionamentos e na elaboração de hipóteses no contexto de Formação. Isso pode ser observado nos fragmentos: [Professor] “O que acontece se adicionarmos um valor positivo ou negativo na função  $f(x) = \text{sen}(x)$ ? [testes-hipóteses]”; [Antonella] “se mexer no “a”, a função fica do mesmo jeito, porém, sobe ou desce” [execução-compartilhada]; e [Arthur] “O código da onda está inacabado” [reflexão-compartilhada]. Os fragmentos destacados evidenciam a interação subjacente à aplicação de conceitos intuitivos e à formalização dos conhecimentos matemáticos por meio da experimentação compartilhada (Papert, 2008), estabelecendo um ambiente dinâmico caracterizado pela interação contínua de aprimoramento, (re)análise e reflexão colaborativa dos programas desenvolvidos entre os participantes. Essa dinâmica influencia o processo de compreensão de tópicos matemáticos e computacionais, mas também impacta o trabalho coletivo-colaborativo dos participantes.

Consequentemente, reconhecemos que o desenvolvimento inventivo em Matemática exige uma abordagem mais adaptável e exploratório-criativa, permitindo que estudantes desenvolvam habilidades Matemáticas para a construção de invenções científico-robóticas inéditas, tais como análise, verificação, formulação de hipóteses, comparação de resultados e resolução de problemas, inclusive por meio da criação de programas computacionais. Nesse contexto, os professores assumem um papel de autoridade não autoritária, colaborando na construção de consensos e incentivando a exploração ativa dos participantes. Isso reverbera diretamente no processo de aprendizagem (Papert, 2008), promovendo maior autonomia em comunicar ideias reflexivas e argumentá-las em um contexto democrático (Freire, 2005). Para uma compreensão mais aprofundada desse desenvolvimento de argumentação Matemática, apresentamos novos recortes desse processo inventivo nas Ilustrações 4 (C/D).

**Ilustração 4C:** Função trigonométrica [Dilatação/Contração vertical]: *Geogebra* - Estudo da trajetória da onda



**Fonte:** Dados da pesquisa (2023)

Professor: [Parâmetro/coeficiente 'c'], o que acontece com a frequência da função quando 'c' é um número fracionário? E quando 'c' é muito grande? Tem alguma coisa a ver com o período da função? Escrevendo a função  $[f(x) = \text{sen}(c \cdot x)]$ , *ex.*:  $c = 1/2$ ,  $c = 2$ , o que isso implica no movimento das ondas?

Guilherme: Se 'c' for um número fracionário, a função tem menos oscilações, e se 'c' for grande, ela oscila rapidamente, não é? As ondas se parecem com um efeito sanfona (...) [Linguagem intuitiva e formal].

Vitória: Nosso grupo modificou os parâmetros do valor de 'd' (...) Visualizamos que se 'd' for positivo, a função se move para a direita, e se for negativo, ela se move para a esquerda. Não imagina isso... Se 'd' for positivo, a função se move à direita, e se for negativo, ela se move para a esquerda  $[f(x) = \text{sen}(x + d)]$ , sendo  $a = 0$  e  $c = 1$ ... para o *Scratch* podemos usar apenas um sentido das ondas  $[d = 0]$ .

Professor: Ótimas observações! Conseguimos perceber que ondas oceânicas exibem diversas propriedades de movimento e isso pode ser representado em um modelo matemático [Discussão e produção coletiva].

Caio: Adicionamos e multiplicamos vários valores na função e no argumento (ângulo), e notamos que ela deforma - pode se dilatar, esticar ou até contrair. Ao explorar várias formas o algoritmo no *Scratch*, senti segurança em fazer. Vai ficar bom... as ondas precisam ter um padrão, né? Analisamos essa parte...

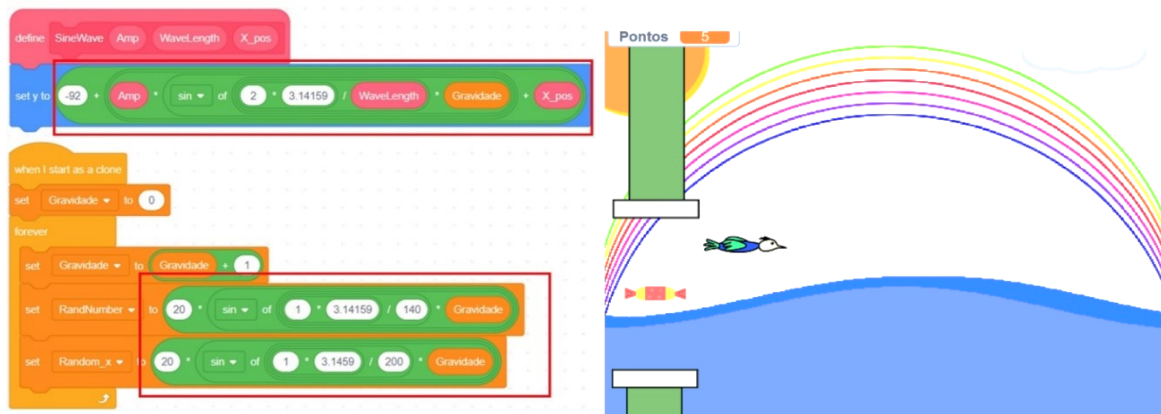
Antonella: Tivemos mais confiança e tempo para criar isso aqui com a equipe e com essa exploração... agora, as ondas do mar precisam repetir esse padrão, então usamos um laço de repetição com a função envolvida [...] precisamos subtrair -160 na função das ondas do mar, para que elas fiquem na altura do solo, já que as dimensões em y têm um valor mínimo de 180. Isso explica como funciona a lógica do algoritmo.

Caio: Achei bacana a simulação da função... (...) Nos últimos dias, o nosso grupo começou a rabiscar o código de programação, usando o valor ... [Explica o código -  $set\ y\ to\ -92 + amp * (\text{sen}\ 2.3,14159/wave) * gravidade$ ) +  $x\_pos$ ] [ilustração 4D] precisamos conferir os valores... (Continua).

**Ilustração 4D:** Linguagem e Simbologias — Programação e visualização da função trigonométrica (onda)**Modelo Senoidal Scratch**

$$f(x) = a \pm b \cdot \text{sen}(c \cdot x + d)$$

Visualização gráfica do jogo | Ondulações

<https://scratch.mit.edu/projects/825983196/>
Coeficientes:  $a = b = c = d = R$ , sendo  $R$ : reais**Fonte:** Dados da pesquisa (2023)

Durante o desenvolvimento do código de onda, conforme apresentado nos excertos e nas Ilustrações 4 (C/D), diferentes interações-argumentações podem ser observadas: Vitória aponta que ao “visualizarmos graficamente, identificamos que se 'd' for positivo, a função se desloca para a direita”; o Professor, ao escrever a função [ $f(x) = \text{sen}(c \cdot x)$ ], exemplificando com valores como  $c = 1/2$  ou  $c = 2$ , questiona o impacto desses valores no movimento das ondas; Caio contribui ao mencionar a “discussão do grupo sobre o algoritmo no Scratch, enfatizando a importância de estabelecer um padrão para as ondas”. Com isso, essa experiência evidencia não apenas a influência do desenvolvimento de invenções robóticas na Formação Matemática, mas também ressalta a necessidade de incentivar a argumentação híbrida que engloba formas verbais e não verbais, no contexto da Matemática e da Computação. A investigação na lógica algorítmica e nas transformações geométricas por meio da função trigonométrica  $f(x) = a \pm b \cdot \text{sen}(c \cdot x + d)$  estimula a expressão e a argumentação Matemáticas, bem como fomenta a integração entre diferentes domínios, enriquecendo a compreensão e a interconexão interdisciplinar (em especial, aqui, Matemática e Computação). Assim, ao promover essa variedade linguística argumentativa de Matemática com diferentes representações (e.g., símbolos, transformações), pode possibilitar formas ricas para o aluno comunicar suas ideias, mas também para argumentá-las de maneira autoral, única e criativa.

Durante o desenvolvimento, emerge ainda o uso de expressões e argumentações Matemáticas intuitivas (baseadas na intuição ou percepção imediata) para sistematizar a compreensão de conhecimentos algébrico-geométricos ao plotar objetos, exemplificado por Guilherme ao afirmar: “Se 'c' for um número fracionário, a função tem menos oscilações, e se 'c' for grande, ela oscila rapidamente, não é? As ondas se parecem com um efeito sanfona [...] [Linguagem intuitiva e formal]”. Essa discussão, originada na elaboração em sala de aula, representa uma “[...] oportunidade de aprender e aplicar a Matemática de forma não excessivamente formalizada” (Papert, 2008, p. 22). Trata-se de concepções intuitivas, como o 'efeito sanfona', que surgem de linguagens não puramente teóricas, progredindo em direção a um pensamento algorítmico mais formal (dilatação horizontal, quando o parâmetro  $c$  varia) (Denning, 2017). Isso envolve o uso de uma sequência lógica intuitiva e estruturada para resolver problemas, exemplificado na dilatação ou compressão de ondas trigonométricas.

A participação ativa dos estudantes na criação de invenções científico-robóticas, fomentando a prática da argumentação Matemática e lidando com a transposição da linguagem

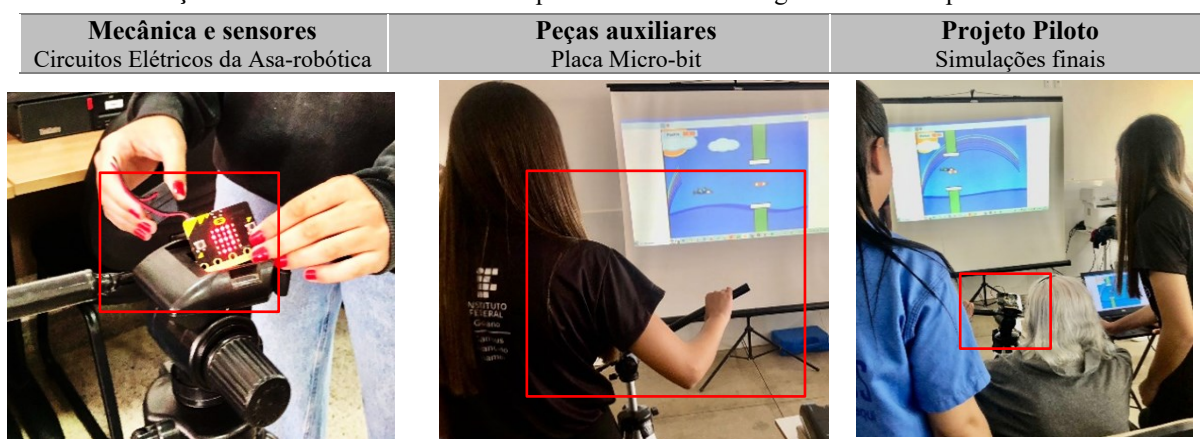


contínua da Matemática à computacional, e vice-versa, particularmente durante a exploração de padrões matemáticos, demonstra um impacto no processo de Formação em Matemática. Essa dinâmica torna-se mais evidente quando os estudantes articulam argumentos de maneira lógica e sequencial, como no exemplo: [Caio] “*as ondas precisam ter um padrão, né? (...) o nosso grupo começou a rabiscar o código de programação, usando o valor ... [set y to - 92 + amp \* (sen 2.3,14159/wave) \* gravidade)) + x\_pos]*”; e [Antonella] “*tivemos segurança em criar e resolver esse problema*”. Os estudantes apresentam uma compreensão pragmática dos termos matemáticos, utilizando o algoritmo elaborado para uma aplicação robótica no mundo real, em contraposição ao seu uso meramente factício experimental.

Durante esse desenvolvimento, observamos também que os estudantes mostram espontaneidade ao se depararem com resultados inesperados, como indicado na fala da Vitória “*Não imaginava isso... Agora, se 'd' for positivo, a função desloca-se para a direita, e se for negativo, desloca-se para a esquerda [f(x) = sen(x + d)]*” e do Caio “*Ao explorar várias formas o algoritmo no Scratch, senti segurança em fazer*”. Essas vivências fomentam a independência cognitiva e a curiosidade, habilitando os estudantes a confiarem em suas próprias descobertas e argumentações. O incentivo da confiança é essencial no contexto de Formação, pois proporciona aos estudantes a autonomia para explorar suas capacidades, experimentar soluções e contribuir ativamente para o desenvolvimento de projetos. Essas habilidades não apenas fortalecem a aprendizagem prática, mas também cultivam um ambiente mais dinâmico e colaborativo, fundamentais para o crescimento e o engajamento dos alunos no processo educacional. Concebemos que os estudantes não precisam de um programa de exercícios e prática dizendo-lhes para fazer uma multiplicação, um gráfico ou até mesmo escrever um algoritmo lexicalmente irretocável. A ideia não é treinar os estudantes ou dar-lhes ordens para executar tarefas rotineiras; não é simplesmente ditar “[...] o que e como o aluno deve fazer artefatos de modo correto [aqui, robótica ou jogos com programação], mas provocar, incentivar e [apoiar] a imaginação e a confiança” (Papert, 2008, p. 48).

Após compreendermos os efeitos dessa inovação no processo de Formação em Matemática, avançamos para a fase final da inovação *BTS-Robótica*, buscando compreender também sua aplicação e como isso repercute para além da sala de aula. Nesse estágio, conduzimos testes e avaliações da *Intervenção Hospitalar*, integrando a relevância social ao lidar com os sintomas de Parkinson, conforme ilustrado na figura a seguir.

**Ilustração 5A:** Desenvolvimento do Dispositivo Robótico Integrado com Componente Gráfico






Fonte: Dados da pesquisa (2023)

A Ilustração 5A apresenta três etapas sequenciais que demonstram a integração entre a parte robótica e o componente gráfico da *BTS-Robótica*. A primeira imagem à esquerda retrata

a montagem dos equipamentos e os ajustes no *hardware* (circuitos eletrônicos e placa robótica). A imagem central, por sua vez, ilustra a simulação da invenção científico-robótica, um jogo digital vinculado ao dispositivo robótico. Por fim, a imagem à direita representa a presença do copiloto da inovação em um ambiente hospitalar, utilizado para avaliação por profissionais da área da saúde no tratamento de sintomas de pacientes com Parkinson. Vale ressaltar que, a partir do estágio de copiloto, os estudantes interagem não apenas com os profissionais da área da saúde, mas também com os pacientes diagnosticados com a doença de Parkinson. Após a conclusão dos testes dos algoritmos e da integração entre os dispositivos robóticos, juntamente com a avaliação do copiloto, realizada em um processo iterativo de análise, ajustes técnicos e simulação, a inovação foi direcionada para sessões de intervenção em pacientes com Parkinson, oferecendo suporte aos profissionais de saúde. Esse desdobramento é ilustrado na sequência.

**Ilustração 5B:** Sessões de tratamento da doença de Parkinson com o uso do BTS-Robótico

Jogabilidade e robótica (Estratégias e concentração)	Orientações Personalizadas (Orientações — Teste Piloto)	Sessão de tratamento (Apoio e encorajamento)
		
<b>Motor Superior</b>	Movimentos sincronizados	Estímulo aos membros superiores [braços e mãos];
<b>Motor Inferior</b>	Equilíbrio dependente (apoio)	Incentivo à marcha, coluna — Estímulos ao uso da força.
<b>Cognição</b>	Raciocínio e Percepção	Concentração — Reflexão (lateralidade) aos movimentos.
<b>Atitudinais</b>	Empenho, Interação e Motivação.	Dedicação colaborativa e coletiva ao tratamento da doença.

Fonte: Elaboração própria (2023)

A invenção sustentável desenvolvida pela *BTS-Robótica*, representada na Ilustração 5B, foi concebida com o propósito de contribuir para o tratamento de Parkinson <sup>3</sup> nos aspectos motores e cognitivos dos pacientes, incentivando sua participação ativa durante as sessões de fisioterapia. Essa invenção científico-robótica viabiliza interações em tempo real, estimulando movimentos que imitam o voo de um pássaro, favorecendo o desenvolvimento do raciocínio, concentração e equilíbrio nos pacientes. Simultaneamente, busca contribuir para aprimorar a mobilidade e as habilidades motoras a longo prazo. Os movimentos estratégicos, coordenados e simétricos requisitados pela inovação robótica têm como finalidade estimular uma postura ereta, fomentar o bem-estar e a reabilitação, e aprimorar a marcha de indivíduos acometidos pela doença de Parkinson (Galna et al., 2014). Esse incremento observado pode ser atribuído à influência do ambiente, potencialmente incentivando uma participação mais ativa por parte do paciente durante as sessões fisioterapêuticas com dispositivos robóticos (Santos et al., 2017).

Na literatura especializada sobre o tratamento da doença de Parkinson, autores como Ferreira *et al.* (2007) e Ziegler e Ferreira (2007) ressaltam que estratégias de movimento em

<sup>3</sup> Cf.: Uso do *BTS-Robótico* e outras invenções: < <https://11nk.dev/t7VOY> >

jogos e dispositivos, combinadas com fatores sociais e motivacionais, podem promover a liberação de dopamina. Isso demonstra que a abordagem do desenvolvimento de inovações científico-robóticas para tratar o Parkinson abre novas perspectivas na Formação Matemática de jovens engajados socialmente. Para complementar, encerramos esta análise com os depoimentos dos estudantes (participantes da pesquisa), de um profissional da saúde e de um paciente, todos participantes das sessões de tratamento de sintomas da doença de Parkinson.

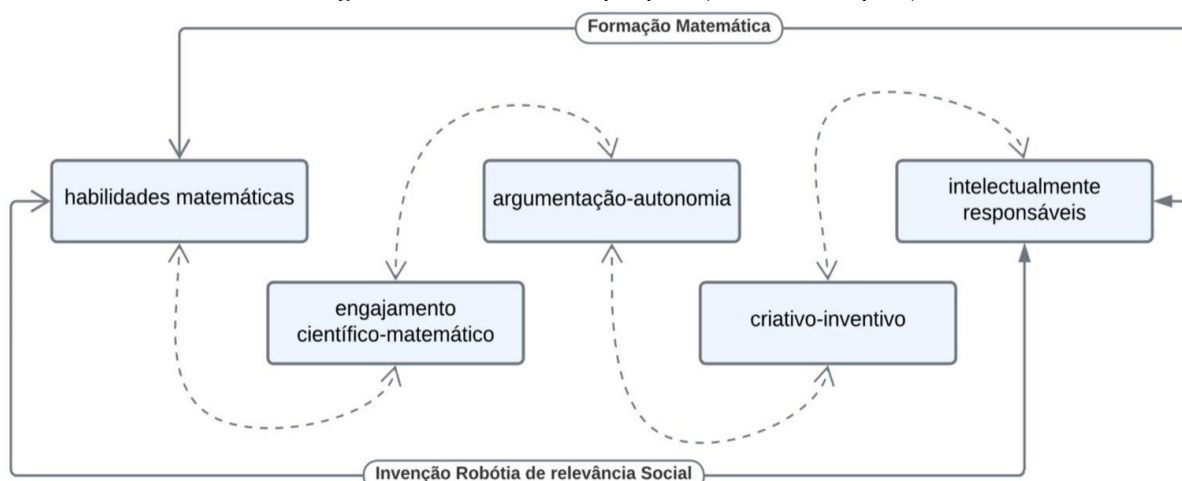
Esses relatos buscam fundamentar a compreensão das dinâmicas envolvidas nas sessões fisioterapêuticas. Por exemplo, Antonella expressou que o *“Bird In The Sky robótico representou um desafio significativo, [um meio pelo qual] me senti desafiada e motivada, (...) uma experiência que levarei para a vida enquanto futura médica”*. Ela ressalta que essa invenção não apenas impactou sua perspectiva sobre a Matemática, mas também reforçou seu compromisso com o bem-estar das pessoas em sociedade. Da mesma forma, Caio compartilhou sua percepção sobre o reconhecimento por parte dos idosos e profissionais em relação ao trabalho desenvolvido e ao engajamento científico, descrevendo-o como *“uma experiência de vida que me motivou a seguir carreira na Ciência da Computação. Fazer os algoritmos e criar ideias para resolver problemas é algo que não é fácil, mas é uma Formação que não se mensura! Mexeu e continua me inspirando...”*. Vitória, por sua vez, enfatizou sua afinidade pela Matemática e a complexidade na construção de algoritmos, salientando *“É emocionante! Haja coração! A satisfação obtida ao aprender, criar e auxiliar os pacientes (...) o processo de mesclar algoritmos com leis Matemáticas é complexo, mas valeu cada esforço investido ali... (...) é gratificante criar coisas úteis e humanas ao mundo”*. Por fim, Vanessa expressou o contentamento em observar *“(...) a reação positiva dos idosos ao participarem das atividades propostas (...) legal ver a nossa invenção tecnológica servindo no tratamento...”*.

Na perspectiva da saúde, Raquel evidenciou *“(...) os benefícios observados nos pacientes, enfatizando melhorias nos movimentos, equilíbrio, postura e retardamento dos sintomas com o uso dos jogos e dos sensores para captar os movimentos (...) fora a alegria de cada um deles em participar”*. Dona Vicentina, como paciente, destacou a importância das sessões fisioterapêuticas realizadas com profissionais e jovens cientistas: *“conto os dias para participar da sessão com esses jovens cientistas. É uma alegria que vai além da contribuição para nosso tratamento (...) sempre fico animada com cada invenção trazida... essa do pássaro é difícil, mas tem que mexer para lá e para cá... concentrar muito para passar dos tubos [BTS-Robótica]”... Gosto de todas as invenções... Esse jogo é um pouco difícil (risos)*. Com isso, esses depoimentos específicos destacam que a intervenção no hospital transcende o conteúdo curricular, abordando questões cruciais relacionadas à valorização da vida, a partir da qual a competência humana emerge como um ponto fulcral de impacto na Formação de estudantes.

## 5 Resultados e Discussão

Diante do objetivo de compreender o impacto do desenvolvimento de inovações científico-robóticas, com ênfase na relevância social, no processo de Formação em Matemática de Estudantes do Ensino Médio, identificamos resultados significativos em cinco dimensões principais. Na análise da construção da *“The Bird in the Sky” (BTS-Robótica)*, os impactos identificados podem ser categorizados em: *habilidades Matemáticas, engajamento científico-matemático, argumentação-autonomia, criativo-inventivo e responsabilidade intelectual*. Tais resultados oferecem uma compreensão fundamental sobre como a introdução dessas inovações tecnológicas influencia a Formação em Matemática de estudantes do Ensino Médio. O detalhamento dessas cinco dimensões está disponível no Fluxograma 3.

**Fluxograma 3:** Resultados da pesquisa (Dados da Pesquisa)



**Fonte:** Elaboração própria (2023)

Conforme o Fluxograma 3, evidenciamos as cinco dimensões que emergiram ao longo do processo de invenção científico-robótica. Esse processo, caracterizado por sua *dinâmica não linear* de estruturação, não se encerra com respostas imediatas. Essa dinâmica nutre de maneira contínua o engajamento científico, possibilitando o constante desenvolvimento das *habilidades Matemáticas*, a promoção do pensamento *criativo-inventivo*, o fortalecimento da *argumentação autônoma*, o aprimoramento da *responsabilidade intelectual* e a potencialização do *engajamento científico-matemático*. Esses elementos operam em um processo iterativo ao longo do desenvolvimento da invenção científico-robótica, destacando a constante relevância do engajamento científico nesse contexto de Formação em Matemática e desenvolvimento acadêmico de estudantes. A análise dessas dimensões reforça a complexidade e inter-relação dinâmica entre elas, sublinhando a necessidade de um ambiente de aprendizagem propício que estimule e integre tais elementos para um progresso acadêmico holístico (científico, técnico e social). O Quadro 2 a seguir resume a relação entre essas dimensões, destacando sua influência no aprimoramento das habilidades Matemáticas, criatividade, argumentação, responsabilidade intelectual-social e engajamento científico-matemático dos alunos.

**Quadro 2:** Dimensões na Invenção Robótica e Impacto na Matemática do Ensino Médio

Dimensões	Desenvolvimento durante a invenção científico-robótica	Impacto na Formação de Matemática dos estudantes do Ensino Médio
Habilidades Matemáticas	Aplicação de conceitos matemáticos na formulação de algoritmos e na resolução de problemas lógicos.	Aprimoramento das habilidades de análise e resolução de problemas matemáticos integrados à computação.
Promoção do Pensamento Criativo-Inventivo	Estímulo à busca por soluções originais na concepção e desenvolvimento de dispositivos eletrônicos (jogos e robôs).	Desenvolvimento da capacidade de pensar criativamente na resolução de desafios e na criação de ideias e aplicação dos conceitos matemáticos.
Fortalecimento da Argumentação Autônoma	Fomento da análise crítica-comunicativa e da defesa de ideias argumentativas na escolha de métodos e estratégias de programação.	Aprimoramento da capacidade de comunicar e expressar argumentos próprios e da lógica na apresentação e defesa de raciocínios matemáticos.
Aprimoramento da Responsabilidade	Estímulo à ética no uso dos conhecimentos matemáticos na construção e implementação de modelos	Reforço da consciência ética no manuseio e aplicação dos conhecimentos matemáticos.

Intelectual-social	matemáticos e programas computacionais ao Parkinson.	Perceber a Matemática como uma ferramenta útil para construir soluções à sociedade.
Potencialização do Engajamento Científico-Matemático	Integração de teoria e prática, aplicando os conhecimentos matemáticos integrados à computação, na solução de problemas reais.	Estímulo ao interesse e participação ativa na ciência e na Matemática, relacionando teoria e aplicações ao tratamento de sintomas da doença de Parkinson.

**Fonte:** Elaboração própria (2023)

O Quadro 2 evidencia que as dimensões surgem de forma intrínseca durante o desenvolvimento de invenções robóticas, consolidando-se e estabelecendo inter-relações. No âmbito da Formação em Matemática para estudantes do Ensino Médio, essas dimensões exercem um impacto substancial, promovendo uma compreensão mais específica. Isso estimula não apenas a aplicação dos conhecimentos teóricos, mas também o cultivo de habilidades essenciais, como resolução de problemas, criatividade, argumentação lógica e responsabilidade ética. Essa preparação visa a capacitar os estudantes para enfrentar desafios do mundo real e contribuir de maneira proativa nas esferas científica e Matemática.

Conforme a seção de análise, o processo de desenvolvimento da invenção *BTS-Robótica* corrobora o engajamento persistente dos estudantes, mesmo diante da dificuldade inicial na construção de conhecimentos da Matemática e Computação. A construção de significados não deriva apenas da interação entre professor e estudantes, mas da comunicação estabelecida entre os participantes desse ambiente formativo. Isso destaca o impacto dessas inovações no processo de Formação Matemática, orientando os estudantes a “usar e desenvolver habilidades coletivas, assimilar novos conceitos, lidar com situações inesperadas e aprender continuamente” (Papert, 2008, p. 13). Dessa forma, compreendemos que o desenvolvimento de invenções científico-robóticas se origina e se desenvolve dinamicamente e de maneira idiossincrática nas concepções de protagonismo dos sujeitos, os quais fomentam a exploração de problemas abertos e resolvem problemas inéditos de Matemática para um fim social. Com isso, tais invenções (não só o produto final, mas o processo) se tornam um ponto nevrálgico à Formação em Matemática de estudantes que desenvolvem soluções científicas de relevância social (ONU, 2020).

A análise dos dados revela ainda um redimensionamento das hierarquias estabelecidas entre professores, estudantes e colaboradores da pesquisa. Essas relações não são anuladas, mas reconfiguradas, permitindo a compreensão individualizada da realidade e fomentando contribuições efetivas em suas respectivas funções colaborativas. A abordagem transcende ainda o simples uso de materiais eletrônicos ou sustentáveis, reforçando a conexão intrínseca entre a Formação Matemática e a saúde de pacientes com Parkinson (Santos 2017; Galna et al., 2014). A análise integrada dos dados, que engloba gravações, imagens e depoimentos dos participantes da pesquisa, revelou também impactos que ultrapassam o âmbito do conhecimento técnico. Para além da ampliação da capacidade analítica, resolução de desafios complexos e estímulo à criatividade Matemática, houve uma clara ênfase na busca por benefícios sociais. Especificamente, esse foco incluiu o propósito direto de auxiliar a sociedade, notadamente os pacientes com Parkinson. A respeito disso, a interligação entre a inovação científico-robótica e a Formação Matemática não apenas indica uma mudança na percepção dos estudantes sobre a utilidade prática da Matemática no contexto sociotecnológico, mas também fortaleceu a dimensão responsável-social, estabelecendo uma conexão mais concreta entre a teoria Matemática e sua aplicação prática na área da saúde — em especial, ao tratamento de Parkinson.

Em particular, na criação da *BTS-Robótica*, adotamos uma abordagem não convencional

na construção de conhecimentos matemáticos, na qual as ideias intuitivas em Matemática serviram como ponto de partida, permitindo aos estudantes atribuir significados, depurar concepções errôneas e reinterpretar dados ativamente. Essa abordagem de desenvolvimento sugere um contexto no qual os estudantes possam questionar, analisar erros, criar, investigar e formalizar conceitos matemáticos integrados aos de computação, afastando-se da transmissão incólume passiva de conhecimento científico, técnico e tecnológico. Esse processo, guiado pela autonomia, capacita os estudantes a se tornarem agentes de mudança por meio de invenções inéditas e de baixo custo, conectando o *currículo ativo* com demandas de impacto social.

## 6 Considerações Finais

Considerando o objetivo de compreender o impacto do desenvolvimento de invenções científico-robóticas na Formação em Matemática, identificamos resultados significativos em cinco dimensões principais. Os resultados obtidos revelam não apenas avanços técnicos, mas também aprimoramentos nas habilidades Matemáticas dos estudantes, estimulando a criatividade, a resolução de problemas e a consciência social. Esses avanços têm implicações diretas no tratamento de sintomas de Parkinson por meio da invenção *BTS-Robótica* desenvolvida. A integração entre Matemática e Computação para impactos sociais apresentada neste trabalho sinaliza um potencial significativo. Essa abordagem não só aprimora a Formação em termos de dinamismo e contextualização, mas também promove uma visão ampliada sobre o papel da tecnologia na Formação acadêmica e social dos estudantes. No entanto, é importante ressaltar a escassez de estudos na literatura que explorem detalhadamente essa interseção entre desenvolvimento científico-robótico, Matemática e impacto social. Essa lacuna sugere a necessidade de uma investigação mais aprofundada na área para uma compreensão mais abrangente de suas implicações educacionais, tecnológicas e sociais. Esses resultados reforçam a emergência de novas pesquisas na Educação Matemática, delineando a relevância de explorar o potencial dessas práticas para uma educação mais atual e problematizada.

## Agradecimentos

Agradecemos aos pacientes com a doença de Parkinson, em especial, aos idosos do Hospital do Idoso. Aos sonhadores do Mattics que acreditaram neste trabalho e, por meio dele, contribuíram na *Trans(Formação) de Vidas*, usando a Matemática e a Computação como ferramentas de impacto social. Agradecemos também Rafaela S. B. Biazotti pela revisão final deste artigo.

## Referências

- Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. (2022). Contexto Formativo de Invenção Robótico-Matemática: Pensamento Computacional e Matemática Crítica. *Bolema*, 36(72), 214-238.
- Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. & Lyra, G. M. V. (2018). Produção de games nas aulas de Matemática: por que não? *Acta Scientiae*, 20(5), 950-966.
- Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. (2021). Invenções robóticas para o tratamento de Parkinson: pensamento computacional e Formação Matemática. *Bolema*, 35(69), 63-88.
- Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V. (2023). Desenvolvimento de habilidades e invenções robóticas para impactos sociais no contexto de Formação em Matemática. *Ciência & Educação*, 29(1), 1-21.
- Azevedo, G. T. & Maltempi, M. V.; & Lyra-Silva, G. V. (2018). Processo formativo do aluno em Matemática: jogos digitais e tratamento de Parkinson. *Zetetiké*, 26(3), 569-585.
- Azevedo, G. T. & Maltempi, M.V. (2020). Processo de Aprendizagem de Matemática à luz das

- Metodologias Ativas e do Pensamento Computacional. *Ciência & Educação*, 26, 1-18.
- Azevedo, G. T. (2022). *Processo formativo em Matemática: invenções robóticas para o Parkinson*. 2022. Tese (Doutorado em Educação Matemática). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP.
- Azevedo, G. T.; Maltempi, M. V. & Lyra, G. M. V. (2020). Aprendizagem Matemática e tecnologias digitais: invenções robóticas para o Parkinson. *Paradigma*, 41(2), 81-101.
- Barba, L. (2016). *Computational Thinking: I do not think it means what you think it means*. Disponível em <https://lorenabarba.com/blog/computational-thinking-i-do-not-think-it-means-what-you-think-it-means/>.
- Brasil. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica (2018). *Base nacional comum curricular: Ensino Médio*. Brasília, DF: MEC/SEF.
- Bogdan, R. & Biklen, S. (1994). *Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto Editora.
- Camargos, A. C. R.; Cóprio, F. C. Q.; Souza, T. R. R. & Goulart, F (2004). O impacto da doença de Parkinson na qualidade de vida: uma revisão de literatura. *Revista Brasileira de Fisioterapia*. 8(3), 267-72.
- Denning, P. J (2017). Remaining Trouble Spots with Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33-39.
- Denzin, N. K & Lincoln, Y. S (2000). *Introduction: the discipline and practice of qualitative research*. Handbook of qualitative research. (v. 2, 3. ed.) Londres, LDN: Sage.
- Freire, P. (2005). *Pedagogia da autonomia — saberes necessários à prática educativa*. (31. ed.) Rio de Janeiro, RJ: Paz e Terra.
- Flick, U. (1998). *Uma introdução à pesquisa qualitativa*. Londres: Nova Delhi: Sábio.
- Galna, B.; Jackson, D.; Schofield, G.; Mcnaney, R.; Webster, M. & Barry, G., L. (2014). Retraining function in people with Parkinson's disease using the Microsoft kinect: game design and pilot testing. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 11(60), 1-12.
- Goldenberg, M. (2004). *A arte de Pesquisar: Como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais*. (8. ed.) Rio de Janeiro, RJ, Record.
- Gonçalves, G. B; Leite; M. A. A. & Pereira, J. S. (2011). Influência das distintas modalidades de reabilitação sobre as disfunções motoras decorrentes da Doença de Parkinson. *Revista Brasileira de Neurologia*, 47(2), 22-30.
- Goulart, F & Pereira, L. X. (2004). Uso de escalas para avaliação da doença de Parkinson em fisioterapia. *Revista de Fisioterapia e Pesquisa*. 1(2), 49-56.
- Onu (2020). Organização das Nações Unidas. Educação de Qualidade. Disponível em: <https://brasil.un.org>.
- Papert, S. (1996). An exploration in the space of mathematics educations. *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1(1), 95-123.
- Papert, S. (2008). *A máquina das crianças: repensando a escola na era informática*. Porto Alegre, RS: Artes Médicas.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.

- Resnick, M. (2017). *Lifelong kindergarten: cultivating creativity through projects, passion, peers and play*. Cambridge: MIT Press.
- Santana, C. M. F.; Lins, O. G.; Sanguinetti, D. C. M & Silva, F. P. S (2015). Efeitos do tratamento com realidade virtual não imersiva na qualidade de vida de indivíduos com Parkinson. *Revista Brasileira Geriatria*, 18(1), 49-58.
- Santos, L. R.; Sousa, L. R.; Lopes, C. R.; Dionísio, J. & Fenelon, S. B. (2017). Game terapia no Parkinson. *Revista Brasileira de Ciência & Movimento*, 25(4), 32-38.
- Valente, J. A. (2016). Integração do Pensamento Computacional no Currículo da Educação Básica: diferentes estratégias usadas e questões de Formação de professores e avaliação do Aluno. *e-Curriculum*, 14(3), 864-897.
- Wing, J. M. (2011). *Research Notebook: Computational Thinking: what and why*. Thelink, Disponível em: <https://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why>.
- Yin, R. K. (2016). *Pesquisa qualitativa do início ao fim*. Porto Alegre, RS: Artmed.