



Gênese Instrumental em Espaços Não Formais: um olhar sobre o ensino de cônicas no Ensino Superior

Vilma Gisele Karsburg, IFSC – PPGEMAT/UFRGS, vilma.karsburg@ifsc.edu.br, <https://orcid.org/0000-0003-1457-4673>

Jônatas Inácio de Freitas, IFSul – PPGEMAT/UFRGS, jonatasfreitas@ifsul.edu.br, <https://orcid.org/0000-0003-2230-856X>

Resumo: Este artigo investiga o processo de apropriação da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) por discentes do Ensino Superior em um ambiente não formal, com o objetivo de avaliar a transição dessa tecnologia de um artefato para um instrumento-para-pensar-matemática-com. Ancorada na teoria da Gênese Instrumental, a metodologia consistiu em uma pesquisa qualitativa e exploratória, na qual estudantes de Ciência da Computação utilizaram a IAGen para resolver um problema envolvendo seções cônicas. Os resultados sugerem que o fracasso inicial da máquina em gerar a representação visual correta apresentou-se como seu maior potencial didático. Conclui-se que o tensionamento cognitivo provocado pelo erro da inteligência artificial é um fator que pode viabilizar a constituição do instrumento, pois demanda o raciocínio matemático ativo em vez da recepção passiva de respostas.

Palavras-chave: inteligência artificial generativa; gênese instrumental; ensino de matemática; seções cônicas; ensino superior.

Instrumental Genesis in Non-Formal Spaces: a look at teaching conic sections in higher education

Abstract: This paper investigates the appropriation process of Generative Artificial Intelligence (GenAI) by higher education students in a non-formal learning environment, aiming to evaluate the transition of this technology from an artifact into an instrument-to-think-mathematics-with. Anchored in the Instrumental Genesis theory, the methodology consisted of qualitative and exploratory research in which Computer Science students used GenAI to solve a problem involving conic sections. The results suggest that the machine's initial failure to generate the correct visual representation can be its major didactic potential. It is concluded that the cognitive tension provoked by the artificial intelligence's error is a factor that enables the constitution of the instrument, as it demands active mathematical reasoning rather than the passive reception of answers.

Keywords: generative artificial intelligence; instrumental genesis; mathematics teaching; conic sections; higher education.

1. Introdução

O rápido desenvolvimento da Inteligência Artificial (IA), e de forma mais específica da IA generativa (IAGen), demanda investigações aprofundadas sobre a apropriação tecnológica por parte dos discentes nos espaços de ensino de Matemática. Avanços notáveis, como o modelo conversacional ChatGPT, inauguraram novas perspectivas de inovação pedagógica, catalisadas especialm



ente pelo isolamento social decorrente da pandemia de COVID-19 (Azevedo, 2024). Por outro lado, o uso massivo e muitas vezes negligente dessas ferramentas acende um alerta quanto à recepção passiva de informações e à falta de reflexão sobre os processos matemáticos envolvidos.

Para compreender as formas de uso e as reais contribuições dessas ferramentas, este estudo fundamenta-se na teoria da Gênese Instrumental de Rabardel (1995), que tem como uma das centralidades a distinção entre **artefato** e **instrumento**. O primeiro é o objeto tecnológico em si (por exemplo, a interface da IAGen, com suas características, restrições e programações originais). O segundo não é algo previamente fornecido, mas uma composição do próprio artefato com os esquemas de utilização que o sujeito elabora, adapta e mobiliza cognitivamente para executar uma tarefa. Nesse sentido, a IAGen será um instrumento único para cada sujeito, construído pelos seus esquemas de utilização.

Ao mesmo tempo, a superação do uso técnico de um artefato é ressaltada na literatura sobre Gênese Instrumental e tecnologias digitais (TD), em especial no que se refere à geometria. Medeiros e Basso (2020), ao fundamentarem-se em Rabardel (1995) para analisar um ambiente de geometria dinâmica, especificamente a criação e a interação de applets do GeoGebra em um curso de licenciatura em Matemática, sugerem que a forma de pensar é alterada e a capacidade de resolução de problemas é melhorada a partir da criação e interação com applets em cursos de licenciatura em Matemática. Na mesma direção, Pereira e Estevam (2022) investigaram as potencialidades do software GeoGebra a partir de uma revisão de dissertações, evidenciando que diversos instrumentos podem ser constituídos a partir do modo como professores e alunos apropriam-se dos artefatos e modificam-nos ao mobilizarem diferentes esquemas.

Aprofundando essa perspectiva, Notare et al. (2025) discutem a integração das tecnologias digitais na sala de aula e trazem uma contribuição fundamental ao analisarem como as atividades propostas revelam níveis em um processo de apropriação do artefato. Os autores propõem o conceito de **instrumentos-para-pensar-matemática-com**, que ocorrem, em síntese, quando a tecnologia transcende a função de mera executora de cálculos ou construtora de figuras para estabelecer uma relação de simbiose com o estudante.

Recentemente, Martins et al. (2025) usaram esse conceito para analisar o processo de gênese instrumental focado no uso da IAGen, na criação de recursos interativos educacionais por professores. A partir das interações e dos prompts utilizados, identificaram a transformação desse artefato tecnológico em um instrumento de autoria pedagógica. Os resultados desse trabalho indicaram que a IAGen pode fomentar autonomia e inovação pedagógica, permitindo a criação, por docentes, de recursos alinhados às necessidades de seus alunos. Da mesma forma, Fabre e Bertagnolli (2025) reforçam o amplo uso da IAGen, sob a perspectiva do professor, como apoio ao planejamento, criação de recursos, avaliação e feedback individualizado.



Por outro lado, embora os trabalhos supracitados consolidem a articulação entre Gênese Instrumental e TDs (incluindo a IAGen), seu foco analítico o recai sobre a prática ou formação docente. Em diálogo com esses estudos correlatos, entendemos que é igualmente importante deslocar a lente da análise para a gênese desse tipo de instrumento pelo aluno, isto é, analisar que tipo de instrumento é promovido pela adoção de um espaço de possíveis tentativas, erros e refinamentos de comunicações entre sujeito e máquina.

Para tanto, buscamos investigar como a teoria da Gênese Instrumental de Rabardel (1995) é evidenciada no processo de transformação da IAGen, de um artefato para um instrumento e se a IAGen pode ser considerada um instrumento-para-pensar-matemática-com a partir dos esquemas de utilização gerados na aplicação de conceitos matemáticos, na elaboração dos prompts, para a resolução de um problema envolvendo seções cônicas. Para isso, recorreremos a uma pesquisa qualitativa e exploratória baseada na experiência de estudantes de Ciência da Computação em um ambiente de ensino não formal.

Antes de discorrer sobre a metodologia do presente trabalho, passamos ao referencial teórico, discutindo a gênese instrumental e articulando-a com o conceito de instrumento-para-pensar-com, bem como tecendo reflexões sobre como a IAGen pode constituir-se como tal.

2. A gênese da Inteligência Artificial Generativa como instrumento-para-pensar-com

O processo de integração das Tecnologias Digitais (TD) nos espaços de ensino e de aprendizagem da Matemática tem se consolidado como um campo de intensos debates epistemológicos e transformações metodológicas. Nas últimas décadas, a utilização de softwares de matemática dinâmica, como o GeoGebra, e de recursos interativos em formato HTML expandiu-se de maneira significativa nas salas de aula da Educação Básica e Superior (Basso; Notare, 2015). Contudo, a mera inserção de aparatos tecnológicos no ambiente escolar não assegura o desenvolvimento do raciocínio lógico-matemático. Verifica-se que, frequentemente, as propostas de uso destas tecnologias permanecem em estágios operacionais básicos, nos quais as ferramentas não são exploradas em todo o seu potencial cognitivo. Os desafios não se resumem aos ligados ao planejamento e à apropriação tecnológica pelos docentes (Notare; Basso, 2017), mas abrangem também os processos de apropriação vivenciados pelos próprios estudantes durante a realização das atividades práticas (Notare et al., 2025).

Para compreender a relação que se estabelece entre os discentes e os recursos tecnológicos, recorreremos ao aporte teórico da Gênese Instrumental, proposto pelo pesquisador Pierre Rabardel (1995). O autor estabelece uma distinção estrutural e psicológica entre o artefato e o instrumento. O artefato é concebido como um objeto material, digital ou simbólico em si, dotado de características, restrições e potencialidades intrínsecas à sua programação ou design (Rabardel, 1995). O instrumento, por sua vez, afasta-se da mer



a materialidade. Ele é definido como uma entidade composta pelo artefato acrescido dos esquemas de utilização que o sujeito elabora, adapta e mobiliza para executar uma determinada tarefa (Rabardel, 1995). Dessa forma, compreende-se que o instrumento não é um recurso prévio fornecido ao aluno, mas sim o resultado autônomo de uma construção individual suscitada pela necessidade de realizar tarefas particulares.

A transformação gradual do artefato em instrumento cognitivo constitui o que se denomina gênese instrumental, um processo dinâmico, temporalmente extenso e profundamente dialético que abrange duas dimensões inseparáveis: a instrumentalização e a instrumentação (Notare; Basso, 2017; Rabardel, 1995). A instrumentalização consiste no reconhecimento progressivo das potencialidades do artefato e em sua subsequente adaptação, configurando-se como um processo orientado do sujeito para o objeto. Este fenômeno ocorre quando o estudante personaliza, explora e enriquece o recurso tecnológico, atribuindo a ele novas funções para adequá-lo às exigências singulares de sua atividade (Valletta; Basso, 2023; Rabardel, 1995). No uso da IAGen, isso pode ocorrer quando os alunos exploram suas funcionalidades e refinam prompts cada vez mais precisos para guiar a plataforma no desenvolvimento de soluções, aprendendo a interpretar, selecionar e combinar as respostas geradas.

Em contrapartida, a instrumentação caracteriza-se como o processo inverso, orientado do objeto tecnológico para o sujeito. Durante a instrumentação, o artefato, com sua interface, suas propriedades e suas limitações sintáticas, atua ativamente sobre o aluno, moldando suas estratégias de resolução de problemas, provocando acomodações cognitivas e impulsionando a emergência de novos esquemas de pensamento e de ação (Notare; Basso, 2017). Ao interagir com a IAGen, a instrumentação pode vir com o pensamento algorítmico e a lógica investigativa iterativa baseada nos retornos da IA, ampliando seus horizontes criativos e sua compreensão sobre a estrutura lógica dos problemas abordados.

O conceito de esquema de Rabardel é apoiado na teoria de Jean Piaget (1982) acerca do desenvolvimento da inteligência. Para Piaget (1982), os esquemas constituem os meios estruturais pelos quais o sujeito assimila as situações e os objetos com os quais é confrontado, incorporando a realidade externa ao seu próprio ciclo de organização mental. A partir dessa premissa piagetiana, Rabardel (1995) avança ao classificar os esquemas mobilizados no uso de tecnologias em diferentes níveis hierárquicos. Em um nível básico, encontram-se os esquemas de uso que se referem a ações específicas, automatizadas e tarefas de ordem secundária ligadas diretamente à gestão e ao manuseio básico do artefato. Exemplos de esquemas de uso incluem a ação de selecionar uma ferramenta geométrica, traçar um segmento de reta, arrastar um vértice em uma tela ou inserir um valor numérico em um campo de texto interativo. Em um nível de maior complexidade cognitiva, situam-se os esquemas de ação instrumentada, que atuam como coordenadores globais. Estes esquemas de ordem superior incorporam e subordinam diversos esquemas de uso isolados, or



ganizando-os em uma totalidade articulada cujo significado é conferido pela execução de tarefas primárias mais abrangentes, vinculadas à resolução de um problema matemático e à compreensão de conceitos.

No contexto específico da educação matemática, argumenta-se fortemente e que as ferramentas tecnológicas devem superar a condição de meros facilitadores de cálculos ou de construtores de figuras estáticas, mas ser elevada ao status de instrumentos de ordem epistemológica e cognitiva, com a capacidade de provocar experimentos de pensamentos contínuos nos quais os estudantes ampliam suas formas de externar raciocínios (Gravina; Basso, 2012). Esta perspectiva dialoga de maneira direta com os preceitos de Papert (1980), que cunhou a expressão **objetos-de-pensar-com** para descrever sistemas formais estruturados para a reflexão. Alinha-se a essa a concepção de **ferramentas para pensamento** proposta por Shaffer e Clinton (2006), que enfatiza a relação de **simbiose** instaurada entre o estudante e a tecnologia. Nesta relação simbiótica, não apenas o discente atua sobre a ferramenta mediante seus comandos e hipóteses, mas a ferramenta, por meio de seus retornos visuais e dinâmicos, atua retroativamente sobre as estruturas cognitivas do estudante (Shaffer; Clinton, 2006).

Sob essa ótica, as TD passam a ser compreendidas como instrumentos-para-pensar-matemática-com (Notare et al., 2025). A efetivação deste processo nos ambientes de aprendizagem é impulsionada por um ciclo iterativo de ações cognitivas que envolvem o explorar, o conjecturar, o validar, o explicar e o argumentar (Notare et al., 2025). Experiências que possibilitem aos estudantes o acesso livre para movimentar, tensionar e modificar objetos matemáticos por meio de interfaces tecnológicas permitem que esses alunos internalizem essas dinâmicas. Com o tempo e a mediação adequada, o estudante aprende a realizar esses mesmos tipos de experimentações internamente, na ausência física do artefato, incorporando a lógica da tecnologia à sua própria atividade cognitiva autônoma e suscitando novas formas de abstração e generalização (Notare et al., 2025; Gravina; Basso, 2012).

Notare et al. (2025) propõem que a transformação de um artefato em um autêntico instrumento de pensamento matemático depende da complexidade das atividades propostas aos alunos, estruturadas em um continuum de quatro categorias. Nas fases iniciais, a Categoria I engloba atividades estritamente guiadas e algorítmicas, nas quais o aluno segue roteiros mecânicos focados apenas na interface da ferramenta, limitando o desenvolvimento do raciocínio matemático. A transição cognitiva tem início na Categoria II, focada na exploração visual de figuras dinâmicas pré-construídas. Ao interagir e movimentar elementos para observar propriedades, o estudante estabelece uma relação de simbiose com o software, conectando conhecimentos prévios às respostas visuais da ferramenta e mobilizando seu pensamento investigativo.

Por outro lado, sendo uma relação que vai do artefato para o sujeito e vice-versa, temos que o desenho de um recurso interativo influencia diferentes possíveis gêneses instrumentais. Nesse sentido, a IAGen permite que edu



cadadores superem barreiras técnicas de programação, instrumentalizando essas plataformas para criar artefatos digitais sob medida, programados em linguagens estruturais como HTML e JavaScript (Martins et al., 2025). Ao projetar esses recursos interativos, estabelece-se um microambiente no qual a instrumentação do aluno é direcionada. O estudante, ao interagir com ferramentas digitais customizadas, encontra um espaço propício para desenvolver seus esquemas de utilização de forma mais coerente com seus conhecimentos prévios e com os objetivos da aula.

Essa relação dialética está fortemente relacionada ao domínio conceitual do aluno. Conforme Notare e Basso (2017), noções matemáticas limitadas implicam em uma exploração restrita da tecnologia e, consequentemente, na elaboração de um instrumento restrito, ao passo que um conhecimento matemático mais amplo potencializa interações e investigações muito mais ricas. Sob essa perspectiva, é insuficiente o uso da tecnologia focado apenas em esquemas de uso elementares, como utilizar a IAGen de forma passiva apenas para obter respostas prontas. O desenvolvimento de esquemas de ação instrumentada que permitam ao aluno realizar tarefas complexas não decorre do mero treinamento técnico para o uso de um software (Martins et al., 2025), mas de uma evolução dual e simultânea, com a constituição e a coordenação de esquemas de utilização do artefato (Notare et al., 2025). Dessa forma, é na atividade prática desafiadora e reflexiva, mediada por recursos digitais intencionalmente concebidos, incluindo a IAGen, que o artefato deixa de ser um objeto exterior para tornar-se uma extensão da arquitetura do pensamento matemático do aluno.

Inspirados por esses estudos, propusemos uma atividade investigativa na qual estudantes de Ciência da Computação utilizaram a IAGen para resolver um problema envolvendo seções cônicas em um ambiente não formal de aprendizagem, a qual apresentamos na próxima seção.

3. Metodologia

Este trabalho caracteriza-se como uma pesquisa científica aplicada, de caráter exploratório e com abordagem qualitativa (Zanella, 2013), estruturada para investigar como a teoria da Gênese Instrumental de Rabardel (1995) se evidencia no processo de transformação da IAGen de um artefato para um instrumento. Adicionalmente, buscamos compreender se a IAGen pode ser concebida como um instrumento-para-pensar-matemática-com, a partir dos esquemas de utilização elaborados pelos discentes para a resolução de um problema envolvendo seções cônicas.

O estudo foi conduzido em um ambiente não formal de aprendizagem, contando com a participação voluntária de sete estudantes universitários, integrantes de um grupo de *WhatsApp* de uma disciplina de Cálculo Diferencial e Integral do curso de graduação em Ciência da Computação, originalmente utilizado para dúvidas e recados por alunos regulares, monitores e bolsistas. A atividade investigativa proposta não teve vínculo direto com a disciplina, q



ue já se encontrava finalizada. Os participantes, com idades entre 20 e 35 anos, matriculados a partir do terceiro semestre do curso, possuíam conhecimentos matemáticos prévios, já tendo cursado Geometria Analítica, Álgebra Linear e Cálculo Diferencial e Integral.

Os dados foram produzidos a partir de uma tarefa investigativa estruturada em torno da resolução de um problema geométrico (Figura 1), ora compreendido como uma situação que o discente não sabe resolver de imediato, mas demonstra interesse em solucionar (Onuchic; Allevato, 2004). Para a realização da atividade, exigiu-se a mobilização de conceitos subjacentes de Geometria Analítica, tais como seções cônicas, elipses e intersecção com plano, os quais foram intencionalmente omitidos do enunciado. Com o intuito de não interferir na ideação dos estudantes, a intervenção ocorreu sem a indicação de uma plataforma específica de IAGen e sem a disponibilização de tutoriais ou roteiros de uso.

No que se refere aos aspectos éticos, ressaltamos que a participação voluntária dos estudantes deu-se após serem informados sobre os objetivos acadêmicos da atividade e a natureza da coleta de dados no ambiente não formal. A concordância em participar foi registrada por meio de termo de esclarecimento e aceite digital no *WhatsApp*. Com o intuito de resguardar a privacidade, garantir o anonimato e manter a confidencialidade dos dados, as identidades reais dos discentes foram suprimidas e substituídas por códigos alfabéticos (Estudante A até Estudante G) ao longo de todas as transcrições e análises.

Utilizando uma IAGen de sua preferência, através de prompts que descrevam na língua natural ou utilizando conceitos matemáticos, gere a imagem ao lado:

Compartilhe os prompts e os resultados obtidos.

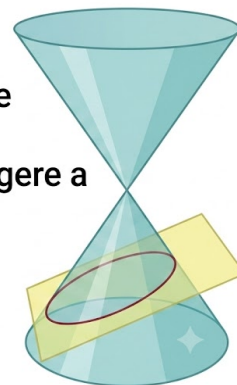


Figura 1 - Enunciado do problema envolvendo seções cônicas proposto aos estudantes

A produção de dados do *WhatsApp* ocorreu de forma assíncrona e remota. Após as preliminares éticas, foi compartilhada a atividade-alvo, descrita na Figura 1. Os estudantes que aceitaram o convite enviaram as suas resoluções de forma privada, detalhando a plataforma escolhida, os prompts textuais elaborados e os *outputs* (resultados) obtidos. Cabe ressaltar que a dinâmica ocorreu de forma inteiramente autônoma, sem fornecimento de roteiros de uso ou qualquer tipo de interferência, mediação ou explicação adicional, visando o capturar a espontaneidade do processo de ideação.



O exame das interações fundamentou-se na análise da gênese pelos diferentes participantes. Assim como em Notare e Basso (2017), adotamos o estudo de casos múltiplos de Ponte (2006). A gênese de diferentes instrumentos foi analisada sob quatro eixos: o número de iterações, o reconhecimento e adaptação às limitações técnicas da plataforma, os conceitos matemáticos mobilizados nos prompts e a capacidade do aluno de correlacionar sua intenção mental, a sintaxe exigida pela IAGen e sua validação crítica sobre o *output* fornecido.

O corpus analítico constituiu-se pelas entradas de texto (prompts) realizadas pelos estudantes, pelos resultados visuais e textuais devolvidos pelas plataformas e pelas formas de utilização da ferramenta evidenciadas ao longo das interações. Na próxima seção, apresentamos a análise dos dados produzidos, que foram interpretados, a partir da experiência, sob a ótica da Gênese Instrumental e da consolidação da IAGen como um potencial instrumento cognitivo (Notare et al., 2025).

4. Discussão

O foco desta investigação residiu em observar e compreender como sete estudantes (identificados de A a G) interagiram com o artefato tecnológico, modificando-o e se apropriando dele por meio da mobilização de esquemas de utilização (Martins et al., 2025). A atividade, proposta de maneira voluntária em um ambiente não formal de ensino (um grupo de *WhatsApp*), instigou alunos de um curso de Ciência da Computação, que já haviam cursado Cálculo Diferencial e Integral, a resolverem um problema envolvendo seções cônicas utilizando a IAGen de sua preferência. Ao fazê-lo, buscamos identificar se os complexos níveis de um processo contínuo de apropriação tecnológica explicaram a transição de um artefato tecnológico para um instrumento estruturado para o pensamento matemático.

Para compreender a relação que se estabeleceu entre os discentes e as plataformas de IAGen, é importante retomar a distinção estrutural proposta por Rabardel (1995) entre artefato e instrumento nesse contexto. O artefato é o objeto digital em si, dotado de restrições e potencialidades intrínsecas à sua programação. Nas primeiras interações registradas, a IAGen operou majoritariamente como esse artefato exterior. Observa-se que a apropriação se inicia por meio do processo de instrumentalização, um movimento orientado do sujeito para o objeto, no qual o aluno busca adaptar e atribuir funções à ferramenta para adequá-la às exigências singulares de sua tarefa (Notare; Basso, 2017). Esse fenômeno ficou evidente nas tentativas iniciais, em que a maioria dos estudantes buscou traduzir seus conhecimentos matemáticos prévios para a linguagem natural suportada pela interface da máquina, na tentativa de forçar o artefato a produzir a imagem desejada.

O Estudante A, utilizando o ChatGPT, tentou obter a imagem solicitada por meio de um prompt único e propositalmente completo. Ao não obter êxito na primeira tentativa, o estudante recorreu a uma linguagem natural superficial



ial, utilizando expressões como “o plano deve cortar” para tentar explicar o seu objetivo à IA (Figura 2). A imprecisão conceitual presente nesta primeira tentativa se inclina ao emprego de esquemas de uso secundários e não coordenados (Rabardel, 1995). O estudante mobiliza ações automatizadas de comunicação textual, mas desprovidas da precisão linguística necessária para governar o comportamento da IAGen. Similarmente, o Estudante C redigiu um prompt longo e elaborado, recorrendo a termos como “cone infinito” e “perspectiva” no ChatGPT. Numa segunda tentativa, buscou explicar os ajustes necessários utilizando a mesma base de linguagem natural (Figura 3).

Esses prompts possivelmente tidos como ineficazes revelam um momento crítico da gênese instrumental. Quando a instrumentalização, aqui a tentativa do aluno de impor sua vontade ao artefato, encontra os limites técnicos da ferramenta e resulta em uma imagem geometricamente equivocada, o processo no sentido inverso acaba por ser mobilizado: a instrumentação (Notare et al., 2025). A instrumentação caracteriza-se como a ação do objeto tecnológico sobre o sujeito, moldando ativamente as estratégias de raciocínio do usuário e provocando acomodações cognitivas (Rabardel, 1995). O erro visual devolvido pela IAGen atua retroativamente sobre a estrutura mental do estudante, sinalizando que a linguagem natural é instrumentalmente ineficaz. O artefato demanda ao estudante a identificação e a explicitação de variáveis matemáticas rigorosas para funcionar adequadamente.

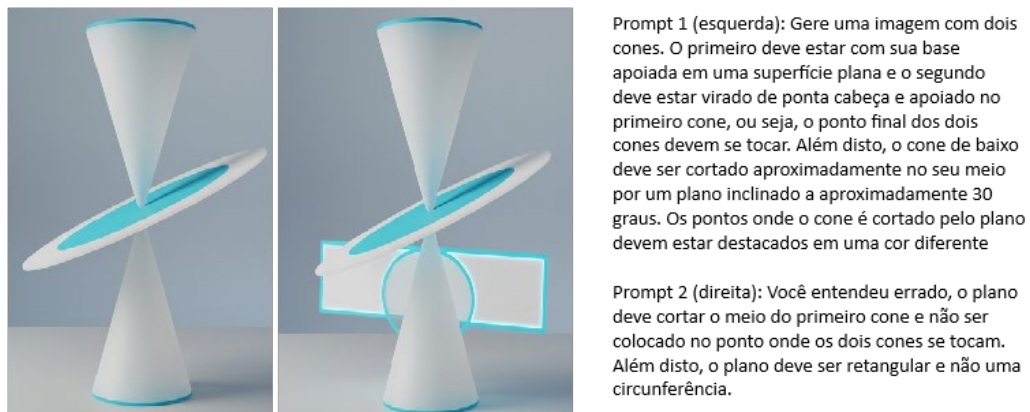


Figura 2 - Interações e comandos elaborados pelo Estudante A na plataforma ChatGPT

Essa exigência de rigor induzida pela resposta insuficiente da máquina possivelmente levou os estudantes a reformularem seus esquemas mentais. O Estudante B, também usuário do ChatGPT, introduziu o termo “elipse”, que estava ausente nos prompts do Estudante A. Apesar de iniciar o uso de uma sintaxe matemática mais alinhada à Geometria Analítica, o Estudante B não obteve a imagem correta e absteve-se de realizar novas tentativas (Figura 4).

A desistência do Estudante B demonstra uma gênese instrumental interrompida. A transformação do artefato em instrumento demanda um ciclo iterativo de persistência, no qual o sujeito reelabora constantemente suas instruções (Martins et al., 2025). Quando o aluno não supera a barreira do primeiro



o erro, a IAGen permanece como um artefato pouco sondado, impedindo o aparecimento de esquemas mentais mais sofisticados.

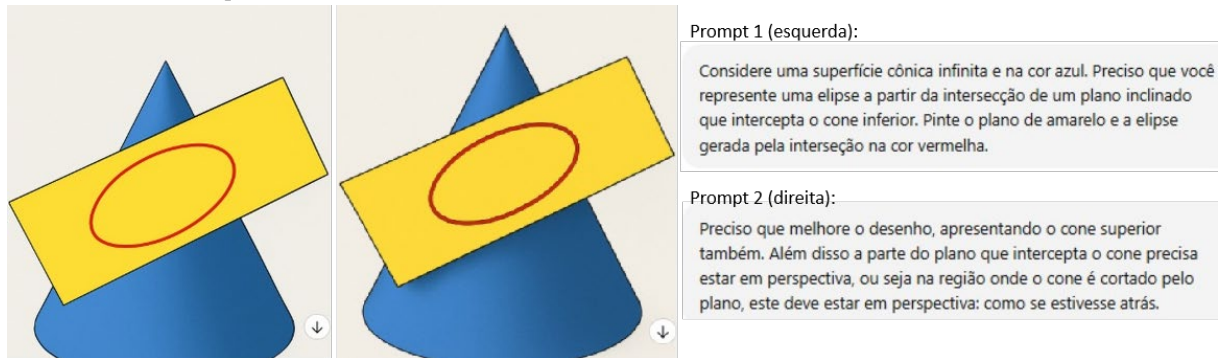


Figura 3 - Interações e comandos elaborados pelo Estudante C na plataforma ChatGPT

A complexidade dessa simbiose entre sujeito e tecnologia (Shaffer; Clinton, 2006) é acentuada pelas limitações técnicas intrínsecas das próprias plataformas utilizadas. O Estudante D, por exemplo, recorreu ao tutorEVA, que declarou incapacidade técnica imediata para resolver o problema geométrico proposto. Frustrado, o estudante tentou migrar para outra IA, mas relatou que “não deu certo” e abandonou a tarefa.

Gere uma imagem de dois cones, um acima e outro abaixo, unidos pelos vértices, formando uma estrutura semelhante a uma ampulheta. Um plano de corte inclinado atravessa o cone inferior, revelando uma seção transversal em forma de elipse, destacada em vermelho (a imagem tem que ser didática como se fosse de um livro de matemática)

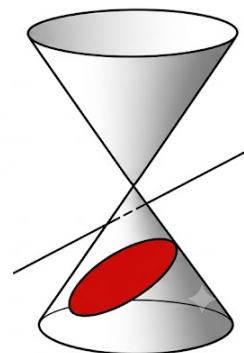


Figura 4 - Interação única realizada pelo Estudante B na plataforma ChatGPT

Por outro lado, o Estudante E forneceu o enunciado do exercício pronto ao ChatGPT. A ferramenta demonstrou um domínio algorítmico textual notável, descrevendo as propriedades da seção cônica de maneira correta (Figura 5), mas falhou ao tentar renderizar a imagem correspondente. O aluno, utilizando a versão gratuita da plataforma, interpretou que o erro se devia às limitações de seu plano de acesso e encerrou as interações.

Agora sim — essa imagem que você enviou está exatamente no formato geométrico correto:

- O cone duplo está completo (superior e inferior),
- O plano amarelo atravessa o cone inferior,
- A elipse vermelha marca a intersecção,
- E o plano aparece em perspectiva, com parte atrás e parte à frente do cone.

Quer que eu gere uma versão semelhante, mas com melhor definição e cores mais vivas, mantendo a mesma estrutura geométrica (como um diagrama moderno e limpo)?

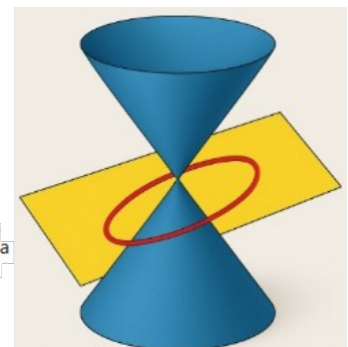




Figura 5 - *Output* a partir da interação do Estudante E na plataforma ChatGPT

Sob outra dinâmica, o Estudante F, utilizando a versão para dispositivos móveis do ChatGPT, obteve o resultado visual mais potencial entre as primeiras tentativas de comando único, embora a ferramenta tenha gerado apenas a parte inferior do cone duplo (Figura 6).



Figura 6 - Primeira interação visual elaborada pelo Estudante F na plataforma ChatGPT

Diante desse cenário de tentativas, erros e respostas parciais, evidencia-se que a apropriação real da tecnologia depende de uma evolução cognitiva dual: é preciso dominar o conceito matemático e, paralelamente, dominar a forma de comunicá-lo à máquina (Notare et. al., 2025). O instrumento cognitivo genuíno não é fornecido ao aluno. Ele é uma construção mental autônoma (Rabardel, 1995). Para que a IAGen ascenda ao status de um autêntico instrumento-para-pensar-matemática-com, o sujeito deve superar o uso dos esquemas elementares de uso e desenvolver esquemas de ação instrumentada (Notare et al., 2025), estruturas coordenadoras globais, que subordinam as ações básicas, como digitar um prompt, a uma intencionalidade matemática complexa e iterativa (Rabardel, 1995).

O percurso do Estudante G (Figura 7) consolida essa premissa teórica. Utilizando a IAGen Manus, ele não buscou a solução por meio de um comando direto e definitivo. Ao contrário, ele internalizou a lógica de funcionamento do artefato e fragmentou seu raciocínio. Iniciou a construção da base geométrica solicitando, de forma elementar, “dois cones unidos pelo vértice”. Ao receber o retorno visual, configurando a instrumentação, avançou na formulação do seu modelo mental, introduzindo gradativamente um rigor vocabular próprio da Geometria Analítica: “plano que intercepta”, “elipse” e “interseção”.

Ainda que o Estudante G tenha inserido termos estéticos em seus comandos, a essência de sua interação revela a verdadeira constituição do instrumento cognitivo. Ele estabeleceu uma relação na qual o conhecimento conceitual foi entrelaçado aos esquemas de utilização (Notare et al., 2025). Ele não delegou o pensamento à IAGen. Ao contrário, ele efetivamente operou como sujeito ativo e pensou com a IAGen.

A partir dos casos individuais apresentados nesta seção, sintetizamos as gêneses, tendo quatro eixos como diretrizes. Inicialmente, no que tange a o plano de ação global, observamos uma nítida dicotomia: abordagens baseadas em comandos únicos (como as dos Estudantes A, B e C) tenderam a resultar em gêneses instrumentais interrompidas, enquanto a decomposição do raciocínio em ciclos iterativos (Estudante G) mostrou-se essencial para a progressão da tarefa. Essa necessidade de interação vincula-se intrinsecamente ao segundo eixo, o reconhecimento e adaptação às limitações técnicas da plataforma. As falhas visuais ou incapacidades de renderização da máquina (exemplificadas nos casos dos Estudantes D e E) atuaram como obstáculos produtivos. Quando o discente reconheceu essa limitação técnica, o erro da IAGen deixou de ser um ponto final e tornou-se o catalisador para a sua própria acomodação cognitiva.

Em resposta a esse tensionamento, emerge o terceiro eixo da análise: os conceitos matemáticos mobilizados nos *prompts*. Para superar a barreira comunicacional com a máquina, os estudantes foram forçados a abandonar a imprecisão da linguagem natural coloquial, incorporando variáveis geométricas e estritas (“elipse”, “intersecção”) para se comunicar com a IAGen.

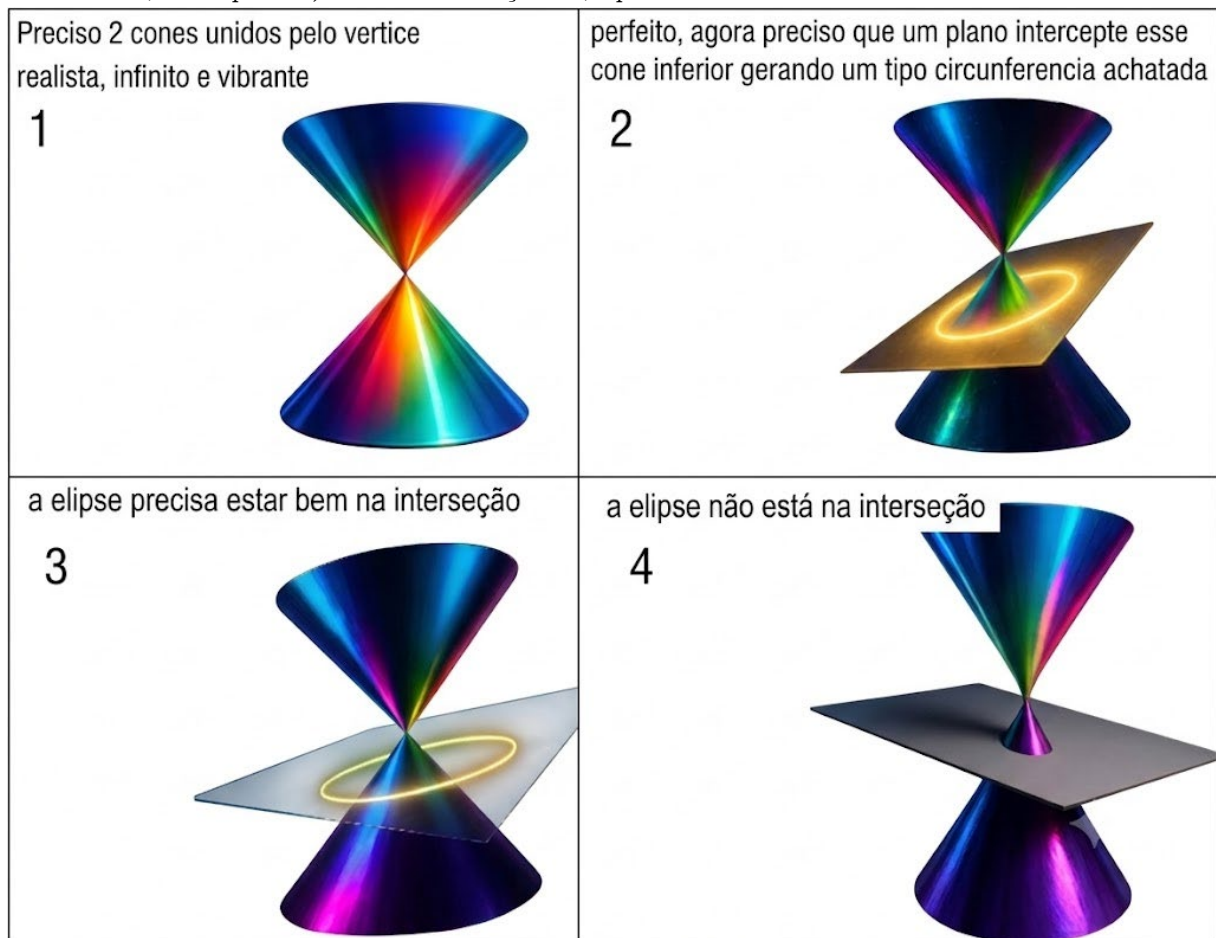


Figura 7 - Ciclo iterativo de refinamento de comandos pelo Estudante G na plataforma Manus



Finalmente, a apropriação tecnológica efetivou-se no quarto eixo, exposto pela capacidade de correlacionar a intenção mental, a sintaxe da máquina e a validação crítica do retorno visual. O percurso do Estudante G ilustrou essa dinâmica: o aluno não atuou como um receptor passivo de imagens, mas como um validador ativo que tensionou a ferramenta até que o *output* se aproximasse de sua ideia geométrica.

Portanto, sob o escopo da Gênese Instrumental, concluímos paradoxalmente que o fracasso inicial da máquina em fornecer a resposta correta apresentou-se como considerável potencial didático. Ao errar ou gerar imagens incompletas, o artefato possivelmente induziu o estudante a rever e a refinar seus próprios esquemas conceituais, abandonando a passividade da linguagem natural e sendo compelido a argumentar formalmente com o sistema, utilizando as propriedades geométricas exatas da seção cônica para atingir o resultado. Assim, quando orquestrada pelo domínio do conhecimento matemático, a IAGen pode deixar de ser uma plataforma restrita e inclinar-se no sentido de uma extensão dinâmica da arquitetura do pensamento do discente (Notare; Basso, 2017).

5. Considerações finais

A presente pesquisa investigou o processo de apropriação da Inteligência Artificial Generativa (IAGen) sob a ótica da teoria da Gênese Instrumental de Rabardel (1995), buscando compreender a transição dessa tecnologia de um artefato para um instrumento-para-pensar-matemática-com. A partir de uma atividade não formal envolvendo seções cônicas, analisou-se a interação de discentes com a ferramenta para a resolução de um problema geométrico.

Os dados observados revelam que o perfil prévio dos participantes foi importante para a dinâmica da atividade. Além disso, no contexto de teste, emergiu o achado mais relevante desta investigação: o fracasso inicial da máquina em fornecer a resposta correta apresentou-se como seu maior potencial didático. Constatou-se que as diferentes IAGens não conseguiram, necessariamente, gerar a imagem solicitada em sua primeira tentativa. Contudo, essa ineficácia inicial incentivou os estudantes a abandonarem a linguagem coloquial e a elaborarem seus comandos, exigindo deles mesmos o uso correto e preciso da linguagem matemática e dos conceitos associados.

Sob o escopo da Gênese Instrumental, essa dinâmica sugere que o tensionamento provocado pelo erro da máquina é o que possibilita a constituição do instrumento. A IAGen demonstra ser um potencial instrumento-para-pensar-matemática-com na medida em que, para obter sucesso, demanda que o estudante mobilize ativamente o raciocínio matemático, em vez de atuar como um sistema em que o aluno apenas introduz um problema e recebe a resposta final de forma passiva.

Embora os resultados deste estudo forneçam indícios relevantes sobre a gênese instrumental da IAGen, é essencial reconhecer suas limitações. A pesquisa caracteriza-se como um estudo de caráter exploratório conduzido com u



ma amostra reduzida, de participantes com perfil específico, em um ambiente de aprendizagem não formal, cuja dinâmica de interação e tempo de resposta diferem substancialmente de uma sala de aula regular e institucionalizada. Desse modo, as reflexões aqui apresentadas devem ser interpretadas dentro desse escopo particular.

A partir disso, sugere-se, como desdobramento para trabalhos futuros, a realização de novos experimentos que apliquem esta dinâmica investigativa em um ambiente formal de estudos, contemplando um quantitativo maior e mais diversificado de estudantes, a fim de aprofundar e validar a compreensão sobre a transição da IAGen para um instrumento cognitivo no contexto regular de sala de aula.

Referências

- AZEVEDO, Greiton Toledo de. Resolução de problemas envolvendo escalas lineares, superficiais e volumétricas: Inteligência artificial e pensamento computacional. *JIEEM*, v. 17, n. 2, p. 138-149, 2024.
- BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo; NOTARE, Márcia Rodrigues. Pensar-com Tecnologias Digitais de Matemática Dinâmica. *RENOTE*, v. 13, n. 2, 2015.
- FABRE, Marie Christine Julie Mascarenhas; BERTAGNOLLI, Silvia de Castro. Contribuições da inteligência artificial generativa para o design de experiências de aprendizagem: uma revisão sistemática de literatura. *RENOTE*, v. 23, n. 1, p. 298-309, 2025.
- GRAVINA, Maria Alice; BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo. Mídias Digitais na Educação Matemática. In: GRAVINA, Maria Alice, et al. (org.). *Matemática, Mídias Digitais e Didática: tripé para formação do professor de Matemática*. Porto Alegre: Evangraf, 2012. p. 15-30.
- MARTINS, Tiago Vencato; ROCHA, Iuri Barcelos Pereira; BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo. Gênese Instrumental de Professores de Matemática na Criação de Recursos Interativos com IA Generativa. *RENOTE*, v. 24, n. 2, p. 1-11, 2025.
- MEDEIROS, Margarete Farias; BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo. A tecnologia digital como estruturadora do pensamento geométrico. *Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática*, v. 22, n. 1, p. 444-461, 2020.
- NOTARE, Márcia; BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo. Gênese Instrumental Pessoal e Conceitos Matemáticos em Processo de Criação com o GeoGebra. *RENOTE*, v. 15, n. 2, 2017.
- NOTARE, Márcia Rodrigues; STORMOWSKI, Vandoir; BASSO, Marcus Vinicius. Instrument-to-think-mathematics-with: intertwining mathematical concepts and schemes of use in the instrumental genesis of the mathematics teacher. *RIPEM*, v. 14, n. 2, p. 1-25, 2025.



- ONUCHIC, Lourdes de la Rosa; ALLEVATO, Norma Suely Gomes. Novas reflexões sobre o ensino-aprendizagem da Matemática através da resolução de problemas. In: BICUDO, Maria Aparecida Viggiani, BORBA, Marcelo Carvalho (Org.). *Educação Matemática: pesquisa em movimento*. São Paulo: Cortez, 2004.
- PAPERT, Seymour. *LOGO: computadores e educação*. São Paulo: Editora Brasileira, 1980.
- PEREIRA, João Carlos Alves; ESTEVAM, Everton José Goldoni. Aspectos potenciais do software Geogebra para o ensino e a aprendizagem de matemática: um olhar a partir de dissertações. *Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v. 15, n. 2, 2022.
- PIAGET, Jean. *O nascimento da inteligência na criança*. Rio de Janeiro: LTC, 1982.
- PONTE, J. P. (2006). Estudos de Caso em Educação Matemática. *Boletim de Educação Matemática*, Rio Claro, v.19, n.25, p.105-132.
- RABARDEL, Pierre. *Les hommes et les technologies: approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin, 1995.
- VALLETTA, Débora; BASSO, Marcus Vinicius de Azevedo. A gênese instrumental e em atividades com o smartphone na formação docente. In: Workshop de Informática na Escola (WIE), 29., 2023, Passo Fundo. *Anais [...]*. Porto Alegre: SBC, 2023. p. 867-876.
- SHAFFER, David Williamson; CLINTON, Katherine A. Toolforthoughts: Reexamining Thinking in the Digital Age. *Mind, Culture and Activity*, v. 13, n. 4, p. 283-300, 2006.
- ZANELLA, Liane Carly Hermes. *Metodologia de pesquisa*. 2. ed. reimp. Florianópolis, Departamento de Ciências da Administração - UFSC, 2013.