

REFLEXÕES ACERCA DA TECNOLOGIA E SUA INSERÇÃO NA PESQUISA EM EDUCAÇÃO MATEMÁTICA

REFLECTIONS ABOUT THE TECHNOLOGY AND ITS INSERTION IN THE RESEARCH IN MATHEMATICS EDUCATION

GERSON PASTRE DE OLIVEIRA¹
MARIANA DIAS GONÇALVES²
CELSO MARQUETTI³

Resumo

Este texto discorre sobre o papel das tecnologias na construção do conhecimento matemático a partir de estratégias didáticas que permitam o emprego da visualização, da experimentação e do dinamismo como elementos fundamentais de uma configuração na qual pessoas e mídias não são vistas separadamente. Entre os conceitos destacados, constam as asserções filosóficas de Lévy (1993) sobre as tecnologias intelectuais, que serviram de base, por sua vez, em conjunto com a perspectiva de reorganização do pensamento de Tikhomirov (1981), para o constructo seres-humanos-com-mídias e para a proposta que trata da fluência para uso de interfaces digitais em processos de ensino ou de aprendizagem de Matemática.

Palavras-chave: tecnologias e Educação Matemática; fluência tecnológica; seres-humanos-com-mídias

Abstract

The paper is about the role of technology in the construction of mathematical knowledge and the relevance of teaching strategies to enable the use of visualization, experimentation and dynamism as key elements of a setting in which people and media are not seen separately. Among the mentioned concepts, the ideas of Lévy (1993) on intellectual technologies must be considered, which were the basis, together with the perspective of reorganization of thinking of Tikhomirov (1981), for the proposal of humans-with-media and for the argumentation, that states the importance of fluency in the use of digital interfaces in processes of teaching or learning mathematics.

¹ Professor do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da PUC/SP – Doutor em Educação (USP)

² Mestre em Educação Matemática – PUC/SP

³ Mestre em Educação Matemática – PUC/SP

Keywords: technologies and Mathematics Education; technological fluency; human-with-media.

A construção do conhecimento e as tecnologias intelectuais

Processos de ensino se valem de elementos tecnológicos desde tempos imemoriais. Ainda que as últimas décadas tenham testemunhado intensiva evolução tecnológica, tanto do ponto de vista de equipamentos sofisticados, como *ultrabooks*, *tablets* e celulares de alta capacidade, quanto dos programas e aplicações que permitem estender a capacidade humana de pensar, agir e comunicar, o envolvimento das pessoas com os artefatos disponíveis em suas múltiplas atividades já ocorria muito antes. Segundo Lévy (1993), a evolução humana foi marcada por três importantes paradigmas, vistos como tempos do espírito, e estruturados como polos. Assim, a oralidade, a escrita e a informática prevaleceram em distintos momentos históricos.

De acordo com esta proposta, então, segundo o autor, a oralidade primária tem na palavra falada seu elemento fundador. Desta forma, em tempo anterior à vulgarização da escrita, o patrimônio cognitivo humano tem seu arcabouço instituído nas lembranças das pessoas e na divulgação de informações, estórias e mitos constituída nas narrativas. A retomada e a repetição, recapitulados indefinidamente, são os meios de preservação dos saberes primeiros. A memória se confunde com as personalidades, e tinha de ser assim para que os saberes não morressem. Para Lévy (1993), o conhecimento sob este paradigma tem caráter circular e personificado, uma vez que se liga a acontecimentos protagonizados pelos ancestrais e/ou por habilidades e ideias transmitidas oralmente.

A escrita, por sua vez, representa um estágio distinto na evolução das sociedades. Desta forma, na visão de Lévy (1993), a escrita modifica a lógica anterior e desfaz a necessidade de adaptação da narrativa aos acontecimentos e saberes dos que decodificam a mensagem, objetivando-se a memória em artefatos como o *volumén* e o *códex* (rolos e livros, respectivamente). A disseminação da escrita encaminha a irreversibilidade: o que se escreveu está imanente, e permanece, inexorável, desde que se preserve a integridade de seus veículos. Aqui, a separação do emissor, do receptor e da própria mensagem pode proporcionar conflitos, ocasionados por diferenças provenientes de interpretações variadas do conteúdo. De acordo com Lévy (1993), neste paradigma, o saber passa a distinguir-se do que é apenas útil cotidianamente e que identifica o indivíduo como pessoa e partícipe de uma comunidade para se transformar em “um objeto suscetível de análise e exame” (LÉVY, 1993, p. 95). Como consequência, funda-se um estatuto do

conhecimento e de conhecer que se despersonaliza, ao mesmo tempo que pode ser acumulado e recuperado praticamente em qualquer momento, não sem seus dilemas peculiares:

A partir de então, a memória separa-se do sujeito ou da comunicação tomada como um todo. O saber está lá, disponível, estocado, consultável, comparável. Esse tipo de memória objetiva, morta, impessoal, favorece uma preocupação que, decerto, não é totalmente nova, mas que a partir de agora irá tomar os especialistas do saber com uma acuidade peculiar: a de uma verdade independente dos sujeitos que a comunicam (LÉVY, 1993, p. 95).

O terceiro polo é o informático-midiático. Sob este paradigma, mesmo a dimensão linear e estática da escrita é tomada e convertida a outra lógica. A velocidade, a quantidade de dados armazenados e, fundamentalmente, o tempo tomam caracteres totalmente distintos. As redes, principalmente a Internet, e os avanços da computação eletrônica possibilitam que os dados sejam compartilhados em tempo real, tendo a profundidade da hipermídia e do hipertexto como bases. Sob a égide do tempo real, surge, segundo o filósofo francês, “a característica principal, o espírito da informática: a condensação no presente na operação em andamento” (LÉVY, 1993, p. 116).

Ainda que a evolução supramencionada tenha se dado ao longo de séculos de história humana, os distintos estilos e formas de pensar objetivados dos três tempos do espírito não se excluem mutuamente, nem as possibilidades vistas de certa forma como mais avançadas concorrem por substituir suas antecessoras, necessariamente⁴: são tipos diferentes de tecnologias intelectuais que convergem para dar campo à capacidade cognitiva humana, ao ponto de não existir, de acordo com o autor mencionado, conhecimento que seja independente de alguma tecnologia intelectual. Lévy (1993) convida, por meio destes argumentos, a ver, como salienta Oliveira (2007), o discurso, o códex e o sistema computacional como atores de uma epopeia que atravessa as eras, em processo de integração com as pessoas para constituir uma outra forma de produção de conhecimentos. Desta forma, Lévy (1993) indica que se trata de um convite para

pensar na imbricação, na coexistência e interpretação recíproca dos diversos circuitos de produção e de difusão do saber, e não em amplificar e extrapolar certas tendências, sem dúvida reais,

⁴ Não nos referimos aqui aos esquemas de obsolescência de aparelhos específicos, mas aos conceitos objetivados por eles justamente como aportes à inteligência humana, em esquema de integração.

mas apenas parciais, ligadas apenas à rede informático-midiática. (LÉVY, 1993, p. 117).

Quando se transporta esta argumentação para o terreno no qual se equilibra esta reflexão, é importante destacar que as tecnologias não são vistas como dispositivos capazes de fazer pensar e aprender melhor por si mesmos. As interfaces tecnológicas são compreendidas tendo por princípio a potencialidade que apresentam como reorganizadoras do pensamento (Tikhomirov, 1981), o que se dá em caráter de integração com as pessoas, participantes de um processo de ensino, por meio de estratégias didáticas.

O constructo seres-humanos-com-mídias

O uso de dispositivos computacionais têm sido um tema de intensa discussão dentro da comunidade de Educação Matemática nas últimas décadas. Nesse contexto, segundo Borba e Villarreal (2005), uma das poucas questões sobre as quais existe um consenso, em relação à discussão sobre tecnologia, é que os computadores sozinhos não são capazes de trazer qualquer mudança. É de se crer, logicamente, que o mesmo argumento se estende para outros dispositivos, tais como celulares e *tablets*, por exemplo.

A partir do momento em que se decide utilizar determinadas tecnologias em sala de aula, torna-se essencial refletir a respeito das formas como isto se dará, bem como analisar a perspectiva tanto do professor, quanto dos alunos. Isto significa refletir como serão planejadas as atividades neste novo cenário, que mudanças serão efetivadas a partir da definição de uma estratégia que considere a presença destes artefatos, quais papéis serão efetivamente desempenhados pelas pessoas com estes dispositivos, entre outros dilemas.

Os ambientes informatizados podem ser utilizados de diferentes formas em favor da produção do conhecimento. Nesse sentido, Borba e Villarreal (2005) afirmam que os computadores/outras mídias e os seres humanos não devem ser considerados como elementos separados. O constructo teórico concebido por esses autores propõe a ideia de que o conhecimento é produzido por coletivos de seres-humanos-com-mídias e não somente por seres humanos ou por grupos destes, ou seja, as mídias não são apenas assistentes dos humanos ao se fazer Matemática, pois elas mudam a natureza do que é feito, sugerindo, assim, que diferentes coletivos humanos com mídias produzem diferentes formas de acessar o conhecimento matemático.

Esta proposta tem suporte nas propostas de Lévy (1993), que a estende a mídias de diversas naturezas. Para o filósofo francês:

Qual a imagem que sobressai desta dissolução do sujeito cognitivo em uma microssociedade biológica e funcional de base, e de sua imbricação em uma megasociedade povoada por homens, representações, técnicas de transmissão e de dispositivos de armazenamento, no topo? Quem pensa? Não há mais sujeito ou substância pensante, nem “material”, nem “espiritual”. O pensamento se dá em uma rede na qual neurônios, módulos cognitivos, humanos, instituições de ensino, línguas, sistemas de escrita, livros e computadores se interconectam, transformam e traduzem as representações (LÉVY, 1993, p. 135).

Na base destas ideias, encontram-se a concepção de “reorganização do pensamento” apresentada por Tikhomirov (1981) e de inteligência coletiva proposta por Lévy (1993).

Para Tikhomirov (1981), a mídia informática e suas interfaces não funcionam apenas como substitutos ou suplementos dos seres humanos em suas atividades cognitivas, mas favorecem a reorganização dos modos como se pensa.

De fato, o autor mencionado repudia as duas ideias mais comumente disseminadas sobre o papel do computador, quais sejam, a de substituição e a de suplementação, argumentando que tais dispositivos podem alterar toda a estrutura da atividade intelectual das pessoas.

Quando se refere à substituição, o autor argumenta que, neste caso, poder-se-ia postular que o computador substitui as pessoas em suas construções intelectuais. Como argumento contrário, Tikhomirov (1981) indica que, considerando certos problemas, o computador e a mente humana até poderão fornecer o mesmo resultado, mas as estratégias usadas para a resolução são potencialmente diferentes. O que o autor russo propõe é que se examine o processo pelo qual as respostas são providas, e não apenas os resultados. Isto porque no procedimento que envolve as pessoas, dimensões como criatividade e a escolha de trajetórias de modo crítico são consideradas, em um contexto consideravelmente mais complexo. Desta forma:

Precisamos analisar quão próximos estão os processos humanos na direção da busca pela solução de um problema em relação àqueles usados pelos computadores para darem cabo da mesma tarefa. [...] Estes processos não são os mesmos. Grande parte dos mecanismos de controle de busca nos seres humanos em geral não podem ser representados pelas heurísticas computacionais disponíveis. Quando heurísticas computacionais imitam as humanas, elas são significativamente mais simples e não são comparáveis de alguma forma essencial (TIKHOMIROV, 1981, p.261).

Além disso, para Tikhomirov (1981), a ideia de suplementação indica que o computador tem por função incrementar a quantidade e a velocidade de processamento de dados. De acordo com este autor, entretanto, o maior obstáculo a esta concepção está em se pensar que o papel do computador nas atividades humanas ficaria restrito, neste caso, a um aumento meramente quantitativo nas operações disponíveis, desconsiderando outras áreas da cognição humana.

Assim, para o autor, aceitar que o pensamento é análogo ao trabalho do computador significa encaminhar, como resposta, à questão da influência dos computadores em relação ao pensamento humano, o fato de que os mesmos complementam tal pensamento e o processamento de informações, aumentando o volume e a velocidade. No contexto, então, da teoria da suplementação, as relações entre o funcionamento da mente humana e do computador, se combinados em um único sistema, são as relações entre duas partes de um todo, ou seja, o processamento da informação. O autor argumenta que, ao operar com sinais, as pessoas lidam com significados. Entretanto, se se circunscreve o pensamento humano apenas à manipulação de sinais, o que se faz é focar em um único aspecto da atividade de pensamento de uma pessoa real, o que seria inaceitável.

Desta maneira, no lugar de qualquer destas concepções voltadas à suplementação ou à substituição, Tikhomirov (1981) propõe a visão pela qual a tecnologia se apresenta como reorganizadora da forma como as pessoas pensam. Isto porque o uso de sistemas computacionais e suas interfaces cria outra forma de intervenção: nela, o computador surge como ferramenta da atividade mental humana. Surge, portanto, uma nova atividade humana que, por conseguinte, demanda uma nova forma de pensamento. O advento do uso do computador, para o autor, fez mudar o processo de aquisição de conhecimentos, ao ponto de, “como resultado da informatização, uma nova etapa do desenvolvimento ontogenético do pensar é também desenvolvida” (TIKHOMIROV, 1981, p. 274). Além disso, para o autor:

O processo de aquisição de conhecimento é alterado (por exemplo, passa a ser possível reduzir o número de procedimentos formais a ser adquirido graças ao uso do computador). Isto nos dá base para afirmar que, como resultado da informatização, um novo estágio no desenvolvimento ontogenético do pensamento também se desenvolveu. [...] A memória, o armazenamento de informações, e sua busca (ou reprodução), são reorganizados. A comunicação é alterada, uma vez que a comunicação humana com

o computador, especialmente quando linguagens similares à natural são criadas, é uma nova forma de comunicação. As relações humanas passam a ser mediadas pelo uso de computadores (TIKHOMIROV, 1981, p. 274).

Desta maneira, a ideia pela qual as mídias reorganizam o pensamento tem sua base teórica. Além desta proposta, Borba e Villarreal (2005) mencionam as ideias de Lévy (1993), segundo o qual a evolução dos diferentes tipos de tecnologias pode servir como condicionadora dos processos de produção do conhecimento. Oliveira (2007) informa que este condicionamento não implica em obrigatoriedade, no sentido de afirmar que não seria possível desenvolver conhecimento na ausência de determinada tecnologia – isto seria determinismo – mas que algumas possibilidades como dinamismo, visualização múltipla e experimentação intensiva são melhor objetivadas a partir do uso de tecnologias digitais, por exemplo, como se argumenta a seguir.

Visualização e experimentação em perspectiva dinâmica

Alguns autores, e notadamente Borba (2011), advogam que a visualização é um elemento relevante na construção do conhecimento matemático. Para ele, a “visualização constitui um meio alternativo de acesso ao conhecimento matemático”, uma vez que “a compreensão de conceitos matemáticos requer múltiplas representações, e representações visuais podem transformar o entendimento deles” (BORBA, 2011, p.3).

Por este ponto de vista, seria correto afirmar que a “visualização é parte da atividade matemática e uma maneira de resolver problemas” (idem). Claro que isto não implica em abandonar o conhecimento matemático formal, mas de empregá-lo de diferentes formas e com múltiplos apoios. Neste sentido, o caráter dinâmico de algumas tecnologias digitais, como o GeoGebra, por exemplo, possibilita a manipulação de parâmetros ou de elemento constituintes, o que dá outro sentido ao trabalho intelectual relativo à validação ou refutação de conjecturas. Para Borba (2011):

Em consequência da investigação com softwares, um ambiente com características ímpares é criado, no qual as construções podem ser submetidas à prova do arrastar, de modo que as propriedades e conjecturas formuladas poderão ser testadas para vários casos e validadas ou refutadas (BORBA, 2011, p.4).

Para Borba e Villarreal (2005), o componente visual precisou ser considerado como elemento de relevância na produção do conhecimento desde que os computadores passaram a ter monitores de vídeo. A visualização, desta maneira, pode levar a uma nova dimensão, na qual o dinamismo, proporcionado pelos recursos computacionais, compõe

um elemento primordial.

Segundo Guzmán (2002, apud Sales 2013), o fato da visualização ser um aspecto muito importante da matemática é algo bastante natural, se levarmos em conta o significado da atividade matemática e a estrutura da mente humana. Para Barbosa (2009), nas atividades matemáticas nas quais a abstração parece ir além do que é perceptível à visão material, os matemáticos usam, frequentemente, processos simbólicos, diagramas visuais e muitas outras formas de processos mentais que envolvem a imaginação. Ainda segundo o mesmo autor, a visualização desempenha um papel de interpretação do que está à frente de um observador e não uma visão imediata das relações: essa interpretação não surge do nada, ela é constituída a partir de intercâmbios pessoais e sociais, muitas vezes adquiridos no contexto escolar e na convivência com as representações matemáticas com a qual se está habituado.

Neste contexto, surgem as potencialidades em torno da experimentação. Em relação à Matemática, esta possibilidade inaugura o que Lévy (1993) chama de “paradigma informático na Matemática”. Segundo o autor,

Uma das mais estranhas modificações ligadas ao uso das simulações digitais é a que hoje afeta as matemáticas. Tradicionalmente consideradas como reino da dedução, elas também estão adquirindo um caráter experimental. Simulações de objetos matemáticos podem infirmar, confirmar, ou gerar conjecturas (LÉVY, 1993, p. 104).

Ainda em relação ao discurso supramencionado, Lévy (1993) indica que, a partir do uso de tecnologias intelectuais, a experimentação e a simulação ganham destaque na produção do conhecimento. Tal propositura pode se efetivar quando se manipulam modelos tecnológicos digitais (em computadores, por exemplo). A simulação e a experimentação têm naturezas diferentes da constituição teórica de um objeto de conhecimento, podendo, no entanto, servir de base para a consolidação desta dimensão. Conquanto existam diferenças substanciais entre a tecnologia digital e outras, vistas como tradicionais (analógicas/estáticas), a proposta mais consistente é representada pela convergência e não pela substituição, envolvendo as três tecnologias intelectuais mencionadas por Lévy (1993).

Ao concordar com os pressupostos relativos à experimentação, Scucuglia (2011) afirma que

[...] uma abordagem de caráter experimental, condicionada por

potencialidades das tecnologias informáticas, estudantes podem investigar temas matemáticos com base em argumentações que privilegiam as inferências abduativas, isto é, um enfoque que potencializa a abordagem de conceitos a partir desses diversos tipos de inferência.

Nesse sentido, Richit, Richit, Scucuglia e Tomkelski (2011) afirmam que, no âmbito da experimentação como recurso,

a criação de ambientes de aprendizagem, baseados no uso de tecnologias, pode propiciar distintas abordagens para o conteúdo matemático, contribuindo com a construção de conhecimentos dos estudantes (s/p)

Para Borba e Villarreal (2005), usar tecnologias sob uma perspectiva experimental em Matemática pode permitir:

- Investir na criação, pelos alunos, de conjecturas acerca de problemas específicos – e de testá-las, por meio de vários exemplos;
- Descobrir resultados de natureza matemática desconhecidos antes do procedimento experimental;
- Testar formas alternativas de colher resultados;
- Criar novas experimentações – e repeti-las insistentemente;
- Instituir uma forma diferente de aprender Matemática.

A perspectiva dinâmica provida por tecnologias digitais é outro aspecto relevante, aqui retomado. Do ponto de vista desta reflexão, o dinamismo é

[...] visto como a possibilidade de manipulação de parâmetros, atributos ou valores que servem à constituição e/ou definição de um constructo matemático em contexto informatizado. Diante das possibilidades abertas por este recurso, um movimento investigativo fundamental em matemática encontra subsídios consistentes, qual seja o trabalho relacionado à elaboração, teste e validação (ou refutação) de conjecturas (OLIVEIRA, 2015, s/p).

Ainda para Oliveira (2013), o dinamismo das atuações em ambientes midiáticos pode encaminhar quantidades consideráveis de exemplos em relação ao problema em exame, que surgem a partir de ações como arrastar um componente, trocar um parâmetro, variar medidas, etc. A reação da interface, na maioria dos casos, é praticamente instantânea, quando se pensa na modificação de configurações e estruturas: esta é uma vantagem considerável. Entretanto, Oliveira (2013) insiste que quaisquer vantagens só se efetivam se o professor tem consciência do que pretende ensinar (planejamento da aula e

conhecimento efetivo do que se pretende ensinar, do ponto de vista matemático e didático), se possui uma estratégia didática coerente (em relação ao objeto matemático em foco), se tem fluência em relação às tecnologias empregadas e se emprega uma abordagem problematizadora. Aqui, Scucuglia (2008, p.77) entende que,

no contexto educacional, a Informática, suas interfaces e sua plasticidade redefinem os papéis dos atores humanos e tecnológicos envolvidos no pensamento (matemático). O professor pode constituir um ambiente coletivo de inquietações a partir de informações e potencialidades diversas de programas, hipertextos e/ou objetos virtuais de aprendizagem. As máquinas não dão ao estudante um problema a ser resolvido: os professores e os estudantes com computadores (e outros atores tecnológicos) modelam, resolvem problemas e pensam (matematicamente).

Um dos focos da reflexão aqui proposta é, justamente, a necessidade de desenvolvimento de fluência nas tecnologias empregadas em um processo educativo. Detalha-se mais sobre isto a seguir.

Fluência no uso das tecnologias em processos de ensino de Matemática

De acordo com os argumentos até aqui alinhados, no cenário atual, as tecnologias permeiam o espaço social e vêm transformando as relações do indivíduo com o conhecimento. As mídias digitais constituem configurações a partir das quais são vistas em perspectiva indissociável em relação às pessoas. Nos processos que envolvem a construção do conhecimento, tais elementos devem ser pensados em espírito de convergência com outras mídias, não digitais. Sendo assim, Oliveira (2013) indica que não se pode deixar de pensar que a constituição de uma configuração do tipo seres-humanos-com-tecnologias no processo de ensino conduz a considerar questões até então não pensadas, como aquelas ligadas a certo saber-fazer tecnológico. O autor afirma que

o domínio das ferramentas inerentes à interface é condição para usá-la com fluência, de modo que, a partir daí, a tecnologia associada possa se transformar em extensão de memória, do pensamento, de procedimentos de construção e de conjectura, ou seja, aprender a usar, de maneira fluente, o dispositivo, o software, o artefato (OLIVEIRA, 2013, p.7).

Dominar, então, os dispositivos tecnológicos parece ser condição de um uso integrado que de fato colabore para a construção do conhecimento a partir da reorganização do pensamento. Neste sentido é que se advoga que a construção da fluência no uso de determinada tecnologia, eleita para uma aula, iniciativa ou projeto, contribui

para os processos de experimentação e visualização dinâmicas com uso de mídias, digitais e não digitais.

A fluência, ainda segundo Oliveira (2013), está dividida em duas etapas principais interligadas. A primeira refere-se à “exploração dos elementos da interface” e a segunda trata da “apropriação da lógica da interface em uso”. A primeira etapa permite a exploração dos elementos existentes na interface, com os quais é possível encaminhar a produção das ações desejadas, como a construção de gráficos, manipulação de expressões, etc. Isto porque, segundo Lévy (1993), dominar as interfaces sempre foi importante, seja em relação à oralidade, à escrita ou às mídias digitais.

A segunda etapa se concentra, essencialmente, em promover a integração entre o conhecimento matemático e a expressão da resolução, sob o ponto de vista da forma como a interface opera, ou seja, é a integração entre o conhecimento matemático e a maneira como funcionam os comandos, as diretivas, as construções, entre outros componentes.

Assim, é possível aventar que explorar uma interface compreende uma busca pelo domínio de sua lógica. Por exemplo, Borba e Penteadó (2003) afirmam que a escrita digital, dentro de certa lógica de funcionamento, condiciona os projetos que o indivíduo poderá ter em seu trabalho de descoberta de novos conhecimentos. Neste sentido, Oliveira (2013, p.8) afirma que:

desenvolver fluência equivale a saber usar com desenvoltura, de modo que este aspecto seja aliado de outra fluência, de caráter mental, que permite, por sua vez, ao sujeito, avançar na reorganização dos conhecimentos no âmbito do próprio processo que o leva a tornar o problema proposto como seu e investigar, em dialéticas e movimentos cada vez mais refinados, até formar uma proposição sua, que tenha status de solução.

A fluência tecnológica remete ao uso do computador no processo de ensino e de aprendizagem em Matemática, não substituindo o trabalho intelectual dos professores e dos alunos, nem tampouco sendo um coadjuvante no que se refere à atividade mental humana, ou, simplesmente, um artefato para processar os dados de forma mais rápida. Como já se mencionou, Tikhomirov (1981) afirma que as interfaces computacionais estabelecem uma nova ordem de relações com o conhecimento, isto é, a tecnologia é reorganizadora do pensamento das pessoas. Desse modo, as tecnologias digitais surgem como ferramentas importantes da atividade intelectual humana, a partir de outra maneira de perceber a relação com as interfaces midiáticas, avançando a partir do aspecto mediador das mesmas (no qual seriam extensões) para se transformarem em partes

integrantes das estruturas cognitivas. É neste sentido que Oliveira (2013) afirma que alunos e professores passam a “alimentar” o pensamento com elementos matemáticos articulados à tecnologia apropriada. Isto significa que as pessoas envolvidas em um processo de aprendizagem passam a investigar e experimentar construções do saber a partir de uma configuração que envolve agentes humanos (professores, alunos) e interfaces, procurando resolver problemas sob uma nova perspectiva.

Também neste sentido, Oliveira (2013) afirma que é possível explorar e desenvolver temas matemáticos a partir do uso conjugado de tecnologias em relação às pessoas, isto é, não apenas correlacionar o uso de artefatos digitais com questões rotineiras, mas a exploração de problemas não comuns em um contexto de integração de pessoas-com-interfaces. Aqui, no âmbito da matemática, as pessoas podem ser capazes elaborar conjecturas de maneira reflexiva, discutindo e propondo respostas a problemas cada vez mais complexos. Para Oliveira (2013, p.8)

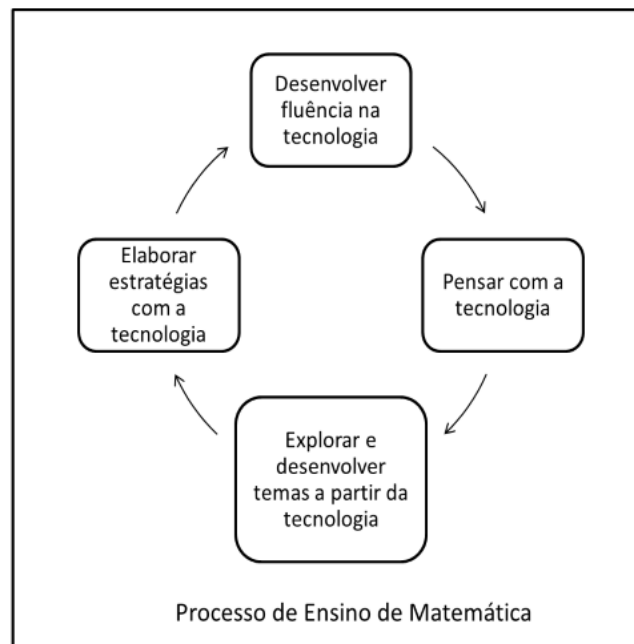
ao manipular uma construção geométrica a partir de um ponto ou de distintos valores numéricos, professores e estudantes podem alicerçar argumentações sobre condições de existência, generalizações, demonstrações e provas, por exemplo. Evidentemente, será este pensar integrado aqui referido, sob sua responsabilidade, que promoverá este processo, que, por sua vez, culminará em uma demonstração, por exemplo. O que se quer dizer é que pessoas demonstram, usam o conhecimento matemático, expressam seu pensamento com as tecnologias disponíveis. Desta maneira, pode ser possível desenvolver, em relação à Matemática, outras formas de pensar e conjecturar.

Em construções cognitivas que envolvem tecnologias, professores e estudantes desenvolvem e aprofundam caminhos investigativos, encaminham o uso de um tema matemático a partir de problemas específicos, estudando diferentes contextos. Com relação a novos saberes e/ou diferentes tecnologias, o processo pode se repetir, ciclicamente, como menciona Oliveira (2013, p.14):

As etapas da trajetória aqui descritas são complementares e compõem um ciclo. A partir do momento em que se julga (ou se aposta, no mínimo) que uma dada tecnologia pode ser adequada para o trabalho didático com certo conteúdo matemático, aprende-se sobre ela, a pensar com ela, a explorar e desenvolver temas a partir dela e a elaborar estratégias didáticas das quais ela faça parte. Esta trajetória se repete, em níveis mais elevados de uso e compreensão, sempre que temas ou problemas mais complexos são explorados.

O autor mencionado complementa, afirmando que, a partir do uso cada vez mais fluente de determinada tecnologia, as etapas podem surgir de forma diversa em relação à configuração inicial, exposta na figura 1, assumindo outras constituições, como a de espiral, rede ou de rizoma⁵, o que implicaria em ordens distintas – isto equivale a dizer que o processo de ampliação da fluência e de reorganização do pensamento subverte a configuração cíclica, remetendo a disposições cada vez mais complexas em relação aos coletivos formados por seres-humanos-com-tecnologias.

Figura 1 – Ciclo das tecnologias no processo de aprendizagem em matemática



Fonte: Oliveira, 2013, p.3 (adaptado)

Nessa proposta, sob qualquer configuração, o conhecimento matemático é essencial. As possibilidades apontadas pelos recursos mediadores aqui descritos subsidiam, tanto em relação ao aluno quanto ao professor, a mobilização de conhecimento relativo aos temas a serem tratados. Além disso, os percursos não são rígidos, nem lineares: os indivíduos transitam pelas diversas etapas do ciclo inúmeras vezes, à medida que avançam em suas concepções sobre o uso de tecnologias digitais em Educação

⁵ (...) o rizoma conecta um ponto qualquer com outro ponto qualquer e cada um de seus traços não remete necessariamente a traços da mesma natureza; ele põe em jogo regimes de signos muito diferentes, inclusive estados de não-signos. O rizoma não se deixa reconduzir nem ao Uno nem ao múltiplo. (...) Ele não é feito de unidades, mas de dimensões, ou antes de direções movediças. Ele não tem começo nem fim, mas sempre um meio pelo qual ele cresce e transborda. (...) O rizoma é uma antigenealogia. É uma memória curta ou uma antimemória. (...) oposto aos decalques, o rizoma se refere a um mapa que deve ser produzido, construído, sempre desmontável, conectável, reversível, modificável, com múltiplas entradas e saídas, com suas linhas de fuga. São os decalques que é preciso referir aos mapas, não o inverso (Deleuze e Guattari, 1995, p.32).

Matemática, bem como podem iniciar novos ciclos, espirais ou rizomas, conectando-os com os preexistentes, com dinâmicas diversas, sempre que novas tecnologias/conhecimentos são colocados em questão.

Esta possibilidade de ganhar autonomia e de avançar na construção do conhecimento matemático tendo como perspectiva uma configuração seres-humanos-com-tecnologias, a partir da fluência, é chamada de *empoderamento*, em um sentido dado por Barros Neto (2015) em sua pesquisa, relativa à construção de ‘máquinas matemáticas’ com o software Scratch.

Tendo como sujeitos alunos de licenciatura em Matemática, Barros Neto (2015) apontou a possibilidade de empoderamento de configurações de seres-humanos-com-tecnologias, a partir de processos baseados na constituição de fluência nos aparatos tecnológicos envolvidos. O autor defende que a programação de computadores pode empoderar professores de matemática em formação inicial de forma que possam participar como criadores e não somente consumidores na cultura computacional que vem se desenvolvendo na sociedade e, como consequência, na universidade e na escola. A pesquisa indicada procurou investigar, especificamente, formas pelas quais a construção de Instrumentos Matemáticos Didáticos com tecnologia digital incorporada, em conjunto com uma estratégia baseada na criação de situações didáticas, poderia empoderar individualmente o futuro professor de matemática para além da condição de usuário. Com o objetivo de responder esta questão, foi elaborada uma estratégia didática baseada na aquisição de fluência e na criação de instrumentos matemáticos didáticos por meio de situações didáticas, com o uso do software Scratch. Tais aplicações foram propostas para duas turmas da disciplina ‘Informática Aplicada à Educação Matemática’ composta de alunos do 2o ano do Curso de Licenciatura em Matemática da Universidade do Estado do Pará (UEPA).

Como resultado, os grupos de alunos envolvidos em atividades como o desenvolvimento de uma calculadora didática com representação fracionária, a construção de uma calculadora didática com representação fracionária “falante” e a adaptação de algumas funcionalidades desta para uso da interface robótica Scratch Board realizaram as implementações necessárias, demonstrando engajamento pessoal, senso de propriedade, criatividade e fluência nas tecnologias utilizadas. No estudo, o empoderamento ficou caracterizado quando os sujeitos demonstraram superar a primeira etapa, relativa à fluência nas tecnologias, e indicaram, por meio das interações descritas

no estudo, que estavam pensando, elaborando novas construções ou definindo estratégias de resolução a partir do trabalho com as interfaces.

Outros estudos têm confirmado as proposições aqui levantadas. Estes trabalhos têm apontado que o uso de recursos tecnológicos vem proporcionando alterações no processo de ensino e de aprendizagem da Matemática, sobretudo no caso de algumas das pesquisas realizadas no âmbito do grupo PEA-MAT/PUC-SP⁶. É o caso do trabalho de Gonçalves (2014), o qual indica que abordagens relacionadas com elementos de programação de computadores, desenvolvidos a partir da constituição de fluência em conceitos básicos, sob o ponto de vista, por exemplo, de pessoas-com-linguagem-Logo, pode colaborar para a resolução de problemas, tanto por viabilizar a experimentação dos conceitos matemáticos abordados, quanto por possibilitar discussões acerca de um tipo de linguagem, na qual subentende-se um conjunto de regras e uma lógica interna.

Da mesma forma, considerando atividades que envolvem programação em constructo semelhante ao indicado no trabalho de Gonçalves (2014), Marcelino (2014) indica que uma estratégia a partir da configuração professores-de-Matemática-com-SuperLogo pode concorrer para estimular o pensamento matemático de maneira distinta daquela que se constituiria a partir de uma configuração com lápis e papel. O autor indica que semelhante distinção foi caracterizada em seu estudo por duas dimensões estreitamente ligadas: a visualização e a experimentação. Marcelino (2014) indica que a mudança da tecnologia envolvida tende a alterar as relações com o conhecimento matemático, provocando, em favor da configuração digital, um aumento de rigor nas construções e o recurso a uma série de saberes correlatos. Da mesma maneira, outra variável didática do trabalho, relativa ao objeto matemático eleito em uma dada atividade, concorreu para mostrar que, ao mudar, por exemplo, da construção de um quadrado para distintos polígonos regulares, e destes para um triângulo retângulo, por exemplo, outras complexidades poderiam surgir, necessitando de outros recursos cognitivos para obtenção de resoluções, bem como de reconfigurações em relação ao pensamento dos sujeitos.

Considerações finais

O que ressalta desta reflexão, de acordo com os autores que lhe servem de base, é que o conhecimento matemático se constitui a partir de intervenções realizadas por coletivos de seres-humanos-com-mídias, uma vez que as tecnologias reorganizam o

⁶ Grupo de pesquisa “Processo de Ensino e Aprendizagem em Matemática”

pensamento, e que o processo de aquisição de fluência nas mesmas condiciona a produção de diferentes formas de conhecimento matemático.

Neste sentido, de acordo com Oliveira e Fernandes (2010), quando usados adequadamente, tais recursos apoiam a construção de conhecimentos matemáticos de maneira significativa. A interface dinâmica, a interatividade que esses programas proporcionam e os recursos de manipulação e movimentação das construções podem contribuir para o desenvolvimento de habilidades em perceber diferentes representações de uma mesma figura, por exemplo, bem como as relações entre as mesmas, levando, assim, à crítica e à descoberta autônoma, por parte dos estudantes, das propriedades dos elementos em estudo.

Estes não são, contudo, efeitos automáticos. De acordo com Oliveira (2009), não é possível esquecer, em Educação Matemática, da dimensão crítica em relação ao uso de tecnologias, no sentido de compreender que é um equívoco acreditar que a inclusão de softwares nos programas de ensino limita a Matemática a uma dimensão maquínica. Além disso, para o autor, o termo “software didático” é meramente relativo a uma intenção, mas sua efetividade depende de estratégia, planejamento, crítica, debate e significação. Não há software didático, por si, assim como não há tecnologias que educam por elas mesmas.

Assim, a apropriação das tecnologias não surge desconectada do processo, das condições do sujeito que aprende, do saber matemático e de suas correlações com os demais elementos de uma proposta educativa, isto é, todas as atividades fazem parte de uma estratégia, que prevê a figura do professor como orientador, a centralidade do aluno e sua relevância na construção do conhecimento matemático de que é sujeito. O processo de ensino ou de aprendizagem da Matemática com o aporte de tecnologias digitais pode incorporar amplas perspectivas de interação, inseridas nas dinâmicas da prática didática. O uso crítico das diversas interfaces é absolutamente essencial, o que conduz à argumentação em favor das estratégias como elementos reguladores. Ao preparar sua estratégia didática com o uso de tecnologias digitais, o professor agrega a dimensão transformadora da intervenção dos alunos, que experimentam, trocam e modificam as representações dos objetos em estudo em uma configuração integrada em relação às mídias de referência. Pensar nestes aspectos constitui um requisito fundamental, de acordo com as reflexões aqui propostas, para as pesquisas envolvendo tecnologias em Educação Matemática.

Referências

BARBOSA, A. C. A resolução de problemas que envolvem a generalização de padrões em contextos visuais: um estudo longitudinal com alunos do 2º ciclo do ensino básico. **Tese:** Doutorado em Estudos das Crianças (Matemática Elementar). Universidade do Minho, 2009.

BARROS NETO, A. J. A construção de instrumentos matemáticos didáticos com tecnologia digital: uma proposta de empoderamento para licenciandos em Matemática. **Tese:** Doutorado em Educação Matemática. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2015.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. **Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking:** information and communication technologies, modeling, visualization and experimentation. USA: Springer, 2005.

BORBA, M. C.; PENTEADO, M. G. **Informática e Educação Matemática.** Belo Horizonte: Autêntica, 2003

DELEUZE, G; GUATTARI, F. **Mil platôs:** capitalismo e esquizofrenia. v.1. Rio de Janeiro: Editora 34, 1995.

GONÇALVES, M. D. Uma abordagem para construção de triângulos e do teorema de Pitágoras mediada pelo software SuperLogo. **Dissertação:** mestrado em Educação Matemática. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2014.

LÉVY, P. **As tecnologias da inteligência:** o futuro do pensamento na era da informática. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora 34, 1993.

MARCELINO, S. B. Adquirir fluência e pensar Matemática com tecnologias: uma abordagem com o SuperLogo. **Dissertação:** mestrado em Educação Matemática. São Paulo: Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, G. P. Tecnologias digitais na formação docente: estratégias didáticas com uso do superlogo e do geogebra. In: **Congreso Iberoamericano de Educación Matemática 7, 2013, Montevideo: programa y resúmenes del VII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática.** Montevideo: Sociedad de Educación Matemática Uruguay, 2013. v. 1, 359 p.

OLIVEIRA, G. P. Estratégias didáticas em Educação Matemática: as tecnologias de informação e comunicação como mediadoras. **Anais do IV Seminário Internacional de Pesquisa em Educação Matemática,** Brasília, 2009.

OLIVEIRA, G. P. Avaliação em cursos online colaborativos: uma abordagem multidimensional. **Tese de doutorado:** Educação. São Paulo: Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, G. P.; FERNANDES R. U. O uso de tecnologia para o ensino de trigonometria: estratégias pedagógicas para a construção significativa da aprendizagem. **Educação Matemática Pesquisa,** v.12, n.3, pp. 548 - 577, 2010.

RICHIT, A.; RICHIT, A., SCUCUGLIA, R.; TOMKELSKI, M. Possibilidades didático-pedagógicas do software GeoGebra no estudo do conceito de integral. **Anais da XIII Conferência Interamericana de Educação Matemática**. Recife, 2011.

SCUCUGLIA, R. Uma investigação experimental com calculadoras gráficas sobre o Teorema Fundamental do Cálculo. **Acta Scientiae**, v.10, n.2, jul./dez. 2008.

TIKHOMIROV, O. K. The psychological consequences of computerization, in: **The Concept of Activity in Soviet Psychology**, J. V. Wertsch, ed., M.E. Sharpe Inc., New York, pp. 256-278, 1981.