

Resolução de Problemas Visuais no Scratch por Estudantes do Ensino Fundamental

Visual Problem Solving in Scratch by Middle School Students

Rita de Cássia Idem¹0000-0003-1031-2019^I

Ricardo Scucuglia Rodrigues da Silva²: 0000-0002-5810-2259^{II}

George Gadanidis³: 0000-0002-5982-6056^{III}

^I Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, SP, Brasil;

idem.ritadecassia@gmail.com

^{II} Universidade Estadual Paulista – UNESP, Rio Claro, SP, Brasil; ricardo.scucuglia@unesp.br

^{III} University of Western Ontario – UWO, London, Ontário, Canadá; ggadanid@uwo.ca

Resumo

O artigo apresenta resultados de uma pesquisa qualitativa que investigou como estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental resolvem problemas ao construir padrões dinâmicos no Scratch. O estudo buscou compreender o processo envolvido nessas construções e identificar os conhecimentos, estratégias e formas de pensamento mobilizados pelos participantes. A produção de dados ocorreu por meio de um Experimento de Ensino com doze estudantes, organizados em duplas, que utilizaram simulações no Scratch para explorar e construir padrões de repetição compostos por formas, cores e sons, além de resolver e propor problemas visuais. Nesse contexto, as atividades estimularam os pensamentos matemáticos, computacionais e sensíveis. O referencial teórico fundamentou-se na noção de tomada de decisão de Schoenfeld e no construto seres-humanos-com-mídias, de Borba e Villarreal. A análise evidenciou um processo dinâmico e multifacetado, que envolveu interpretação, definição de objetivos e subobjetivos, uso de estratégias, avaliação, autorregulação, bem como a mobilização de concepções matemáticas e crenças dos estudantes.

Palavras-chave: Educação Matemática; Tecnologias Digitais; Resolução de Problemas; Padrões.

Abstract

This article presents results from a qualitative study that investigated how middle school students solve problems when constructing dynamic patterns in Scratch. The study aimed to understand the processes involved in these constructions and to identify the knowledge, strategies, and forms of thinking mobilized by the participants. Data were produced through a Teaching Experiment with twelve students, organized in pairs, who used Scratch simulations to explore and construct repeating

¹ Doutora em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Rio Claro; Professora de Matemática da Secretaria Municipal de Educação e Cultura de Descalvado, São Paulo, Brasil; ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1031-2019>. E-mail: idem.ritadecassia@gmail.com

² Doutor em Educação pela Western University (UWO), Canadá; Professor Associado do Departamento de Educação da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de São José do Rio Preto, SP, Brasil; Integrante do Grupo de Pesquisa em Informática, outras Mídias e Educação Matemática (GPIMEM). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5810-2259>. E-mail: ricardo.scucuglia@unesp.br

³ Doutor em Mensuração, Avaliação e Aplicações Computacionais pela University of Toronto, Canadá; Professor da Faculdade de Educação da Western University (UWO), Canadá; Áreas de pesquisa: Educação Matemática, Tecnologias Digitais, Inteligência Artificial e Estética Matemática. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5982-6056>. E-mail: ggadanid@uwo.ca.

patterns composed of shapes, colors, and sounds, as well as to solve and propose visual problems. In this context, mathematical, computational, and aesthetic/sensitive thinking were fostered by the activities. The theoretical framework was grounded in Schoenfeld's notion of decision-making and in the humans-with-media construct proposed by Borba and Villarreal. The analysis revealed a dynamic process involving interpretation, the definition of goals and subgoals, the use of strategies, evaluation, self-regulation, and the mobilization of mathematical conceptions and students' beliefs.

Keywords: Mathematics Education; Digital Technologies; Problem Solving; Patterns.

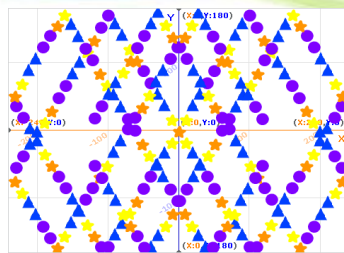
Introdução

Neste artigo, são apresentados os resultados de uma pesquisa de doutorado que investigou como estudantes dos Anos Finais do Ensino Fundamental resolvem problemas ao construir padrões dinâmicos no Scratch. O estudo foi orientado pela seguinte questão de pesquisa: **como estudantes de oitavo e nono anos resolvem problemas para construir padrões dinâmicos no Scratch?** Para respondê-la, o estudo teve como objetivos: (a) compreender o processo de construção desses padrões; e (b) identificar os conhecimentos, estratégias e formas de pensamento mobilizados pelos estudantes.

O Scratch é uma linguagem de programação visual baseada em blocos, desenvolvida para facilitar a criação de projetos interativos, como animações, jogos e simulações, permitindo que os usuários organizem comandos de forma intuitiva, sem a necessidade de escrever códigos complexos. No contexto investigado, alunos do oitavo e nono anos do Ensino Fundamental exploraram e utilizaram simulações construídas no Scratch, adaptadas de aplicativos desenvolvidos por Gadanidis e Yiu (2017). Essas simulações possibilitavam a criação de padrões dinâmicos, sequências lineares ou bidimensionais com regularidade cíclica (padrão de repetição), cujos elementos eram compostos por formas, cores e sons.

Os padrões são considerados dinâmicos devido à maneira como a simulação é executada, com a construção de cada elemento na tela do Scratch, seguindo os parâmetros pré-definidos, tais como posição inicial, direção, distância, velocidade, tamanho, inclinação, instrumento, formas, cores e quantidade de elementos. Assim, é possível observar e ouvir a aparição de cada elemento, proporcionando movimento à construção. Na Figura 1, a seguir, é apresentado um padrão visual construído na simulação, cuja construção pode ser observada por meio do endereço <https://youtu.be/b99bRdkNAcY> ou do código abaixo.

Figura 1 – Padrão e Código de Acesso



Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

O contexto investigado apresentava características educacionais específicas. Nesse ambiente, os estudantes se engajavam em atividades de modelagem computacional, exerciam poder de ação, aprendiam conceitos complexos com mínimos pré-requisitos, colaboravam e compartilhavam ideias (Gadanidis; Caswell, 2018). Além disso, o ambiente era interdisciplinar, buscando integrar Matemática, Ciência da Computação e Arte, além de incentivar os pensamentos matemáticos (Dreyfus; Eisenberg, 1996; Schoenfeld, 1992, 1994; Sternberg, 1996), computacionais (Brennan; Resnick, 2012; Denning; Tedre, 2019; ISTE; CSTA, 2011; Weintrop *et al.*, 2015; diSessa, 2018) e sensíveis (Boal, 2009).

Entendemos que o pensamento é um processo complexo que surge a partir de uma sensação de perplexidade, confusão ou dúvida. Não ocorre de forma espontânea, mas sim como uma resposta específica a um desafio ou problema. Diante de dificuldades, o pensamento se manifesta como um impulso para buscar soluções, seja pela elaboração de planos provisórios, seja pelo desenvolvimento de teorias que se ajustem às especificidades da situação (Dewey, 1910). Segundo Tiensuu (2012), o pensar engloba disposições, atitudes, conhecimentos e operações mentais, abrangendo tanto aspectos cognitivos quanto metacognitivos. Estimular o pensamento em matemática, computação ou aspectos estéticos implica na criação de contextos desafiadores que aprimorem essas disposições, conhecimentos e habilidades específicas (Silva *et al.*, 2020).

No cenário educacional sob investigação, promoveu-se o pensamento matemático por meio de atividades que desafiaram os participantes a explorar conceitos matemáticos empiricamente, empregando diversas representações e realizando visualizações. A literacia computacional (diSessa, 2018), por outro lado, foi estimulada através da utilização e exploração de modelos e conceitos computacionais relacionados ao Scratch, como análise, coleta, manipulação e visualização de dados, gerenciamento de erros, bem como expressão e conexão. Quanto ao pensamento sensível, este foi encorajado por meio do apreço pela estética (Boal, 2009) e da experiência estética (Sinclair, 2006). Isso se deu por meio da exploração de elementos artísticos, como formas, cores e sons, além da imersão em um ambiente favorável a



experiências estéticas, o qual permitia o engajamento e o protagonismo do estudante, o diálogo e a exploração de atividades envolventes.

Outro aspecto importante do cenário educacional investigado foi a abordagem de padrões. O conceito de padrão é particularmente relevante no contexto da Matemática, a qual é frequentemente caracterizada como a “Ciência dos Padrões”. Assim, entende-se que seu objetivo é o estudo de diferentes tipos de padrões, que podem ser encontrados em números, formas, movimentos, comportamentos, entre outros. Esses padrões podem ser reais ou imaginários, visuais ou mentais e dão origem a diversos ramos da matemática, como Aritmética, Geometria, Cálculo, Topologia e Geometria Fractal (Devlin, 1998, 2002; Davis; Hersh, 1981).

Considerando o contexto de inquérito e os objetivos, o estudo teve como aporte teórico noções que lançavam luz sobre o processo de resolução de problemas com tecnologias digitais, as quais são apresentadas em seguida.

1. Referencial Teórico

Problema é uma situação desafiadora, mas interessante, para o sujeito (Zuffi; Onuchic, 2007). Resolver problemas envolve usar conhecimentos e habilidades para buscar soluções (Krulik; Rudnik, 1980). A resolução de problemas pode ser entendida como uma atividade orientada por objetivos e que requer tomada de decisão. De acordo com Schoenfeld (2006, 2011, 2015), essa ação do indivíduo pode ser explicada e modelada considerando recursos, objetivos, orientações e aspectos metacognitivos.

Os recursos referem-se ao conhecimento do indivíduo, incluindo informações factuais, procedimentos, conceitos e estratégias heurísticas, relevantes em diferentes áreas da atividade humana. Na resolução de problemas matemáticos, destacam-se conhecimentos sobre fatos, definições, procedimentos e saberes informais e intuitivos. A utilização desses recursos depende dos objetivos estabelecidos, que podem ser conscientes ou não, além de combinados ou contraditórios (Schoenfeld, 2011).

As orientações, relacionadas a crenças, valores, preferências e disposições, influenciam a forma como os sujeitos interpretam situações, definem prioridades e utilizam conhecimentos. Já a metacognição, por meio do monitoramento e da autorregulação, permite avaliar ações, revisar estratégias e ajustar procedimentos conforme os objetivos propostos (Schoenfeld, 2011). Assim, a metacognição favorece uma atuação mais consciente e eficiente na resolução de tarefas.

A resolução de problemas em contextos educacionais ocorre em cenários de interação entre sujeitos, mídias e ambientes de aprendizagem. Nesse processo, além dos recursos cognitivos individuais, os processos colaborativos contribuem para a construção do conhecimento e para a tomada de decisão. Estudos indicam que a interação entre sujeitos e tecnologias pode potencializar estratégias inovadoras, favorecendo a aprendizagem situada e novas formas de raciocínio (Borba; Villarreal, 2005). As tecnologias digitais ampliam possibilidades heurísticas e transformam a maneira como os problemas são percebidos e estruturados, promovendo um processo dinâmico de adaptação e ressignificação dos desafios.

No contexto de inquérito, a resolução de problemas envolveu o uso de tecnologias digitais. Para compreender o papel dessas tecnologias no processo estudado, fundamentamo-nos no conceito de seres-humanos-com-mídias, proposto por Borba e Villarreal (2005), com base nas ideias de pensamento coletivo e tecnologias da inteligência (Lévy, 1993) e de reorganização do pensamento (Tikhomirov, 1981).

A noção de seres-humanos-com-mídias considera que as tecnologias não atuam apenas como artefatos auxiliares, mas como agentes que transformam os processos de pensamento e aprendizagem. Assim, as interações entre sujeitos e mídias digitais favorecem novas formas de representação matemática e a construção de estratégias inovadoras de resolução de problemas. Além disso, essas mídias ampliam as possibilidades heurísticas, estimulam a construção colaborativa do conhecimento e redefinem os papéis de professores e estudantes em ambientes educacionais mediados por tecnologia.

Lévy (1993) destaca que a cognição humana resulta da interação entre elementos humanos, biológicos e tecnológicos. O pensamento é compreendido como uma rede em que neurônios, sujeitos, instituições, linguagens, sistemas de escrita, livros e computadores se articulam e transformam representações. As tecnologias da inteligência, como a oralidade, a escrita e as tecnologias digitais, são construções internalizadas criadas para favorecer o conhecimento e a aprendizagem (Lévy, 1993; Kenski, 2003). Essas tecnologias influenciam a forma como pensamos, produzimos conhecimento e organizamos os processos cognitivos.

Além disso, Lévy (1993) enfatiza o caráter social da cognição ao afirmar que a consciência é individual, mas o pensamento é coletivo, envolvendo interações entre seres humanos e artefatos. Tikhomirov (1981) complementa essa perspectiva ao argumentar que o computador não substitui o ser humano, mas reorganiza sua atividade cognitiva. Assim, o uso das tecnologias transforma as formas de resolver problemas, sem suplementar o pensamento humano (Borba; Villarreal, 2005).

Nesse contexto, o construto seres-humanos-com-mídias considera que as tecnologias moldam o pensamento humano e, simultaneamente, são transformadas pelos próprios sujeitos (Borba, 1999). Dessa forma, as mídias tornam-se parte integrante da cognição, podendo modificar, redefinir e reorganizar as atividades humanas (Souto; Borba, 2016).

Portanto, a noção de seres-humanos-com-mídias oferece meios para compreendermos de maneira diferenciada o modelo teórico de Schoenfeld (2011) ao considerar o papel das mídias na cognição e na tomada de decisão. Entendemos, baseados nessas noções, que as tecnologias disponíveis ao sujeito condicionam a maneira como ocorre a tomada de decisão, influenciando a aquisição, o acesso e a utilização de recursos, bem como o estabelecimento de objetivos, as orientações do sujeito, o monitoramento das atividades e a autorregulação. Além disso, essas interações tecnológicas não apenas reconfiguram as estratégias individuais de resolução de problemas, mas, também, promovem novas formas de colaboração e construção coletiva do conhecimento. Assim, as mídias digitais tornam-se parte ativa do processo cognitivo, permitindo a emergência de diferentes formas de pensamento e reorganizando práticas educacionais, sobretudo em contextos que valorizam a aprendizagem colaborativa e a experimentação.

2. Metodologia

O estudo ocorreu por meio de uma abordagem qualitativa. Na pesquisa qualitativa busca-se capturar momentos ou experiências da vida dos sujeitos, como ações ou relatos, por meio de uma imersão densa com os participantes e o cenário da pesquisa. Esses momentos ou experiências são documentados em materiais textuais, como transcrições de entrevistas e notas de campo, ou materiais visuais, como fotografias e gravações de vídeo. O delineamento da pesquisa qualitativa é flexível e intuitivo, permitindo ajustes conforme o entendimento do pesquisador durante o estudo (Denzin; Lincoln, 2018).

Nesse estudo, houve a condução de um Experimento de Ensino (Steffe; Thompson, 2000). Esse procedimento metodológico visa a aproximar o pesquisador do processo de aprendizagem de conceitos matemáticos pelos estudantes. Esse método reconhece que a perspectiva e o entendimento dos estudantes em relação à Matemática podem ser diferentes daqueles do pesquisador. Assim, propõe-se atividades direcionadas aos estudantes, com o objetivo de compreender como eles percebem a Matemática e os conhecimentos que mobilizam ao realizar essas atividades.

O Experimento de Ensino foi realizado em 2019, com a participação de doze estudantes, com idades entre 13 e 14 anos, matriculados no oitavo e nono anos do Ensino Fundamental, provenientes de turmas distintas de duas escolas públicas de uma cidade do interior do Estado de São Paulo. A seleção dos participantes foi realizada pelas próprias escolas, e o pesquisador não atuava como professor desses alunos. O estudo se desenvolveu ao longo de três encontros realizados no contraturno escolar, nos quais os estudantes, organizados em duplas, participaram de atividades que envolviam o uso de simulações criadas no Scratch. A produção de dados ocorreu por meio de gravações em vídeo e áudio, coleta dos registros escritos dos estudantes e elaboração de um diário de campo, destinado a documentar os acontecimentos e as experiências vivenciadas pelos participantes durante a realização das atividades. O estudo teve o projeto de pesquisa aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa, Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número: 23734219.0.0000.5402.

Foram realizadas três atividades, compostas por três momentos: exploração, resolução de problemas visuais e proposição de problemas. No momento exploratório, os estudantes buscavam compreender as simulações e os diferentes blocos utilizados (Figura 2). No momento da resolução de problemas visuais, os estudantes modificaram as simulações para gerar determinados padrões (Figura 2). No momento da proposição de problemas, os estudantes utilizaram as simulações para construir os padrões dinâmicos que desejassem. Na Figura 2, a seguir, são apresentados os códigos das simulações (lado esquerdo), os quais deveriam ser modificados para construir padrões (lado direito).

Figura 2 – Códigos e problemas visuais

Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

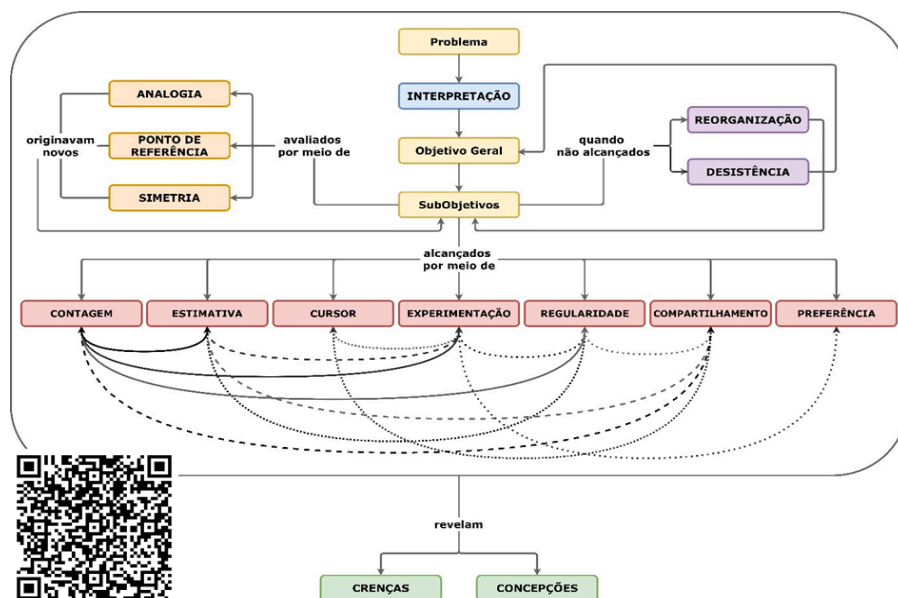
A principal fonte de dados foram as gravações da tela do computador em que os estudantes realizaram as atividades, realizadas pelo próprio computador utilizado por eles, o que permitiu registrar, com precisão, as ações desenvolvidas durante a resolução das tarefas. Além disso, o áudio das conversas entre os estudantes também foi capturado pelo próprio computador, possibilitando acompanhar suas interações e verbalizações ao longo do processo. De forma complementar, realizou-se ainda a gravação dos alunos por meio de uma câmera externa, com o objetivo de registrar gestos, expressões e dinâmicas de interação que não seriam plenamente captadas apenas pela gravação de tela. A análise dos dados ocorreu por meio da combinação de procedimentos analíticos qualitativos (Creswell, 2007) e

procedimentos de análise de vídeos (Powell; Francisco; Maher, 2004), seguindo as seguintes etapas: a) observação dos vídeos, transcrição das falas e descrição das ações dos estudantes; b) produção de gráficos que indicavam o panorama da realização das atividades e as modificações ocorridas na simulação para realização de cada problema; c) separação das transcrições e descrições em unidades de descrição, as quais englobavam ações com um objetivo em comum e interpretação dessas unidades em relação a objetivos, recursos, orientações e aspectos metacognitivos; d) seleção de eventos críticos e codificação; e) organização dos eventos críticos em temas, considerando relações de semelhança e contiguidade (Maxwell, 2013).

3. Resultados

A análise de dados originou quatorze temas, os quais são ilustrados na rede apresentada na Figura 3, a seguir. A figura também pode ser acessada pelo código apresentado ou pelo endereço: <https://abre.ai/d5BR>.

Figura 3 – Resultados representados em forma de rede

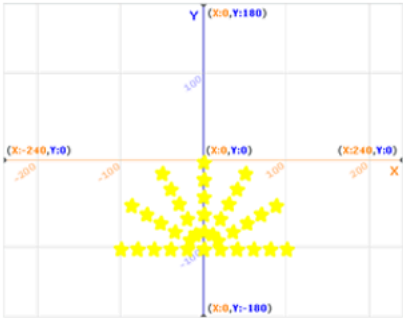


Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

Os temas constituídos são: Interpretação, Contagem, Estimativa, Cursor, Experimentação, Regularidade, Preferência, Compartilhamento de conhecimentos matemáticos, Ponto de referência, Analogia, Simetria, Desistência e reorganização, Concepções matemáticas e Crenças (Schoenfeld, 1985, 2011).

Ao apresentar um problema visual aos estudantes, a primeira etapa da resolução envolvia a **interpretação**. Essa interpretação destacava a influência das subjetividades, já que, embora o problema fosse o mesmo para todos, cada participante entendia a imagem de maneira distinta (Dreyfus; Eisenberg, 1996). Essas interpretações se manifestavam em palavras e ações, refletindo o raciocínio com a simulação, uma vez que diferentes aspectos visuais dos padrões eram expressos verbalmente por elementos específicos da mídia, como a indicação de blocos a serem modificados. Essa interpretação conduzia à definição de um objetivo geral, alcançado por meio do estabelecimento e da realização de objetivos menores ou subobjetivos. No Quadro 1, a seguir, é apresentado um evento crítico⁴ que expressa uma discussão de dois estudantes participantes, ilustrando a atividade de interpretação.

Quadro 1 – Interpretação de um problema

Discussão	Padrão a ser construído
<i>Estudante 1: Esse aqui é fácil (Figura 4), ó.</i> <i>Estudante 2: Tem um, dois, três...</i> <i>Estudante 1: Como que a gente vai fazer o torto?</i> <i>Estudante 2: Assim, a gente vai ter vários [inclinados] aqui.</i> <i>Estudante 1: Eu achei que era um torto.</i>	Figura 4 – Problema Visual  Fonte: Os autores.

Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

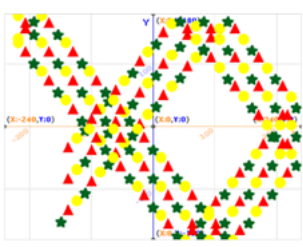
Pela discussão, percebe-se que o Estudante 1 interpretou o problema como um conjunto de “semicircunferências”. Já o Estudante 2 interpretou como um conjunto de fileiras inclinadas. Essas formas de entender o problema visual levariam ao estabelecimento de objetivos diferentes e a processos de resolução distintos. Os estudantes optaram por construir fileiras inclinadas pois esse procedimento lhes era familiar.

Para alcançar os objetivos e os subobjetivos estabelecidos, os participantes adotaram várias estratégias (Schoenfeld, 1985). Quando lidavam com conceitos numéricos, recorreram à estratégia denominada **contagem**, que consistia na atividade de contar diferentes elementos do problema visual com o intuito de realizar modificações nos códigos das simulações. Essa

⁴ Os eventos críticos são apresentados em quadros e englobam acontecimentos cronológicos. Assim, na ordem em que ocorreram são indicadas ações, falas e modificações ocorridas, além de resultados da execução das simulações.

estratégia incluiu o reconhecimento de regularidades e a utilização de diferentes formas de representação. Além dessa estratégia, para lidar com diferentes aspectos numéricos dos padrões, os participantes fizeram uso da **estimativa**, que consistiu na ação de se obter uma aproximação do valor desejado. Em algumas situações, os estudantes estimavam intervalos para esses valores, os quais eram refinados por meio da experimentação. A estimativa foi utilizada tanto para a determinação de quantidades, quanto para a determinação de posições e ângulos. No Quadro 2, são apresentadas a discussão e as modificações realizadas por dois participantes que empregaram a estratégia da estimativa.

Quadro 2 – Uso da estimativa

Discussão e Modificações	Tela do Scratch
<i>Estudante 3: Vai ter que aumentar o número de vezes.</i> <i>Estudante 4: E como que a gente faz para contar tudo isso agora? (Figura 5)</i> <i>Estudante 3: Não dá pra ver.</i> <i>Estudante 4: Vamos fazer do nosso jeito. Em vezes, eu vou colocar 50.</i> 50 em “repita [] vezes”. Alteram as formas e cores do núcleo para: triângulo vermelho, círculo amarelo e estrela verde. Execução (Figura 6).	Figura 6 – Execução do Programa 
Padrão a ser construído Figura 5 – Problema Visual  Fonte: Os autores.	Fonte: Os autores.

Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

Ao tentar determinar a quantidade de elementos no padrão, os participantes perceberam que a contagem não era uma opção viável, já que não conseguiam visualizar claramente todos os elementos. Portanto, optaram por realizar uma estimativa. O Estudante 4 se referiu a essa abordagem como “fazer do seu jeito”.

Uma estratégia relacionada às possibilidades da tecnologia digital utilizada envolveu o **uso do cursor** do mouse para determinar coordenadas. Os participantes incorporaram essa ferramenta do Scratch para diferentes fins, incluindo a determinação de posições precisas, a obtenção de aproximações dessas posições, a identificação do sinal (positivo ou negativo) dos valores das coordenadas e a verificação das variações verticais e horizontais nos campos do

plano cartesiano (Brennan; Resnick, 2012). Essa estratégia é ilustrada pelo evento crítico apresentado no Quadro 3, a seguir. Nessa ocasião, os participantes empregaram essa funcionalidade do Scratch para identificar a posição inicial do padrão, de acordo com a sua interpretação. Nesse contexto, eles escolheram utilizar, precisamente, o valor apresentado nas entradas dos blocos correspondentes.

Quadro 3 - Uso do cursor

Discussão e modificações	
<i>Estudante 5: Vem com o mouse aqui.</i> Estudante 6 movimenta o mouse como indicado na Figura 7. -143 em “mude x para []”. -117 em “muda y para []”. Execução (Figura 8).	
Tela do Scratch	
Figura 7 – Cursor na coordenada (-143, -117) Fonte: Os autores.	Figura 8 – -143 em “mude x para []” e -117 em “muda y para []”. Fonte: Os autores.

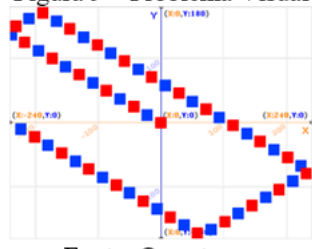
Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

A estratégia mais proeminente foi a **experimentação**. Ela envolvia a seleção de um valor inicial ou conceito que, por meio de testes, era refinado para alcançar objetivos específicos (Papert, 1980). Em algumas situações, o processo de experimentação era iniciado ou apoiado pelo resultado da contagem, da estimativa ou do uso do cursor.

Junto a essas estratégias, diversos outros elementos desempenharam um papel no processo de resolução. A observação ou imposição de **regularidades** emergiu como um aspecto que os participantes empregaram seja como fundamento para certas mudanças ou como incentivo a elas (Devlin, 1998, 2012). Uma faceta igualmente importante foi o **compartilhamento de conhecimentos matemáticos**, com modificações muitas vezes impulsionadas pela troca de ideias e argumentação para justificá-las. A consideração das **preferências** também teve um papel relevante nesse processo, com os participantes buscando criar configurações visuais ou sonoras que fossem esteticamente agradáveis a eles.

No Quadro 4, é apresentado um evento crítico em que a dupla de estudantes analisou aspectos da regularidade cíclica dos padrões para determinar a quantidade de elementos.

Quadro 4 – Observação da regularidade

Discussão e modificações	Padrão a ser construído
<i>Estudante 2: Ai, tem muito. (Figura 9)</i> <i>Estudante 1: Quer que eu conto?</i> <i>Estudante 2: Só põe que começa com azul. Ah, já está. E também vermelho. Também está.</i> Estudante 2 conta. <i>Estudante 1: 37, vai.</i> <i>Estudante 2: 56.</i> <i>Estudante 1: Não pode.</i> <i>Estudante 2: Por quê?</i> <i>Estudante 1: Tem que terminar em ímpar, porque senão daria a mesma cor, não é?</i> <i>Estudante 2: Não, começa azul e termina vermelho. Azul, vermelho, azul. Ímpar que pode ser na mesma cor.</i> <i>Estudante 1: Ah tá! Verdade.</i> <i>Estudante 2: Então tem que ser par.</i>	Figura 9 – Problema Visual  Fonte: Os autores.

Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

Por meio desse evento crítico, observa-se que os participantes reconheceram as regularidades dos padrões e as consideraram na tomada de decisão, a qual ocorreu de modo a atender os objetivos determinados. Nesse caso, observa-se que o objetivo dos estudantes era construir um padrão cujos elementos da extremidade não tivessem a mesma cor. Nesse processo, os estudantes mobilizaram e compartilharam conhecimentos matemáticos, relacionando a quantidade de elementos do padrão ao seu núcleo e analisando quais valores iriam satisfazer o objetivo estabelecido.

No decorrer do processo de resolução, os participantes empregaram métodos de avaliação de suas criações e estabelecimento de novos objetivos. Um desses métodos consistia no uso da **analogia**, na qual os participantes identificavam semelhanças entre imagens nos problemas visuais ou em etapas de suas construções, recorrendo a essas comparações para avaliar suas próprias realizações (Schoenfeld, 2011). Tal técnica também servia como um meio de planejamento de construções (formulação de problemas) e para a descrição do que estavam observando durante o processo de construção.

Outra abordagem na avaliação envolvia o uso de **pontos de referência**. Nesse caso, os participantes se apoiavam em configurações específicas, como marcos para avaliar suas construções e estabelecer novos objetivos. Essa abordagem também destacou a existência de um processo comunicativo, uma vez que os estudantes precisavam expressar, verbalmente, o que compreendiam e observavam em suas criações. No Quadro 5, é apresentado um evento crítico, em que ocorre o emprego de pontos de referência no processo de avaliação da construção.

Quadro 5 – Uso de ponto de referência

Discussão	Tela do Scratch
Ao observar a construção da Figura 10. <i>Estudante 7: Eu acho que tá certo.</i> <i>Estudante 8: Não, porque o quadrado [quarto elemento no sentido esquerda-direita] tem que pegar no meio [no centro do campo de execução].</i>	Figura 10 – Etapa da construção Fonte: Os autores.

Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

Um terceiro aspecto avaliativo envolveu a utilização da ideia de **simetria**. Nessas situações, os participantes, ao comparar o que estavam construindo com seus objetivos, identificaram imagens refletidas e tomaram decisões para transformar essas construções geometricamente, alterando ângulos ou coordenadas para alcançar a simetria desejada. Em algumas circunstâncias, esses procedimentos se mostraram insuficientes para atingir os objetivos estabelecidos. Nestes casos, observaram-se duas abordagens: a **desistência** e a **reorganização**. Na primeira, os participantes optavam por abandonar suas construções. Na segunda, eles reestruturavam suas ideias, passando por um processo de refinamento para ajustar a simulação de acordo com seus objetivos e conhecimentos.

No Quadro 6, a seguir, é apresentado um evento crítico em que os estudantes desistiram da construção que ocorria na etapa de proposição de problemas. Nesse episódio, o Estudante 9 explica seu objetivo, mas, devido ao fracasso de suas modificações em alcançar o resultado desejado, opta por desistir da criação dessa configuração. Por outro lado, o Estudante 10 já sugere uma alternativa de construção.

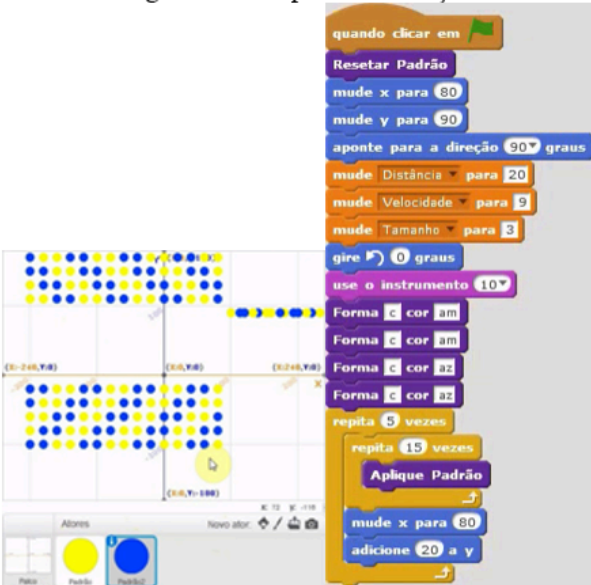
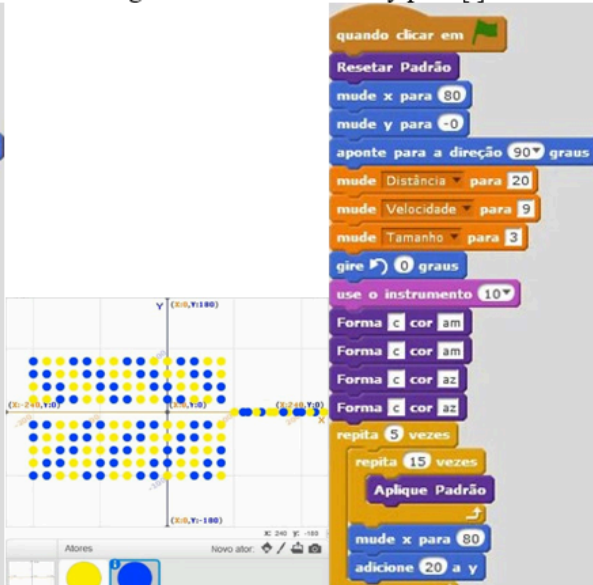
Quadro 6 – Ocorrência de desistência

Discussão	Tela do Scratch
Ao observar a construção da Figura 11. <i>Estudante 9: Eu tô tentando fazer essa estrela encontrar aqui (Indicado pelo cursor na Figura 11).</i> <i>Estudante 10: E se a gente fazer uma linha reta?</i>	Figura 11 – Etapa da construção Fonte: Os autores.

Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

Durante o processo de construção, foram mobilizadas **concepções matemáticas** relacionadas ao conceito de zero e ao uso do sinal negativo (Vlassis, 2004). Os participantes, por meio de suas palavras e ações, apresentavam dificuldades em distinguir o significado do número zero em diferentes contextos. Além disso, cometiam equívocos em relação ao uso do sinal negativo, especialmente quando se tratava de números inteiros negativos para representar variações de posição no plano cartesiano. Nestes casos, eles ignoravam o sinal negativo e interpretavam a variação como se fossem números naturais. Por outro lado, quando o sinal negativo indicava uma operação de subtração, os participantes não enfrentavam dificuldades significativas em sua compreensão. No Quadro 7, é apresentado um episódio crítico em que se evidencia uma concepção matemática relacionada aos números inteiros negativos e ao número zero. Nesse evento, destaca-se a ideia de “zero negativo”.

Quadro 7 – Evidência de concepções matemáticas

Discussão e modificações	
Ao observar a construção da Figura 12. <i>Estudante 11: Como que eu faço para ele descer aqui? Eu quero que ele desça aqui.</i> <i>Professor-pesquisador: Lembra que para descer eu tenho que diminuir o...?</i> <i>Estudante 11: y. Vou colocar zero.</i> <i>Estudante 12: Nossa!</i> <i>Estudante 11: Eu sou exagerada!</i> 0 em “mude y para []”. Execução. <i>Estudante 11: Mas não tem como diminuir menos que zero! Ele tem que grudar!</i> <i>Professor-pesquisador: E o número negativo? O número negativo não é menos que zero?</i> -0 em “mude y para []”. Execução (Figura 13).	
Tela do Scratch	
Figura 12 – Etapa da construção  Fonte: Os autores.	Figura 13 – -0 em “mude y para []”  Fonte: Os autores.

Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

Nesse contexto, os participantes interpretavam o número principalmente como indicador de posição. Com frequência, testavam a inversão do sinal de um determinado número como estratégia para obter uma nova posição. Assim, chegavam a considerar que alterar o sinal do zero poderia levá-los a um resultado diferente. Do ponto de vista matemático, essa ideia não se sustenta e evidencia que o sinal negativo era percebido como um elemento acessório do número, que poderia ser acrescentado ou retirado sem maior impacto nos raciocínios ou nas discussões realizadas. Essa forma de pensar indica que a compreensão dos números negativos ainda estava em construção, especialmente no que se refere à noção de simetria em relação ao zero. Além disso, revela um entendimento mais procedural do sinal, em detrimento de uma compreensão estrutural, apontando para a necessidade de estratégias didáticas que enfatizem as relações entre operações e propriedades numéricas, favorecendo a construção de significados mais consistentes e conceitualmente fundamentados.

Também foram observadas **crenças** que refletiam aspectos da autoimagem dos participantes, suas percepções em relação à escola e à matemática escolar (Schoenfeld, 1992). No contexto da pesquisa, os estudantes se identificaram como incapazes de exercer a criatividade e se consideraram pouco inteligentes, devido à percepção da complexidade das atividades. Além disso, eles expressaram visões específicas sobre a matemática escolar, particularmente quando esperavam encontrar respostas corretas e duvidavam de suas próprias construções devido à presença de valores considerados “quebrados”, como se indica no evento crítico apresentado no Quadro 8, a seguir.

Quadro 8 – Visão de matemática escolar

Discussão e modificações	Tela do Scratch
-100 em “mude y para []”. Execução (Figura 14). <i>Estudante 7: Agora foi.</i> <i>Estudante 8: Não, mais pra baixo.</i> <i>Estudante 7: 98, será?</i> <i>Estudante 8: Nossa, mas dá número tão quebrado?</i>	Figura 14 – -100 em y Fonte: Os autores.

Fonte: Os autores [dados da pesquisa].

Nesse evento, os participantes ficaram surpresos com os valores que identificaram como “números quebrados”. Inicialmente, nota-se que, ao criar os padrões, os participantes estavam preocupados com a obtenção da resposta correta. Na perspectiva deles, o problema apresentado não deveria resultar em um “número quebrado” como resposta, e ao depararem-se com esses números durante a resolução, compreenderam que haviam cometido um erro. Schoenfeld (1985) aponta que o processo de resolução de problemas não é apenas o resultado do que os sujeitos sabem, mas, também, das suas percepções derivadas de suas experiências com a Matemática. Assim, esse evento crítico evidencia a ênfase ao buscar a resposta correta e o hábito de lidar com “números palatáveis” no contexto da matemática escolar.

Dessa forma, os resultados evidenciaram que a resolução de problemas visuais no Scratch envolve um processo dinâmico e multifacetado, no qual os estudantes mobilizam diversas estratégias, conhecimentos e crenças. As interações com a simulação não apenas favoreceram a exploração de padrões matemáticos e computacionais, mas também revelaram desafios e lacunas conceituais que influenciam a tomada de decisões dos alunos. A complexidade desse processo, envolvendo o “pensar-com-Scratch” (Borba; Villarreal, 2005), sugere que a incorporação de tecnologias digitais ao ensino da Matemática pode ampliar possibilidades de aprendizagem, mas exige um olhar atento para as maneiras como os estudantes interpretam, experimentam e constroem significados.

Conclusões

O estudo foi desenvolvido em um contexto interdisciplinar no qual estudantes do oitavo e nono anos exploraram simulações no Scratch, articulando Matemática, Ciência da Computação e Arte. Nesse cenário, investigou-se como os estudantes construíram padrões dinâmicos e resolveram problemas visuais, buscando compreender os processos mobilizados durante essas atividades. Os resultados evidenciaram a complexidade da resolução de problemas em ambientes digitais, marcada pela interação entre conhecimentos matemáticos e computacionais, estratégias de experimentação, interpretações subjetivas e processos de avaliação e tomada de decisão.

As análises mostraram que a interpretação das simulações constituiu um processo dinâmico, no qual os participantes atribuíram diferentes significados às representações visuais, influenciando diretamente as soluções propostas. Além disso, o caráter iterativo da

programação favoreceu a formulação e reformulação de hipóteses, contribuindo para a ressignificação do erro como parte do processo de aprendizagem. Nesse contexto, observou-se que a programação visual pode potencializar a aprendizagem matemática ao promover exploração, criatividade, pensamento computacional e autonomia dos estudantes.

Outro aspecto relevante foi a articulação entre dimensões matemáticas e estéticas na construção dos padrões dinâmicos. Os estudantes demonstraram preocupação não apenas com a correção das soluções, mas também com aspectos visuais e sonoros de suas produções, evidenciando a presença do pensamento sensível no processo investigativo. Essa dimensão estética mostrou-se importante para o engajamento dos participantes e para a ampliação das formas de compreender e representar conceitos matemáticos.

Os resultados reforçam, portanto, a relevância de abordagens interdisciplinares e do uso intencional de tecnologias digitais na Educação Matemática. O uso do Scratch e das simulações digitais favoreceu a construção de significados matemáticos, o desenvolvimento da literacia computacional e matemática e a ampliação das possibilidades de investigação e criação pelos estudantes. Tais evidências corroboram discussões de George Gadanidis et al. (2022) sobre o potencial das mídias digitais para fomentar experiências investigativas, criativas e significativas na aprendizagem matemática.

Conclui-se que o estudo contribui para o campo da Educação Matemática ao ampliar o entendimento sobre resolução de problemas visuais, pensamento computacional e uso de linguagens de programação no ensino de Matemática. Espera-se que as discussões apresentadas possam fomentar novas pesquisas sobre metodologias interdisciplinares e sobre os desafios e possibilidades do uso de ambientes digitais na aprendizagem matemática.

Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001. Agradecemos, também, ao CNPq (Processo 403790/2023-9).

Referências

BOAL, Augusto. **A estética do oprimido**. Rio de Janeiro: Garamond, 2009.

BORBA, Marcelo C. Tecnologias informáticas na educação matemática e reorganização do pensamento. In: BICUDO, Maria A. (org.). **Pesquisa em educação matemática: concepções e perspectivas**. São Paulo: Editora UNESP, 1999. p. 285-295.

BORBA, Marcelo C.; VILLARREAL, Monica E. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking**: information and communication technologies, modeling, visualization, and experimentation. New York: Springer, 2005.

BRENNAN, Karen; RESNICK, Mitchel. New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In: ANNUAL MEETING OF THE AMERICAN EDUCATIONAL RESEARCH ASSOCIATION, 70., 2012, Vancouver. *Proceedings [...]*. Vancouver: AERA, 2012. p. 1-25.

CRESWELL, John W. **Qualitative inquiry and research design**: choosing among five approaches. 2. ed. Lincoln: SAGE, 2007.

DAVIS, Philip. J.; HERSH, Reuben. **The mathematical experience**. Boston: Houghton Mifflin, 1981.

DENNING, Peter J.; TEDRE, Matti. **Computational thinking**. Cambridge: MIT Press, 2019.

DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvona S. Introduction: the discipline and practice of qualitative research. In: DENZIN, Norman K.; LINCOLN, Yvona S. **The SAGE handbook of qualitative research**. 5. ed. Los Angeles: SAGE, 2018. p. 29-43.

DEVLIN, Keith. **Introduction to mathematical thinking**. Palo Alto: Keith Devlin, 2012.

DEVLIN, Keith. **The language of mathematics**. New York: W. H. Freeman, 1998.

DEWEY, John. **How we think**. Boston: D. C. Heath, 1910.

DISESSA, Andrea A. Computational literacy and “the big picture” concerning computers in mathematics education. **Mathematical Thinking and Learning**, v. 20, n. 1, p. 3–31, 2018. Disponível em: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1168338>. Acesso em: 12 mar. 2024.

DREYFUS, Thomy.; EISENBERG, Theodore. On different facets of mathematical thinking. In: STERNBERG, Robert J.; BEN-ZEEV, Tamar. (ed.). **The nature of mathematical thinking**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1996. p. 253-284.

GADANIDIS, Geroge; CASWELL, Beverly. **Computational modelling in elementary mathematics education**: making sense of coding in elementary classrooms. [S. l.]: Mathematics Knowledge Network, 2018. Disponível em: <http://mkn-rcm.ca/wp-content/uploads/2018/05/MKN-white-paper2-May-2018.pdf>. Acesso em: 19 set. 2023.

GADANIDIS, George; YIU, Chris. **Repeating patterns + code + art**. 2017. Disponível em: <https://learnx.ca/patterns-v2/>. Acesso em: 19 set. 2023.

GADANIDIS, George. *et al.* Computational literacy and mathematics education. **Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática**, São Paulo, v. 12, n. 4, p. 1–23, 2022. Disponível em: <https://www.sbembrasil.org.br/periodicos/index.php/ripem/article/view/3144/2245>. Acesso em: 14 jun. 2025.

ISTE; CSTA. **Computational thinking: teacher resources**. [S. l.]: ISTE; CSTA, 2011.



KENSKI, Vani M. **Tecnologias e ensino presencial e a distância**. Campinas: Papirus, 2003.

KRULIK, Stephen.; RUDNICK, Jesse A. **Problem solving: a handbook for teachers**. 2. ed. Boston: Allyn and Bacon, 1987.

LÉVY, Pierre. **As tecnologias da inteligência: o futuro do pensamento na era da informática**. Tradução de Carlos Irineu da Costa. São Paulo: Editora 34, 1993.

MAXWELL, Joseph A. **Qualitative research design: an interactive approach**. 3. ed. Los Angeles: SAGE, 2013.

PAPERT, Seymour. Computers for children. In: PAPERT, Seymour. **Mindstorms: children, computers, and powerful ideas**. New York: Basic Books, 1980. p. 3-18.

POWELL, Arthur. B.; FRANCISCO, John M.; MAHER, Carolyn A. Uma abordagem à análise de dados de vídeo para investigar o desenvolvimento das ideias matemáticas e do raciocínio de estudantes. **Bolema**, Rio Claro, v. 17, n. 21, p. 1-47, mai. 2004. Disponível em: <https://www.periodicos.rc.biblioteca.unesp.br/index.php/bolema/article/view/10538/6944>. Acesso em: 18 mai. 2024.

SCHOENFELD, Alan H. **Mathematical problem solving**. Orlando: Academic Press, 1985.

SCHOENFELD, Alan H. Learning to think mathematically: problem solving, metacognition, and sense-making in mathematics. In: GROUWS, Douglas (ed.). **Handbook for research on mathematics teaching and learning**. New York: Macmillan, 1992. p. 334-370.

SCHOENFELD, Alan H. **How we think: a theory of goal-oriented decision making and its educational applications**. New York: Routledge, 2011.

SCHOENFELD, Alan H. How we think: a theory of human decision-making, with a focus on teaching. In: CHO, S. J. (ed.). **The proceedings of the 12th international congress on mathematical education**. New York: Springer, 2015. p. 229-243.

SCHOENFELD, Alan H. Problem solving from cradle to grave. **Annales de Didactique et de Sciences Cognitives**, Strasbourg, v. 11, p. 41-73, 2006.

SCHOENFELD, Alan H. Reflections on doing and teaching mathematics. In: SCHOENFELD, Alan. H. (ed.). **Mathematical thinking and problem solving**. New York: Routledge, 1994. p. 53-69.

SILVA, Ricardo S. R. D.; GADANIDIS, Geroge; HUGHES, Janette; NAMUKASA, Imaculate K. Computational thinking as a heuristic endeavour: students' solutions of coding problems. *Pro-Posições*, Campinas, v. 31, 2020. p. 1-30. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pp/a/kPVnjPZsYVHP3dh46Ccrbrk/?format=pdf&lang=en&ilang=en>. Acesso em: 20 mar. 2023.

SINCLAIR, Nathalie. **Mathematics and beauty: aesthetic approaches to teaching children**. New York: Teachers College Press, 2006.

SOUTO, Deise L. P.; BORBA, Marcelo C. Seres humanos-com-internet ou internet-com-seres humanos: uma troca de papéis? **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, Ciudad de México, v. 19, n. 2, p. 1-26, 2016. Disponível em:

Interfaces da Educação, Paranaíba, V. 17, N. 49, p. 422 a 442, ano 2026

441

ISSN 2177-7691

<https://www.scielo.org.mx/pdf/relime/v19n2/2007-6819-relime-19-02-00217.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2025.

STEFFE, Leslie P.; THOMPSON, Patrick W. Teaching experiment methodology: underlying principles and essential elements. In: LESH, Richard; KELLY, Anthony E. (ed.). **Research design in mathematics and science education**. Hillsdale: Erlbaum, 2000. p. 267-307.

STERNBERG, Robert J. What is mathematical thinking? In: STERNBERG, Robert. J.; BEN-ZEEV, Talia (ed.). **The nature of mathematical thinking**. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 1996. p. 303-318.

TIENSUU, Antti. **Computational thinking in regard to thinking and problem solving**. 2012. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – University of Tampere, Tampere, 2012.

TIKHOMIROV, O. K. The psychological consequences of computerization. In: WERTSCH, J. V. (ed.). **The concept of activity in Soviet psychology**. New York: M. E. Sharpe, 1981. p. 256-278.

VLASSIS, Joëlle. Making sense of the minus sign or becoming flexible in ‘negativity’. **Learning and Instruction**, v. 14, n. 5, p. 469–484, 2004. disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959475204000441>. Acesso em: 9 fev. 2021.

WEINTROP, David et al. Defining computational thinking for mathematics and science classrooms. **Journal of Science Education and Technology**, New York, v. 25, p. 127–147, 2015. Disponível em: <https://ccl.northwestern.edu/2015/Weintrop%20et%20al.%20-%202015%20-%20Defining%20Computational%20Thinking%20for%20Mathematics%20an.pdf>. Acesso em: 9 fev. 2021.

ZUFFI, E. M.; ONUCHIC, L. R. O ensino-aprendizagem de matemática através da resolução de problemas e os processos cognitivos superiores. **Revista Iberoamericana de Educación Matemática**, Andujar, n. 11, p. 79-97, 2007. Disponível em: <https://www.revistaunion.org/index.php/UNION/article/view/1244/945>. Acesso em: 9 fev. 2021.