Rematec
Revista Matemática, Ensino e Cultura

Cartoons Matemáticos Digitais em *salas de aula*: tensões, dilemas, conflitos, superações e transformações na aprendizagem

Daise Lago Pereira Souto[1]
Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar um recorte dos resultados da pesquisa "M@ttoon: Matemática e cartoons na Educação Básica e Superior de Mato Grosso" desenvolvida entre 2016 e 2022. Para este artigo, trouxe as principais compreensões sobre a forma como ocorreu a aprendizagem no âmbito da formação inicial e continuada de professores de Matemática. A Teoria da Atividade em conjunto com a visão epistemológica que permeia o construto Seres-Humanos-com-mídias formaram a base teórica deste estudo. Trata-se de uma pesquisa qualitativa que tem como principais procedimentos e instrumentos de produção de dados a observação participante, entrevistas, chats e fóruns de discussão. Como principais resultados destaca-se que os movimentos expansivos de aprendizagem ocorreram a medida que foram geradas dúvidas, incluídas novas tecnologias, regras e de formas de organização do trabalho, houve o rompimento de padrões usuais de produção matemática e quando não havia receitas ou modelos de como fazer a tarefa matemática.

Palavras-chave: Tecnologias Digitais; Formação; Práticas; Ensino; Metodologia.

Digital Mathematical Cartoons in classrooms: tensions, dilemmas, conflicts, overcoming and transformations in learning

ABSTRACT

The aim of this article is to present a cut out of the results of the research "M@ttoon: Mathematics and cartoons in Basic and Higher Education of Mato Grosso" developed between 2016 and 2022. For this article, I brought the main understandings about how learning occurred in the context of initial and continuing training of mathematics teachers. The Theory of Activity together with the epistemological view that permeates the Humans-with-media construct formed the theoretical basis of this study. This is qualitative research that has as main procedures and instruments of data production participant observation, interviews, chats and discussion forums. As main results, it is noteworthy that the expansive learning movements occurred as doubts were generated, including new technologies, changes in rules and forms of work organization, there was a disruption of the normal patterns of mathematical production, there were no recipes or models of how to do the mathematical task.

Keywords: Digital Technologies; Training; Practices; Teaching; Methodology.

Caricaturas matemáticas digitales en las aulas: tensiones, dilemas, conflictos, superación y transformaciones en el aprendizaje

RESUMEN

El objetivo de este artículo es presentar un recorte de los resultados de la investigación "M@ttoon: Matemáticas y dibujos animados en la Educación Básica y Superior de Mato Grosso" desarrollada entre 2016 y 2022. Para este artículo, traje los principales entendimientos sobre cómo se produjo el aprendizaje en el contexto de la formación inicial y continua de los profesores de matemáticas. La Teoría de la Actividad junto con la visión epistemológica que impregna el constructo Humanos-con-medios formaron la base teórica de este estudio. Se trata de una investigación cualitativa que tiene como principales procedimientos e instrumentos de producción de datos la observación participante, entrevistas, chats y foros de discusión. Como principales resultados, cabe destacar que los movimientos expansivos de aprendizaje se produjeron a medida que se generaban dudas, incluyendo nuevas

[1] Doutora em Educação Matemática pela Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP. Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática – PPGECM/UNEMAT – Barra do Bugres, Mato Grosso, Brasil. Coordenadora do GT6 – Educação Matemática: Tecnologias Digitais e Educação a Distância da Sociedade Brasileira de Educação Matemática – SBEM. Endereço para correspondência: Rua: A., S/N, São Raimundo, Barra do Bugres, MT, Brasil, CEP: 783900-000. ORCID: https://orcid.org/0000-0001-6832-6099. E-mail: daise@unemat.br.

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141

tecnologías, cambios en las reglas y formas de organización del trabajo, hubo una interrupción de los patrones normales de producción matemática, no hubo recetas o modelos de cómo hacer la tarea matemática.
Palabras clave: Tecnologías Digitales; Capacitación; Prácticas; Docencia; Metodología.

INTRODUÇÃO

A temática que permeia a pesquisa que deu origem a este artigo envolve a produção de cartoons matemáticos digitais na Educação Básica e Superior no Estado de Mato Grosso em diferentes *salas de aula.* É oportuno esclarecer que o conceito de cartoons matemáticos digitais é definido por Souto (2016) como sendo produções audiovisuais - desenhos, colagens ou modelagens - animadas por meios digitais (softwares, aplicativos, etc.) que visem à comunicação de ideias matemáticas. Ainda dentro da temática, assim como no título deste trabalho, o termo *salas de aula* se refere aos diferentes momentos que vivenciamos durante o desenvolvimento da pesquisa – antes, durante, e nesse possível *finalzinho* da pandemia da COVID-19. Pois, tivemos, durante a pesquisa, pelo menos dois modelos distintos de *salas de aula*: presencial no chão da escola/universidade; totalmente on-line com interações em diferentes plataformas e/ou ambientes virtuais de aprendizagem como o Discord, Google For Education, whatsapp.

No início da pesquisa, em 2016, não imaginávamos que viveríamos essa pandemia, em que as tecnologias digitais se tornaram tão necessárias em todos os setores da sociedade, e principalmente, à nossa sobrevivência. Contudo, a gênese da pesquisa já vislumbrava a seguinte problemática apontada por Souto e Borba (2016): atualmente, já não é uma questão de o professor permitir ou não o uso das tecnologias digitais, elas já participam do processo de aprendizagem antes, durante ou depois do período da aula. Os autores observavam, naquele período, que os alunos recorriam a vídeos postados na internet para tirarem suas dúvidas, resolverem exercícios, pesquisarem sobre um dado tema etc. Eles verificaram também que alunos e professores estavam se sentindo mais seguros em relação ao uso dessa tecnologia e, aos poucos, tornando-se produtores de seus próprios vídeos, apesar de existir um descompasso de motivos e interesses entre ambos. Naquele momento, não eram apenas esses tipos de vídeos que estavam protagonizado transformações nas aulas, os cartoons (KEOGH E NAYLOR; 1993), ainda que de uma forma tímida, vinham ganhando espaço no Ensino de Ciências, para explorar conceitos científicos.

Assim, as justificativas para a pesquisa estiveram, fundamentalmente, no intuito de contribuir para minimizar o descompasso entre as formas de comunicar e expressar ideias adotadas pela escola e as utilizadas pelos alunos (SOUTO, 2013, 2014); na ideia de estimular movimentos de uso de vídeos produzidos com tecnologias digitais para a aprendizagem e; no desejo de ampliar o conceito de Keogh e Naylor (1993) para o âmbito da Educação Matemática. Atualmente, mesmo após todo o processo de reorganização da Educação que ocorreu durante a pandemia, observa-se que a escola, de um modo geral, ainda procura voltar à racionalidade que surgiu com a escrita. Isso pode gerar dificuldades para entrar em harmonia com os alunos que, imersos na metamorfose cultural da sociedade do século XXI e nas vivências impostas pelo SARS-CoV-2, utilizam com fluência as novas formas de expressão do pensamento e, consequentemente, de produção do conhecimento que estão surgindo com a ascendência das tecnologias digitais.

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

Encontramos, então, argumentos para o desenvolvimento de um dos contornos, uma fotografia com zoom da pesquisa, que apresentamos aqui, qual seja: a necessidade urgente que nos mobilizemos em busca de atividades formativas com tecnologias digitais dirigidas para a produção de cartoons matemáticos digitais aos professores, tanto na graduação quanto em serviço com vistas à aprendizagem. Desse modo, o objetivo, deste artigo, é apresentar um recorte dos resultados da pesquisa "M@ttoon: Matemática e cartoons na Educação Básica e Superior de Mato Grosso" desenvolvida entre 2016 e 2022 com ênfase nas compreensões sobre a forma como ocorreu a aprendizagem no âmbito da formação inicial e continuada de professores de Matemática. Sendo que os dados analisados representam os principais resultdos de - *pesquisa* - 9 dissertações de mestrado, 7 iniciações científicas, 3 trabalhos de conclusão de curso; - *ensino* - 10 disciplinas de graduação, 9 disciplinas de pós-graduação *strictu sensu*; - *extensão* - 13 cursos de extensão para formação continuada de professores abrangendo os 141 municípios do Estado de Mato Grosso.

Para fundamentar as análises em relação à aprendizagem tomou-se com referencial a Teoria da Atividade (TA) e algumas de suas diferentes ramificações (ENGESTRÖM, 1987, 1999, 2001; ENGESTRÖM E SANINNO, 2010); em conjunto com a visão epistemológica presente no construto seres-humanos-com-mídias (S-H-C-M) (BORBA, 1999; BORBA E VILLARREAL, 2005; BORBA et. al. no prelo). Para além do escopo deste artigo, destaca-se que o diálogo entre TA e S-H-C-M possibilitou avanços teóricos que contribuem tanto para a o surgimento de uma nova geração da Teoria da Atividade, quanto para a ampliação de ideias e conceitos do construto seres-humanos-com-mídias (SOUTO, 2013; SOUTO E BORBA 2016, 2018; BORBA, SOUTO E CANEDO JR. 2022). Em acordo com esses referencias e com o objetivo já apresentado considerou-se, metodologicamente, que a abordagem qualitativa é apropriada para este estudo, pois não há preocupação com mensuração de dados e/ou resultados (LINCOLN; GUBA, 1985; ARAÚJO; BORBA, 2012). Além disso, essa abordagem *ecoa* na fala de Poupart (2008), que sugere, nesse tipo de pesquisa, o *despertar* de vozes silenciadas (neste caso a dos professores e futuros professores), colocando-as no centro das discussões e que o conhecimento originado nesse tipo de investigação pode gerar reflexões e mudanças.

Ao longo deste artigo serão ampliadas as discussões sobre os elementos já descritos nesta introdução, iniciando com um *diálogo* entre os fundamentos teóricos que culmina no nascimento de uma nova perspectiva teórica. Em meio à essa *conversa* está embutida a revisão de literatura com a citação de outros estudos que estão ligados à temática da pesquisa. Na sequência destacam-se os aspectos metodológicos, com abordagem, contexto, instrumentos e procedimentos de produção e análise de dados. Encaminhando para o final estão os dados e suas respectivas análises, seguidos das considerações com apontamentos e síntese sobre os principais resultados encontrados.

ENTRE A TEORIA DA ATIVIDADE E O CONSTRUTO SERES-HUMANOS-COM-MÍDIAS

Compreender a aprendizagem não é algo trivial, dada a sua complexidade exige fundamentos teóricos que possibilitem descrições, conjecturas, enfim, análises de como o processo ocorreu. É importante a adoção de referencial(is) teóricos robustos como, por exemplo, a Teoria da Atividade e o construto seres-humanos-com-mídias empregados neste

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

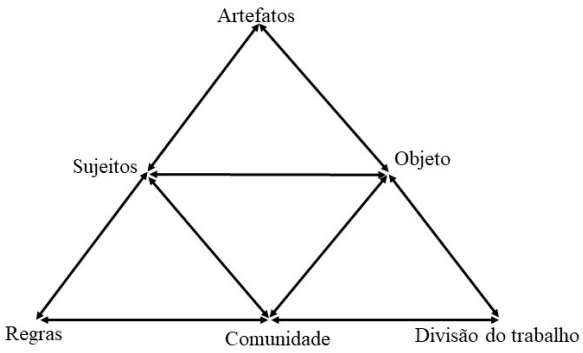
estudo. A escolha de ambos, para a pesquisa, não foi fortuita, pois de acordo com Souto (2013), eles podem ser vistos como complementares. Se por um lado a TA enfatiza o papel dos seres humanos e de aspectos sociais, históricos e culturais na aprendizagem, por outro o S-H-C-M chama a atenção para forma como esses elementos e tecnologias digitais se antropomorfizam.

As várias ramificações da TA têm alavancado discussões teóricas em várias vertentes (e.g. DAVIDOV, 1990; LAVE, 1988; ENGESTRÖM, 1987, 1991) nos fundamentamos nesse último, particularmente nos conceitos presentes na chamada terceira geração. Do construto seres-humanos-com-mídias adotamos principalmente a visão epistemológica e os conceitos de moldagem recíproca e reorganização do pensamento. Ambos, serão apresentados a seguir, assim como também uma breve síntese sobre a perspectiva teórica - possível nova geração da TA - (SOUTO E BORBA, 2016, 2018; BORBA, SOUTO E CANEDO Jr. 2022) que nasceu desse *diálogo.*

Teoria da Atividade e sua terceira geração

Na literatura a Teoria da Atividade tem sido apresentada com diferentes variações, ramificações, abordagens ou gerações que seguem a perspectiva do estudioso que a apresenta (SOUTO, 2013, P. 47). Para esta pesquisa utilizamos conceitos das gerações propostas por Engeström (1987), de forma particular a terceira, cuja representação é uma organização sistêmica no formato triangular, conforme representado na figura 1.

Figura 1 – Representação de um sistema de atividade



Fonte: a autora baseada em Engeström (1987)

São cinco os princípios que Engeström (1987) propõe para explicar a terceira geração dessa teoria. O primeiro deles é a unidade mínima de análise (figura 1), que é composta por seis elementos: artefatos, sujeitos, regras, comunidade, organização do trabalho e objeto. O segundo trata-se da historicidade do desenvolvimento dessa unidade mínima em termos locais e globais. Já o terceiro se refere a multiplicidade de vozes que ecoam durante todo o processo de aprendizagem, ou seja, o que e como os sujeitos expressam seus pensamentos. Com isso, é possível identificar as contradições internas (tensões, conflitos, dilemas) – quarto princípio. O último princípio é denominado transformações/aprendizagem expansiva.

Do ponto de vista analítico, uma das formas de se compreender os movimentos de aprendizagem, nessa unidade mínima de análise e considerando também os demais princípios são os ciclos de aprendizagem expansiva (Engeström, 1999). Eles foram idealizados com base em resultados de pesquisas da escola de Helsinque voltadas a situações de trabalho de

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

assistência médica domiciliar (Home Care). Mais tarde, passaram a ser empregados em estudo na área da Educação. De acordo com Souto (2013, p. 62) um ciclo de aprendizagem expansiva possui 7 estágios, a saber:

> 1.Questionamento - ato de questionar, criticar ou rejeitar alguns aspectos da prática corrente; 2. Análise da situação - envolve o olhar para situação criticada, questionada, a fim de se compreender seus diferentes aspectos; 3. Modelagem da nova situação - corresponde à construção de modelos que possam explicar e oferecer uma solução para a situação; 4. Escolha do melhor modelo - se refere à exploração das possibilidades e limitações dos modelos para o julgamento de um que pareça o melhor adequado para a situação; 5. Implementação do modelo escolhido - é o momento de concretizar a aplicação do modelo na prática; 6. Avaliação do modelo implementado - corresponde ao processo de reflexão e análise sobre as implicações da implementação do modelo; 7. Consolidação da prática - momento em que é possível observar o estabelecimento de fato da nova prática.

Em um ciclo de aprendizagem expansiva os movimentos devem ser considerados não lineares ou sequenciais. Ele pode durar meses ou anos e seu desenvolvimento completo nem sempre ocorre. Entretanto, ciclos que se desenvolvem em períodos menores de tempo também podem ser considerados como potencialmente expansivos. Apresentados, de forma sintética, os principais conceitos da terceira geração da TA passamos a uma breve explanação do construto seres-humanos-com-mídias.

O construto seres-humanos-com-mídias e sua visão epistemológica

O construto seres-humanos-com-mídias (Borba, 1999) tem uma visão epistemológica que subjaz questões culturais, sociais, emocionais e um *pensar com* que é transformador e não admite a separação entre seres humanos e tecnologias. A esse respeito, Borba, Souto e Canedo Jr. (2022, p. 65 - 66) destacam que existem distintos tipos de visões.

> [...] aquelas mais céticas que rechaçam a presença de qualquer tecnologia digital por considerarem que elas trazem prejuízos ao raciocínio e, portanto, nos tornam pessoas 'rasas'. [...] [outras] que admitem a presença dessas tecnologias, mas a veem de maneira conservadora, como meras ferramentas capazes de complementar ou até mesmo substituir o trabalho humano. [...] Por fim, estão as mais contemporâneas, que, diferentemente das demais, concebem as tecnologias como extensões do corpo humano, de nossos sentidos ou como algo dinâmico e fluído que é produzido com base em um pensamento coletivo que visa primeiramente a obtenção de experiência e efeito.

Assim, assumindo que atores humanos e não humanos (como as tecnologias) se constituem mutuamente é nessa última visão, mais contemporânea, que o construto S-H-C-M se situa. Ele considera o processo de produção de conhecimento como algo coletivo e complexo que extrapola o ser biológico e inclui, as tecnologias como agentes mobilizadores e influenciadores. Teóricos como Schultz e Wagner, 1970, Lévy (1993), Lave (1988); Wagner (1979), Latour (2001, 2020) são referências que fundamentam a não separação entre humanos e não humanos.

> Os hífens do construto seres-humanos-com-mídias são oriundos da Fenomenologia, em particular da Fenomenologia de Schultz, sintetizada por Wagner (1979). Nela, humanos são vistos como seres-no-mundo-com-os-outros. Na busca da superação

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

> entre realismo e idealismo a Fenomenologia propõe que nem o ser humano, nem o mundo vem primeiro. Eles não existem um sem o outro. O "Outro" pode ser um humano, ou não. Somos com coisas, com humanos, com outros seres vivos. Somos-com-mídias! É daí a origem das terminologias ser-humano-com-tecnologia, seres-humanos-tecnologias e aquela que se consolidou: seres-humanos-com-mídias (BORBA et. al, no prelo – tradução nossa).

São duas as noções centrais desse construto: a moldagem recíproca – humanos moldam (transformam) a tecnologia desenvolvida e, essa, por sua vez molda (transforma) humanos; a outra é a reorganização do pensamento – humanos e não humanos formam um pensamento coletivo que pensa junto. Conforme destacado anteriormente, do diálogo entre a TA e o S-H-C-M nasce uma possível nova perspectiva teórica que incialmente é resultado de pesquisas no âmbito da Educação Matemática, mas que podem ser referencia para qualquer área do conhecimento.

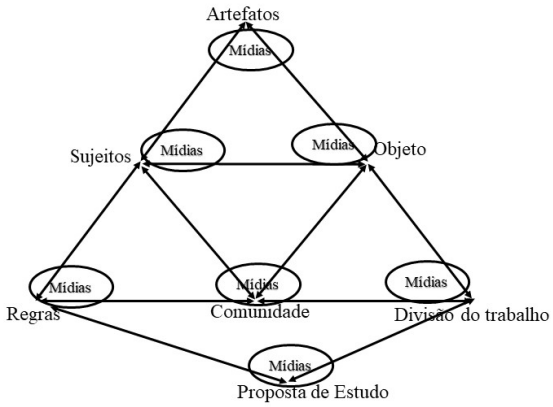
Nasce uma nova geração

As teorizações desse construto e *diálogo* com a Teoria da Atividade estão sistematizadas em pesquisas (e.g. SOUTO, 2013; SOUTO E ARAÚJO, 2013; SOUTO E BORBA 2016, 2018; CANEDO JR., 2021). Há, nelas, reinterpretações para o âmbito da Educação Matemática do princípio das transformações expansivas, ampliação do princípio de multivocalidade, *agency* de coletivos de atores humanos e não humanos, indicações do modo como a moldagem recíproca pode contribuir para a identificação do objeto da atividade, entre outras. Há também a proposição de uma ferramenta analítica pensada para questões que permeiam a aprendizagem em *salas de aula*.

No sistema proposto por Engeström (1987), representado na figura 1, os vértices dos triângulos separam seres-humanos (sujeitos) e coisas e mídias (artefatos), apesar de se admitir inter-relações entre eles. Essa característica da teoria da atividade, terceira geração, entra em contradição com o construto SHCM (BORBA *et. al.*, no prelo). A superação desta foi sistematizada por "triângulos com vértices dinâmicos", em que elementos se movimentam, trocam de lugar e/ou ocupam um mesmo lugar. Uma forma fluída, típica da plasticidade informática que encontramos apresentar esses movimento pode ser verificada no link: https://igce.rc.unesp.br/#!/pesquisa/gpimem---pesq-em-informatica-outras-midias-e-educacao-matematica/animacoes/triangulo-sannino--engestrom/ - (BORBA, SOUTO E CANEDO JR., 2022). Para a representação estática, típica da racionalidade na escrita, Souto (2013) propõe o diagrama da figura 2.

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

Figura 2 – Representação de um sistema de atividade S-H-C-M



Fonte: **Fonte**: Elaboração baseada em Souto (2013, p. 216)

No diagrama da figura 2 as mídias (ou tecnologias) aparecem em todos os elementos do sistema. O propósito, segundo a autora, é destacar que elas podem desempenhar qualquer papel de forma simultânea ou não. Além disso, Souto (2013) incluiu, como elemento de sistemas que serão utilizados para a compreensão de processos de aprendizagem em *salas de aula*, a proposta de estudo, por considerar que a mesma estava fragmentada no modelo da terceira geração dessa teoria.

Avançando no *diálogo* entre a teoria da atividade e o construto seres-humanos-com-mídias Galleguillos (2016); Cunha (2018); Domingues (2020) e Borba (2021) aprofundaram compreensões sobre o modo como a aprendizagem pode ocorrer em coletivos com um dado tipo de tecnologia digital. As pesquisas desses autores se apoiaram em questões relativas às manifestações discursivas de contradições internas e a formação de redes de sistemas de atividade. De acordo com Borba, et. al. (no prelo), quando redes de sistemas se formam, a multiplicidade de vozes ganha uma dimensão exponencial colocando em maior evidência crenças e valores sociais e culturais. Em relação às manifestações discursivas de contradições internas, são apontadas as formas como a relação dialética entre humanos e tecnologias provocam tensões, dilemas, conflitos, becos sem saída e duplo vínculo que geram contradições internas e culminam, em geral, em transformações/aprendizagem expansiva. Se aproximando das discussões e análises que faremos com os dados produzidos para este artigo.

A respeito da multivocalidade, Canedo Jr. (2021) *convida* a semiótica social para juntar-se ao *diálogo*, o que leva a uma reinterpretação desse princípio. O autor utiliza vídeos digitais e destaca que a *voz* de um vídeo desse tipo não é expressa apenas com a oralidade, mas também com os distintos modos semióticos utilizados (gestos, feições faciais, músicas, escrita, sons, imagens). Essa contribuição teórica assume que a visão epistemológica que permeia o construto humanos-com-mídias conduziu ao entendimento de que as tecnologias digitais utilizadas na produção de vídeos transformam a maneira como as múltiplas vozes que *ecoam* são ouvidas, compreendidas e produzem significados. Essas podem ser consideradas indicações que reforçam o conceito de *agency* das tecnologias digitais. Para Borba et. at. (no prelo – tradução nossa) o *agency* também está imbricado em outras teorizações.

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

> As noções de moldagem recíproca e de reorganização do pensamento deixam implícita a ideia de que as mídias têm *agency*. Embora na literatura o *agency* seja enfatizado como algo inerente aos seres humanos (e.g. BANDURA, 1989). Autores como Kaptelinin e Nardi (2006) admitem a possibilidade dos atores não humanos, inclusive seres não vivos, manifestarem *agency*. Ao encontro dessas ideias, Latour (2020) sugere que um vírus tem *agency*, [...]. É neste sentido que se pensarmos as gerações em termos de modelos de triângulos (ENGESTRÖM, 1999, ENGESTRÖM, 2001, ENGESTRÖM E SANNINO, 2010), tal visão dinâmica levaria a uma quarta geração [da Teoria da Atividade], conforme discutido em Souto e Borba (2016, 2018).

Para além desses conceitos, Souto (2013) propôs algumas perguntas que podem contribuir para a caracterização do objeto da atividade: o que se deseja estudar ou abordar? O que se está efetivamente estudando ou abordando? Como os sujeitos se mobilizaram em busca de superações e/ou caminhos alternativos nunca antes pensados por eles para solucionar uma dada situação? Por que eles se mobilizaram de tal forma? Outro conceito importante que a autora faz uma releitura é o das transformações/aprendizagem expansivas:

> [...] movimentações em um sistema de atividade coletiva em que seres humanos com tecnologias buscam, de forma crítica, um modo que não havia sido, em outras situações, pensado por eles para compreender e/ou reconstruir entendimentos sobre determinado problema ou conteúdo matemático (SOUTO, 2013, p. 234).

Essa que vem sendo considerada uma possível nova geração da TA também traz uma ferramenta analítica que pode tanto contribuir para o planejamento do ensino como para compreensões do processo de aprendizagem no momento em que ele ocorre. Me refiro aos miniciclones de transformações ou aprendizagem Expansiva. Distinto do que Engeström (1987) propõe nos ciclos, os miniciclones são apropriados para períodos curtos de tempo, com por exemplo, uma aula de quarenta ou cinquenta minutos. Isso não significa que eles não possam ser utilizados para analises mais longas. Eles possuem dois movimentos básicos: rotação e translação. O início de um miniciclone pode ser identificado nas inquietudes, buscas por formas distintas para o rompimento de padrões estáveis de produção de conhecimento matemática. Com o seu avanço os movimentos de rotação emergem com base em dilemas, tensões, conflitos que se refletem em quebras no planejamento do ensino, experimentações, simulações, análises de conjecturas e a própria moldagem recíproca. Paralelamente, os movimentos de translação também estão ocorrendo alicerçados, principalmente em elementos históricos, sociais, culturais e econômicos. De acordo com Borba, Souto e Canedo Ir. (2022, p. 100), o final de um miniciclone pode ser identificado quando a "construção de justificativa para uma solução produzida por conexões multimodais e intermídias que não haviam sido pensadas até então pelos sujeitos da atividade e que, com isso, resulte em novas formas de expressão do pensamento matemático." Apresentados os principais pilares dos referenciais teóricos, passo a discorrer sobre aos aspectos metodológicos da pesquisa.

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

ASPECTOS METODOLOGICOS DA PESQUISA

A coerência entre a fundamentação teórica, pressupostos metodológicos e a visão epistemológica do pesquisador é fortemente defendida pela comunidade científica (e.g. BORBA e ARAÚJO, 2013; BORBA, ALMEIDA E GRACIAS, 2018), como forma de dar credibilidade a pesquisas qualitativas como esta. A esse respeito, assumo a visão de que a aprendizagem é um processo coletivo, permeado por questões culturais, sociais, emocionais, históricas, econômicas, em que as mídias (ou tecnologias) são parte constitutiva tanto quanto atores humanos. Elas são "extensões do corpo humano, de nossos sentidos ou como algo dinâmico e fluido que é produzido com base em um pensamento coletivo que visa primeiramente a obtenção de experiência e efeito" (BORBA, SOUTO E CANEDO JR. 2022, p. 66).

Essa visão é se harmoniza com os referenciais anteriormente apresentados por não admitir dicotomia ou assimetrias entre atores humanos e não humanos. Além disso, se alinha com os aspectos metodológicos da pesquisa, uma vez que adotamos movimentos fluídos, sem perder o rigor científico, conforme sugerem Bogdan e Biklen (1994, p. 83):

> Em investigação qualitativa, uma das estratégias utilizadas baseia-se no pressuposto de muito pouco se sabe acerca das pessoas e ambientes que irão constituir o objeto de estudo. [...] Seria ambicioso, de sua parte, preestabelecer, rigorosamente, o método para executar o trabalho. Os planos evoluem à medida que se familiarizam com o ambiente, pessoas e outras fontes de dados, os quais são adquiridos através da observação directa.

A citação de Bogdan e Biklen (1994) reflete os movimentos da pesquisa. Não era possível, na escrita da proposta de pesquisa, prever com exatidão cada procedimento, instrumento de produção de dados, assim como também não se tinha clareza dos diferentes contextos de produção de dados e outros aspectos metodológicos. Entretanto, esses autores destacam, no final da citação, que a observação direta ou observação participante é fundamental para se adquirir clareza em relação à metodologia da pesquisa. Foi exatamente por esse procedimento que iniciou um processo mais refinado da pesquisa.

Para este artigo é importante destacar que os participantes foram futuros professores (formação inicial) do curso de Licenciatura em Matemática da Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT nos anos de 2016 e 2021. Professores que atuam na Educação Básica da rede pública do Estado de Mato Grosso e também em instituições de Ensino Superior (formação continuada) nos anos de 2017 e 2019. No primeiro grupo os dados foram produzidos na disciplina de TICs e Educação Matemática que teve dois modelos de desenvolvimento: presencial e on-line. No caso do segundo grupo os dados foram produzidos em curso de extensão e também nas disciplinas de Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências, Matemática e, Educação a distância on-line (ambos do PPGECM/UNEMAT), Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação Matemática e Científica (REAMEC/polo UFMT) desenvolvidas nos programas de *Stricto Sensu* também nos modelos presencial e on-line. Assim, a pesquisa teve mais do que o chão da escola como ambiente natural, ela teve, pelo menos três ambientes virtuais de aprendizagem: moodle, google for education (google meet e outros) e o discord. Além de interações em grupos de whastapp. Destaca-se que nos excertos professora e

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

pesquisadora são a mesma pessoa, ou seja, a autora deste artigo e coordenadora da pesquisa macro.

Conforme destacado anteriormente, um dos procedimentos e instrumentos de produção de dados da pesquisa foi a observação participante com notas de campo. Além dela, tivemos entrevistas, chats e fóruns de discussão. O processo de análise dos dados ocorreu simultaneamente à sua produção. À medida que os dados eram produzidos fazia-se análises com impressões iniciais seguido do arquivamento em pastas nomeadas de forma a favorecer o processo de indução analítica (POUPART *et. al.* 2010; FERENHOF, 2018) que utilizamos. Sendo que os demais procedimentos analíticos foram adaptados de (FERENHOF, 2018): ler, reler e registrar insights iniciais sobre os dados; manter registros de intuições, interpretações, inferências e ideias; procurar por temas emergentes; desenvolver conceitos e proposições; fundamentar-se na literatura e nos pressupostos teóricos; representar ideias e insights em diagramas e ou outras imagens; organizar os dados por temas com base em códigos; agrupar os temas gerando categorias; comparar dados e refinar a análise. Para este artigo apresentamos uma das categorias encontradas: *Professorar* com Tecnologias Digitais na produção de cartoons matemáticos digitais.

Metodologicamente, para minimizar possíveis vieses da pesquisa, realizamos a triangulação de fontes e de dados (LINCOLN E GUBA, 1985; GOLDENBERG, 2007). Para esses autores esse procedimento torna-se fundamental em pesquisas qualitativas como esta, pois contribuiu para que seja possível abranger uma amplitude maior possível na descrição, explicação e compreensão do fenômeno.

PROFESSORAR COM TECNOLOGIAS DIGITAIS NA PRODUÇÃO DE CARTOONS MATEMÁTICOS DIGITAIS

O título desta seção em que apresentamos, discutimos e analisamos os dados representa o recorte (categoria de análise) analítico que escolhemos para este artigo. O termo *Professorar* não foi escolhido ao acaso, ele vem do próprio diálogo com literatura, previsto nos aspectos metodológicos da pesquisa. Silva (2006) sugere a ideia de *professorar on-line* para discutir, no início do surgimento de cursos nessa modalidade, o modo como vários atores humanos (professores, tutores, equipe multidisciplinar) deveriam compor um coletivo para que as aulas em ambientes virtuais de aprendizagem fossem mais interativas e, com isso, pudessem contribuir com a aprendizagem. A inspiração nessa ideia em conjunto com os dados analisados levou a uma ampliação do próprio conceito, à medida que a visão epistemológica já apresentada permite esse alargamento. Dito de outra forma, *Professorar* com tecnologias pressupõe sim um trabalho coletivo que envolve na mesma proporção atores não humanos e experimenta tensões, dilemas, conflitos, superações e transformações na aprendizagem.

Ao iniciar o trabalho de produção de Cartoons Matemáticos com Tecnologias Digitais a professora, em qualquer que fosse a sala de aula (no chão da escola/universidade; on-line ou híbrida), procurava conhecer o contexto social, cultural, econômico em que estava atuando, assim como identificar que os alunos sobre como produzir vídeos. Embora os vídeos do tipo cartoons tenham especificidades em relação aos do tipo *screencasts* (captura de imagens da ecrã do computador ou os *vocasts* (captura de imagens direto de uma câmera como as dos celulares),

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

essa compreensão é importante para que o planejamento do ensino fosse elaborado de modo a provocar o surgimento de miniciclones e fomentar movimentos expansivos que pudessem culminar na aprendizagem (Souto e Borba, 2016, 2018). Nos excertos a seguir é possível verificar como professora busca tais entendimentos durante uma interação no ambiente discord no ano de 2021.

> **Professora**: *E sobre os vídeos, falem um pouco mais como era antes da pandemia. Os professores produziam? Vocês produziam? Ou apenas utilizavam os disponíveis na internet? (fórum de discussão – ambiente discord - 01/10/2021)*
> **Professora em formação inicial1**: *Teve uma professora minha que passou um trabalho onde tínhamos que gravar um vídeo explicando um conteúdo. Tínhamos que procurar um cenário que tivesse haver com o nosso conteúdo. O trabalho foi bem legal. Passamos muita raiva kkkkkk. Mas no final deu certo. Gravamos pelo celular mesmo e depois baixamos um aplicativo onde juntamos todos os vídeos. Deu até para colocar uma música de fundo (fórum de discussão – ambiente discord - 01/10/2021)*
> **Professora em formação inicial2**: *Sobre os vídeos. Alguns professores produziam sim e deixavam disponíveis no sagu [plataforma moodle], ou indicavam vídeos no youtube. Eu como aluna, gravei vídeos poucas vezes, acho que só umas duas vezes, mas sentia muita dificuldade kkkk. Agora, com a prática online, já é super tranquilo. (fórum de discussão – ambiente discord - 01/10/2021)*

Os excertos com os comentários das professoras em formação inicial 1 e 2 exemplificam um fenômeno observado nas diferentes *salas de aula* que a pesquisa foi desenvolvida. No início, apesar de algumas afirmações como: *passamos muita raiva; sentia muita dificuldade*, que segundo quarta geração a teoria da atividade (BORBA, SOUTO E CANEDO Jr. 2022) poderiam ser fontes de tensões, aparentemente estavam superadas. As afirmações: *mas no final deu tudo certo, deu até para colocar uma música, agora [...] já é super tranquilo*, sugerem que os participantes tinham conhecimento sobre o processo de produção de vídeos e as tecnologias digitais utilizadas, por já terem experiências em outras disciplinas.

Com esses elementos, em alguns casos, o planejamento inicial teve o que ser modificado, ou seja, houve a necessidade do que Hardman (2007) e Souto (2103, 2014) chamam de *quebras e script* (como, por exemplo, a troca de aplicativos e softwares) para que os miniciclones de aprendizagem expansiva se formassem e se desenvolvessem. Assim, com o avanço do trabalho dos vídeos do tipo cartoons matemáticos digitais é possível observar as primeiras tensões, ainda que tímidas na maioria das vezes.

> **Professora em formação inicial3**: *Professora cartoon é bem trabalhoso. (chat – ambiente discord - 05/11/2021)*
> **Professora em formação inicial4**: *criamos o roteiro, falaremos sobre a educação financeira, a ideia é trabalhar com os anos iniciais, falaremos sobre o dinheiro, o tamanho das cédulas e as moedas. queria até tirar uma dúvida, a primeira situação estamos falando de onde vem o dinheiro, e a segunda queremos falar sobre as moedas/cédulas, mas tô achando que é melhor inverter, o que a senhora acha? (chat – ambiente discord - 01/10/2021)*

Ao afirmar que produzir um cartoon matemático digital é algo *bem trabalhoso*, a professora em formação inicial3 pode estar indicando que seu conhecimento sobre tecnologias para produzir outros tipos de vídeos não é a mesma para esse tipo específico. Na sequência, o

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

excerto a professora em formação inicial4, com destaque *quero até tirar uma dúvida*, pode ser interpretada como uma manifestação discursiva sugestiva de que a um miniciclone está iniciando. Isso porque inquietações, dúvidas, questionamentos são característicos desse momento inicial (BORBA, SOUTO E CANEDO, JR. 2022). No caso, em análise a construção do roteiro teve o papel desencadeador do processo de aprendizagem expansiva.

Entretanto, verifica-se que há busca por uma certa forma de legitimação da professora: *o que a senhora acha?* Quando esse tipo de indagação é feito, recomenda-se que não se forneça respostas prontas com caminhos fechados. Pois, se isso ocorrer pode contribuir para o fortalecimento de padrões de produção de conhecimento matemático estáveis e, com isso interromper o miniciclone em formação (SOUTO E BORBA, 2016, 2018). Na resposta da professora, apresentada a seguir, observa-se o esforço para estimular o trabalho e ao mesmo tempo romper com crenças reprodutivas ou práticas *encapsuladas* muitas vezes arraigadas.

> **Professora da disciplina***: Gostei ...E se vocês aprofundassem em uma situação? Essa primeira situação, por exemplo, quando o personagem pergunta se o banco dá pra sacar muito dinheiro daria, por exemplo, para relacionar com o salário mínimo e os custos de uma família de 2 ou 3 pessoas. Mas, se quiserem manter as duas situações também não tem problema. Percebi que no final da primeira situação o personagem diz que queria saber a diferença entre moedinhas e cédulas de papel. É isso mesmo? Ou Vocês vão discutir as diferenças entres as moedas de cada país? Como as situações são independentes vocês podem montar as duas e depois verificar qual ordem é melhor. Se forem aprofundar sobre a moeda de cada país, poderiam focar na relação entre o real e o dólar e a alta na inflação que estamos vivenciando, alta de combustíveis, etc. (chat – ambiente discord - 01/10/2021)*

Na situação destacada nos dois excertos anteriores observa-se que o dilema apresentado pela professora em formação inicial4 não foi solucionado pela professora da disciplina. Ao apontar diferentes caminhos e deixar livre a escolha verifica-se a tentativa de alavancar os miniciclones de aprendizagens expansivas. Sugerir várias possibilidades de solução, gerar novos questionamentos, provocando tensões, dilemas e conflitos é uma forma de dar movimentos à aprendizagem. Aprendizes, quaisquer que sejam, devem se sentir estimulados a produzir *o que não está ali* (ENGESTRÖM, 2001; SOUTO, 2013, 2014). Isso implica em afirmar que buscar o novo é uma forma de colocar os miniciclones em movimento de modo que possam culminar em uma aprendizagem expansiva.

Os excertos apresentados até aqui foram produzidos durante a pandemia da COVID-19 com aulas em ambientes totalmente on-line, como por exemplo, o discord. Entretanto, independentemente do tipo de sala de aula (presencial ou on-line) os movimentos de aprendizagem expansiva se assemelham. Ou seja, tensões, dilemas e conflitos também ocorrem embora provocados por outros fatores e/ou elementos. A seguir são apresentados dados de uma entrevista e foram produzidos com base no trabalho desenvolvido em 2016 em uma turma de licenciandos em matemática no modelo presencial.

> **Professora em formação inicial5:** *A primeira vez que eu produzi um Cartoon foi em 2016, na disciplina de TICs, foi novo e diferente [...] A principais dificuldades foram em relação aos softwares, que eu não tinha muito conhecimento [...] Acredito que isso*

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

seja consequência de sempre morar na zona rural, estudar em escola [na educação básica] do campo. (Entrevista 19/09/2022).
Pesquisadora*: Naquela época lembro que não tinha nenhum tutorial ou receita na Internet sobre como fazer um cartoon, né? (Entrevista 19/09/2022)*
Professora em formação inicial5: *Isso, foi difícil escolher a tecnologia. O mais perfeito em edição era o Camtasia, mas, era pago. O power point era bem limitado...[...] tutoriais não tinham, foi algo novo. (Entrevista 19/09/2022)*

O diálogo durante a entrevista entre a pesquisadora e a professora em formação incial5 sugere duas situações pertinentes para se analisar, quais sejam: a falta de fluência com tecnologias digitais (OLIVEIRA E MARCELINO, 2015) e a não disponibilidade de *receitas* sobre como fazer um cartoom matemático digital. Ter fluência, segundo esses autores, significa ter domínio sobre o funcionamento da tecnologia em uso. Em outras palavras, implica em conhecer as possibilidades e restrições que ela possui a tal ponto que se saiba trabalhar com ela. Quando a professora em formação incial5 afirma que *não tinha muito conhecimento* está indicando a sua não fluência com as tecnologias utilizadas na produção de cartoons matemáticos digitais. Isso pode reduzir o processo de reorganização do pensamento matemático baseado em interações com tecnologias digitais, visto que ele é recorrente e, de acordo com Souto (2015), pode ser potencializado quando os sujeitos possuem fluência sobre a tecnologia em uso.

Não ter fluência com uma dada tecnologia, é um elemento muito forte e paradoxal, pois também pode ser positivo se o considerarmos como gerador de tensões em um miniclone de aprendizagem expansiva. Isso porque tensões são recorrentes entre os elementos do sistema de atividade e algo novo (SOARES E SOUTO, 2014). Essas autoras explicam que "como as atividades são sistemas abertos, a introdução de um novo elemento, como por exemplo, um novo instrumento [tecnologia], pode provocar contradições [tensões] no sistema, que, por sua vez, podem impulsionar o sistema para uma mudança" (SOARES E SOUTO, 2014, p. 54).

Outra análise dos excertos anteriores da professora em formação inicial5 se refere a não disponibilidade de *receitas* sobre como fazer um cartoom matemático digital. A esse respeito Soares e Souto (2014) afirmam que um tipo de tensão que pode ocorrer é entre as possíveis ações que formam o objeto do sistema de atividade, principalmente entre algo novo que é proposto e algo que é padrão dominante. Historicamente o padrão dominante ou usual de produção de conhecimento matemático é baseado em ações mecânicas, de repetição, de seguir um passo a passo. Assim, quando não sem tem uma *receita* para reproduzir e, algo desconhecido precisa ser pensado, planejado, discutido, enfim, construído sem nenhum tipo de modelo é, em geral, considerado algo difícil, principalmente, porque o pensamento é organizado, desorganizado e reorganizado várias vezes neste processo. Ou seja, no início do trabalho identifica-se duas fontes de tensões, as quais podem indicar que um miniciclone está em formação como movimentos de rotação (não fluência) e ao mesmo tempo movimentos de translação (padrão historicamente dominante de produção matemática). Rotações (movimentos que ocorrem dentro do sistema de atividade seres-humanos-com-mídias) também foram observadas em outras situações, como a apresentada na sequência. O cartoon matemático digital em discussão aqui, e ilustrado na figura 3, é denominado pelos autores de *A divisão perfeita* e pode ser acessado no seguinte link: https://www.youtube.com/watch?v=dqw2izXZiEA.

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

Figura 3 – Imagem do cartoom: A divisão perfeita

Fonte: a autora, 2022.

> **Pesquisadora:** *Eu lembro que vocês transformaram um conto de Malba Tahan, (qual era mesmo?) em um cartoon. Lembro também que em uma das versões que vocês me apresentaram tinha apenas o problema e a reposta final. Mas, não tinha a virada com a resposta da matemática formal e aí, eu pedi para vocês fazerem. Lembro que a resposta não estava no livro e nem na internet. Como foi o processo para resolver essa situação? (Entrevista 19/09/2022)*

O termo virada que está grifado no excerto da pesquisadora se refere a um dos quesitos fundamentais na escrita do roteiro de um cartoon matemático digital, e talvez, o mais importante para a aprendizagem do conteúdo. Isso porque é nela que o algoritmo, a explicação, a argumentação matemática precisam ser expressos de maneira clara e formal.

No caso do conto de Malba Tahan utilizado a princípio verifica-se que houve uma tentativa de reprodução/adaptação, ou seja, o minicilone poderia estar na eminência de ficar estagnado. Entretanto, a professora, na tentativa de não deixar isso acontecer, chama a atenção para a necessidade de se explicar como se chegou ao resultado final. Fato que gerou dúvidas, incertezas, dilemas e conflitos e, conforme registrado em notas de campo da época, contribuíram para o avanço do miniciclone. Mais uma vez observa-se que não ter respostas prontas ou modelos a seguir é fundamental para que movimentos em direção a aprendizagem expansiva ocorram conforme já Souto e Borba (2016) discutem.

> **Professora em formação inicial5:** *Eu lembro, que eu e o professor em formação incial6 [colega de turma que fez o trabalho com ela] dividimos em partes, eu ia desenhar criar imagens da história, uma adaptação em vez de camelos, cavalos... Ele a parte da matemática... A primeira versão faltava a virada... Eu tive muita dificuldade em entender a mágica [explica matematicamente todo o processo de solução do problema até o resultado final] que acontecia por traz. E por que sobrava um cavalo (camelo). (Entrevista 19/09/2022)*

No comentário anterior há indicativos de que houve uma quebra de script (na organização do trabalho) pelos professores em formação inicial. A proposta da professora era um trabalho coletivo e colaborativo em duplas, que gerasse discussões, choque de opiniões, etc. Isso porque esse tipo de organização contribui para que tensões surjam e com ela a necessidade de superação. Constituindo, portanto, um dos fatores principais para que os miniciclones avancem.

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

Os professores em formação inicial, neste caso, mantiveram a regra do trabalho em duplas, mas corromperam o que havia sido proposto para a organização do trabalho. A esse respeito se recomenda ao professor fique atento para ter *insigths* de como lidar com esse tipo de situação eventualmente possa surgir durante o trabalho em aula e, com isso, se possa garantir a continuidade dos miniciclones. Foi o que ocorreu neste caso, ao perceber que o trabalho havia sido dividido e direcionado para um formato mais *individualizado* a professora percebeu que uma possibilidade de alavancar os miniciclones seria nos momentos em que as duplas teriam que trabalhar juntas em sala de aula.

Assim, a suposta divisão foi quebrada, pelo menos naqueles momentos e, tensões foram geradas. Neste caso em análise, o fator desencadeador foi a argumentação matemática que deveria ser utilizada para mostrar que o resultado do conto estava correto. Na época, no livro não havia essa informação, assim como também, esses professores em formação inicial não encontraram respostas na internet (pelo menos não em sala de aula).

> **Pesquisadora:** *Como vocês desvendaram essa mágica? Lembro que nas aulas discutimos muito sobre isso. Vocês criaram alguns modelos e depois de algumas aulas apresentaram uma solução plausível. Como foi a construção dessa solução fora da sala de aula? Tu lembra? Teve internet ou outras tecnologias? Teve outros atores humanos? (Entrevista 19/09/2022)*
> **Professora em formação inicial5:** *A professora da disciplina e vídeos no youtube. (Entrevista 19/09/2022)*

Para complementar os dados analisados nos dois excertos anteriores consultei minhas notas de campo registradas durante a observação participante. Identifiquei que foram várias aulas discutindo a virada, ou seja, a explicação matemática. Sempre na tentativa de provocar movimentos no miniciclone, gerando tensões, experimentações, reorganização do pensamento. Até que uma dada aula eles chegaram com a resposta. E agora, ao perguntar à professora em formação inicial5 *como foi essa construção fora da sala de alua?* O Youtube aparece como o grande protagonista, compartilhando o mesmo objeto da atividade. O que o desloca da condição de artefato para comunidade (SOUTO E BORBA, 2018).

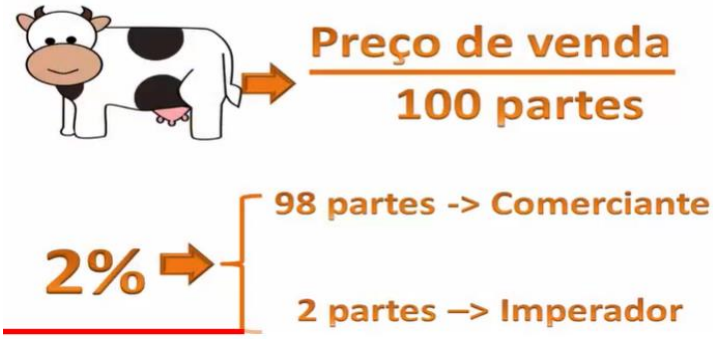
Na formação continuada não foi deferente, professores em serviço entrevistados algum tempo depois de terem produzidos seus cartoons relatam movimentos expansivos. O excerto a seguir é um exemplo do trabalho desenvolvido na modalidade presencial.

> **Professor em serviço1**: *A primeira vez que eu produzi um cartoon foi na disciplina Tecnologias Digitais no Ensino de Ciências e Matemática, ofertada no mestrado [2017]. Sinceramente eu achei muito difícil, tive que pesquisar muito, dedicar uma grande quantidade de horas para conseguir chegar ao resultado final. Embora eu não tivesse dificuldade em utilizar as tecnologias digitais [Professor do Curso de Ciência da Computação]. [...] Realizei várias buscas na internet sobre a história da porcentagem e as diferentes formas de calculá-la.[...] A etapa [desenhar o cenário e os personagens] também foi difícil, eu tentei muitas possibilidades, com vários softwares, mas não estava gostando do resultado. Novamente recorri à internet e encontrei o OpenToonz, um software destinado à produção de animações. [...] tive que recorrer ao Youtube e assistir vários vídeos sobre como utilizá-lo. (entrevista em 20/09/2022) –*

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

O cartoon matemático digital em discussão aqui, é ilustrado na figura 4, e denominado pelo autor de *Aprendendo porcentagem com a Vó Irene* e pode ser acessado no seguinte link: https://www.youtube.com/watch?v=B9AEhi5aKSg&t=159s.

Figura 4 – Imagem do cartoom: Aprendendo porcentagem com a Vó Irene



Fonte: a autora, 2022.

O professor em serviço1 apesar de ter fluência com tecnologias digitais, por ser formado em ciência da computação e atuar como docente no mesmo curso relata, cinco anos depois, as tensões vivenciadas e como fez para superá-las. Relembrar após esse período de tempo pode ser um indicativo de que a aprendizagem que ocorreu na época foi expansiva. Isso porque não houve esquecimento como ocorre, em geral, em tarefas mecânicas ou de repetição.

Afirmações como: *achei muito difícil*, *tive que pesquisar muito, não estava gostando resultado*, sugerem que, assim como na formação inicial, os professores em serviço também experimentaram dúvidas, inquietudes, autocríticas que provocaram tensões, dilemas e conflitos. Para superar essas tensões e outras como, por exemplo, aprender a utilizar o software o professor buscou respostas em sites da internet e na plataforma Youtube. Esse movimento analisado com as lentes do sistema seres-humanos-com-mídias coloca a internet no papel de comunidade sem deixar de exercer o papel de artefato. Souto e Borba (2016, p. 235) explicam:

> Isso porque um dos papéis da comunidade é situar o sistema dentro do contexto sociocultural daqueles que compartilham o mesmo objeto (Engeström, 1999). Além disso, também é função da comunidade mediar as relações entre os sujeitos e o objeto da atividade. [...] É oportuno observar que a relação dos sujeitos com a comunidade, segundo a teoria da atividade, é mediada pelas regras. Por outro ângulo de análise, temos que considerar ainda a existência de uma relação entre comunidade e objeto que é mediada pela divisão ou organização do trabalho como preferimos nos referir.

Apesar de o objeto da atividade ser algo complexo de ser descrito em sua totalidade é possível, apoiar-se em Kaptelinin (2005, p. 17), "o objeto da atividade é determinado por todos os motivos efetivos", inferir que uma aproximação de suas características, naquele instante da atividade relatado pelo professor em serviço1 era: *produzir um cartoon matemático digital com tecnologias ainda não conhecidas.* O que leva a interpretação de que que a internet mediou a relação dos sujeitos com o objeto. Com isso, verifica-se que a internet no papel de comunidade também trouxe para o sistema o rompimento de regras e convenções sociais que ainda hoje são

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

arraigadas, como por exemplo, a não necessidade de esperar respostas prontas do professor (autonomia do aluno). Essa mudança de regras levou a transformações nas formas de organização do trabalho, pois os *feedbacks* dados pela internet, especificamente pelo Youtube, fizeram com que o trabalho pudesse ser realizado em outros espaços e tempo que não os da sala de aula propriamente dita.

Outro exemplo na formação continuada, no modelo presencial, que reafirma movimentos em direção à aprendizagem expansiva é de um professor pedagogo que produziu seu cartoon matemático digital em 2019 em parceria com outro colega da turma.

> **Professor em serviço2**: *No primeiro instante, acreditei ser incapaz de produzir algo que representasse de fato e tomasse forma de destaque dando sentido aos aspectos do ensino de matemática sobre qual fui desafiado a fazer. Tudo ocorreu dentro de um cenário de tentativa com acertos e erros, já que na prática era um desafio a mais, considerando isso como nossa primeira experiência com este tipo de produção. (entrevista em 19/09/2022)*

Provocar os aprendizes a *buscar o que não está ali*, essa é a ideia central da aprendizagem expansiva (ENGESTRÖM, 1987). No excerto do professor em serviço2 as expressões *fui desafiado, tudo ocorreu dentro de um cenário de tentativa com acertos e erros, primeira experiência com este tipo de produção* são indicativos de que produzir um cartoon matemático digital era algo novo, não usual, ou seja, não estava ali.

Esses destaques também podem ser considerados indicativos de que houve desestabilizações no sistema de atividade com movimentos de reorganização do pensamento e moldagem recíproca. A cada ação de tentativa em encontrar a solução que culmine em um erro, por exemplo, provoca reorganizações do pensamento (Tikhomirov, 1981), o que pode desencadear o processo de moldagem recíproca. A esse respeito Souto e Borba (2018) afirmam que a reorganização do pensamento é condicionada às possibilidades que a tecnologia utilizada oferece e, por isso, ela ocorre a cada experimentação, simulação, tentativa e erro, assim como também pode levar à moldagem recíproca.

REFLEXÕES FINAIS

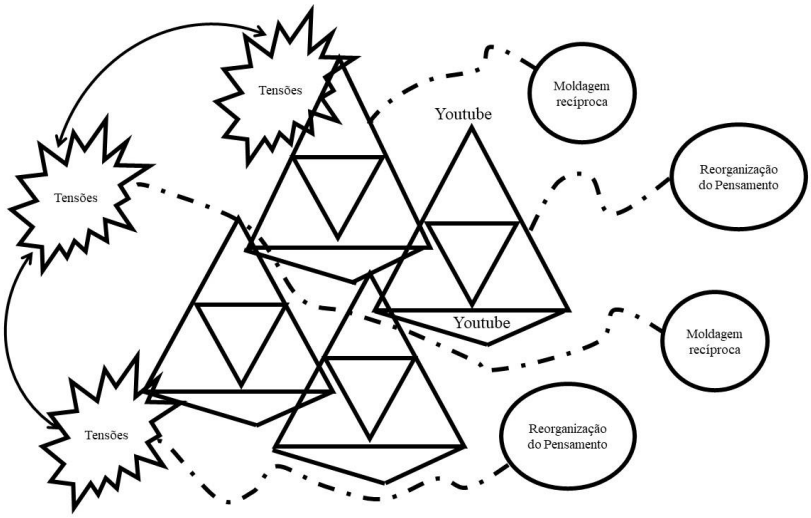
Nesse espaço, reservado para reflexões finais, estão sistematizadas as compreensões sobre a forma como ocorreu a aprendizagem no âmbito da formação inicial e continuada de professores durante o processo de produção de cartoons matemáticos digitais. Para tanto, foi utilizada a ferramenta analítica denominada miniciclone de transformações ou aprendizagem expansiva. Ela propiciou a descrição do processo de aprendizagem com riqueza de detalhes e, juntamente com as ideias do sistema de atividade seres-humanos-com-mídias favoreceu tais compreensões.

Os dados analisados apresentam dois tipos de público que participaram da pesquisa: professores em formação inicial e professores em serviço. Eles possuem características muito próprias seja em relação ao conhecimento matemático ou saber usar tecnologias digitais. Além disso, os recortes nos excertos se passaram em diferentes modelos de salas de aula (presencial e online) e, em períodos históricos distintos que tinham tecnologias múltiplas. Apesar de toda essa diversidade, verifica-se que os movimentos de aprendizagem expansiva tiveram traços

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

comuns. É com base neles que construí o diagrama da figura 5, o qual explico na sequência para a mostrar como o objetivo deste artigo foi alcançado.

Figura 4 – Diagrama representativo dos movimentos de aprendizagem



Fonte: Elaboração própria.

No início do trabalho a formação de miniciclones era tímida, a preocupação estava direcionada para se conhecer o contexto social, cultural, econômico dos aprendizes, assim como também identificar o que eles sabiam em relação à produção de vídeos. Naquele momento, foi possível observar que as tecnologias utilizadas na produção dos vídeos do tipo cartoons matemáticos digitais ocupavam o lugar considerado *natural* à luz do referencial teórico, ou seja, o de artefatos, o qual localiza-se, na figura 5, no vértice superior nas representações triangulares.

As primeiras pistas de que um miniciclone estava se formando, em geral, são observadas nas tensões, assim como também o seu desenvolvimento. Por este motivo, a colocação delas na lateral da imagem da figura 5, não é ao acaso. O propósito é enfatizar que tensões permeiam todo o processo de aprendizagem e podem emergir em decorrência de diferentes motivações. Nos dados analisados se verificou, por exemplo, que elas podem surgir com uma dúvida em relação ao roteiro, pelo uso que os sujeitos fazem (ou não) de uma dada tecnologia, pela introdução de algo novo na proposta de ensino, que pode ser tanto uma regra, um instrumento ou uma nova forma de divisão do trabalho. Em síntese, elas podem ser causadas quando os procedimentos que são usuais em um dado contexto passam de um nível mecânico ou automatizado, para a necessidade de se pensar o como fazer.

Em meio a tensões, conflitos e dilemas se observa que há estímulos para que reorganizações do pensamento ocorram e com elas moldagem recíproca. Ambos representados na lateral direita da figura com ligações diretas tanto nos sistemas, como nas tensões. As quais provocaram movimentos de rotação (não fluência com tecnologias digitais) e de translação (padrão historicamente dominante de produção matemática). Fator gerador de tensões, e consequentemente de avanços no miniciclone, neste caso, foi não ter respostas prontas ou modelos a seguir.

À medida que as tensões eram superadas, os dados analisados sugerem que há movimentos nas posições dos elementos que compõem um sistema. Foi verificado, por

REMATEC, Belém (PA), v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., *e*-ISSN: 2675-1909, 2022
DOI: 10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454

exemplo, que a internet e suas plataformas como o youtube passam a ocupar a condição de comunidade, sem deixar de ser artefatos. Isso pode ser observado no diagrama triangular localizado mais à direita na figura 5. Quando a internet passou a desempenhar também o papel de comunidade houve uma ampliação da multivocalidade do sistema. Isso porque ele passou a ser influenciado não apenas por aqueles que fazem parte dele, mas também pelas múltiplas vozes daqueles que são externos, mas que de algum modo se relacionam com ele. Além disso, quando se trata do uso de vídeos, com os do youtube utilizados pelos participantes, podemos considerar que a multivocalidade também passou a ser expressa por gestos, feições faciais, músicas, escrita, sons, imagens. A construção de uma página na internet ou de vídeos postados em uma plataforma como o youtube carrega diferentes pontos de vista, valores morais e éticos, histórias, convenções, posicionamentos, de seus idealizadores e, na medida em que são fontes de consulta, influenciam com todos esses aspectos os elementos do sistema. Com isso é possível que haja uma potencialização nos movimentos expansivos nos minciclones de aprendizagem ou paradoxalmente levar à uma estagnação.

Por fim, considero que o processo de aprendizagem expansiva com Cartoons Matemáticos Digitais em *salas de aula*, suas tensões, dilemas, conflitos, superações e transformações não é algo particular de um determinado público, ou tecnologia, ou período histórico. Os dados analisados indicaram que para se compreender a aprendizagem é desejável que se tenha uma proposta de estudo com objetivos de ensino definidos e que se conheça os aprendizes: o contexto que estão inseridos, as tecnologias não usuais, os de padrões de produção do conhecimento. Todos esses elementos podem possibilitar o planejamento do ensino de modo que se favoreça aos aprendizes a chegada à uma aprendizagem expansiva. Sendo que isso não requer nenhum tipo de instrumento avaliativo como uma prova, por exemplo. Ao contrário, é possível observar os movimentos de aprendizagem expansiva no instante em que ocorrem, até mesmo em pequenas ações, gestos, expressões ou no silêncio de uma reorganização do pensamento que não é compartilhada, mas que pode ser observada nas fixações de olhares sobre o objeto de estudo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos participantes da pesquisa e aos membros do grupo GEPETD/UNEMAT que contribuíram para o desenvolvimento desse estudo. O presente trabalho foi realizado com apoio da Fundação de Apoio à Pesquisa de Mato Grosso – FAPEMAT.

REFERÊNCIAS

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

BORBA, M. C. Tecnologias Informáticas na Educação Matemática e Reorganização do Pensamento. In: BICUDO, M. A. V.; **Pesquisa em Educação Matemática:** Concepções e Perspectivas. São Paulo: Editora UNESP, 1999.

BORBA, M. C. **The future of mathematics education since COVID-19:** humans-with-media or humans-with-non-living-things. Educational Studies in Mathematics, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s10649-021-10043-2. Acesso em 01 set 2022.

BORBA, M. C.; VILLARREAL, M. E. **Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking: information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization.** New York: Springer, 2005.

BORBA, M. C.; ARAÚJO, J. L. (Orgs.) **Pesquisa Qualitativa em Educação Matemática.** Belo Horizonte: Autêntica, 2013.

BORBA, M. C.; ALMEIDA, H. R. F. L.; GRACIAS, T. A. S. **Pesquisa em ensino e sala de aula:** diferentes vozes de uma investigação. Belo Horizonte, Autêntica, 2018.

BORBA, M. C.; SOUTO, D. L. P.; CUNHA, F. T.; DOMINGUES, N. Humans-with-media: Twenty years of a theoretical construct in mathematics education. In: PEPIN, B; GEUDET, G.; CHOPPIN, J. (Eds.) **Handbook of Digital Resources in Mathematics Education.** Springer, no prelo.

BORBA, M. C., SOUTO, D. L. P., CANEDO JR, N. R. **Vídeos na Educação Matemática:** Paulo Freire e a quinta fase das tecnologias digitais. Belo Horizonte: Autêntica, 2022.

BANDURA, A. **Human Agency in Social Cognitive Theory**. American Psychologist, p. 1175-1184, 1989.

CANEDO JR, N. R. **A participação do vídeo digital nas práticas de modelagem quando o problema é proposto com essa mídia.** 2021. 194f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013. Disponível em: https://igce.rc.unesp.br/#!/pesquisa/gpimem---pesq-em-informatica-outras-midias-e-educacao-matematica/material-gpimem/teste/. Acesso em: 20 set. 2022.

CUNHA, J. F. T. **Blended learning e multimodalidade na formação continuada de professores para o ensino de Matemática**. 2018, 106f. Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado de Mato Grosso, Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática, Barra do Bugres, 2019. Disponível em: http://portal.unemat.br/?pg=site&i=ppgecm&m=dissertacoes. Acesso em: 15 set. 2022.

D'AMBROSIO, U. Um enfoque transdisciplinar à educação e à história da matemática. In: BICUDO, M. A. V.; BORBA, M. C. (Org.) **Educação Matemática:** pesquisa em movimento. São Paulo: Cortez, p.13-29, 2005.

DAVIDOV, V. V. The Content and Unsolved Problems of Activity Theory. In: **2º Congresso International sobre Teoria da Atividade**. Lahti, Finlândia, 1990,

DOMINGUES, N. S. **Festival de Vídeos Digitais e Educação Matemática**: Uma complexa rede de sistemas seres humanos -com -mídias. 2020, 279f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2020. Disponível em: https://igce.rc.unesp.br/#!/pesquisa/gpimem---pesq-em-informatica-outras-midias-e-educacao-matematica/material-gpimem/teste/. Acesso em: 20 set. 2022.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by expanding:** an activity-theoretical approach to developmental research. 1987 (Helsinki, Orienta-Konsultit). Disponível em: https://lchc.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/toc.htm. Acesso em: 25 set. 2022.

ENGESTRÖM, Y. Activity theory and individual and social transformation**.** **Multidisciplinary Newsletter for Activity Theory**, v. 7, n. 8, p. 14-15, 1991.

ENGESTRÖM, Y. **Learning by expanding:** ten years after. 1999. Disponível em: https://lchc.ucsd.edu/MCA/Paper/Engestrom/expanding/toc.htm. Acesso em: 23 set. 2022.

ENGESTRÖM 2001; ENGESTRÖM, Y. Expansive learning at work: toward an activity theoretical reconceptualization. **Journal of Education and Work**, v.14, n.1, p. 133 – 156, 2001.

ENGESTRÖM, Y. **Non Scolae Sed Vitae Discimus:** como superar a encapsulação da aprendizagem escolar. In: DANIELS, H. (Org.) *Uma Introdução a Vygotsky*. São Paulo: Edições Loyola, p.175-197, 2002.

ENGESTRÖM, Y.; SANNINO, A. Studies of expansive learning: foundations, findings and future challenges. **Educational Research Review**, v.5, p.1-24, 2010.

FERENHOF, H. A. Métodos qualitativos de pesquisa: de dados à informação ao conhecimento; formando pesquisadores. **International Journal Of Knowledge Engineering And Management**, v. 19, n. 7, p. 1-11, 2018. Disponível em: https://periodicos.ufsc.br/index.php/ijkem/article/view/81602. Acesso em: 23 set. 2022.

GALLEGUILLOS, J. E. B. **Modelagem matemática na modalidade online: análise segundo a Teoria da Atividade.** 2016, 213f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2016. Disponível em: https://igce.rc.unesp.br/#!/pesquisa/gpimem---pesq-em-informatica-outras-midias-e-educacao-matematica/material-gpimem/teste/. Acesso em: 20 set. 2022.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar:** como fazer pesquisa qualitativa em Ciências Sociais. Rio de Janeiro: Record, 2007.

HARDMAN, J. Making Sense of the Meaning Maker: Tracking the Object of Activity in a computer-Based Mathematics Lesson Using Activity Theory. **International jornal os Education and Development Using ICT**, Univsersity of Cape Town, South AFrica, v.3, n.4, 2007.

KAPTELININ, V. The Object of Activity: making sense of the sense-maker. **Mind, Culture, and Activity**, v.12, n.1, p.4-18, 2005.

KAPTELININ, V.; NARDI, B. **Acting with Technology:** Activity Theory and Interaction Design. Londres: MIT Press, 2006.

KEOGH, B.; NAYLOR, S. Leraning in science: another way in. **Primary Science Review**, 26, 1993.

LATOUR, B. **A esperança de Pandora**. Tradução Gilson César Cardoso. Bauru, EDUSC, 2001.

LATOUR, B. Is This a Dress Rehearsal? **In the Moment**. 2020. Disponível em: https://critinq.wordpress.com/2020/03/26/is-this-a-dress-rehearsal/. Acesso em 23 set. 2022.

LAVE, J. **Cognition in practice:** Mind, mathematics and culture in everyday life. Cambridge University Press, 1988.

LEONTIEV, A. N. **Activity, consciousness, and personality**. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1978.

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

LINCOLN, Y. S.; GUBA, E. G. **Naturalistic Inquiry.** Newbury Park: Sage Publications, 1985.

OLIVEIRA, G. P.; MARCELINO, S. B. Estratégias didáticas com o software SuperLogo: adquirir fluência e pensar com tecnologias em Educação Matemática. **Educação Matemática Pesquisa**, v.17, n. 4, pp. 816-842, 2015.

POUPART, J. **A Pesquisa Qualitativa:** enfoques epistemológicos e metodológicos. Petrópolis: Vozes, 2008.

SILVA, M. **Educação Online**. São Paulo: Loyola, 2006.

SOARES, D. S.; SOUTO, D. L. P. Tensões no processo de análise de modelos em um curso de Cálculo diferencial e integral. **Revista de Matemática, Ensino e Cultura - REMATEC**, ano 9, n. 17, p. 46 – 76, 2014. Acesso em: 18 set. 2022. DOI: https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2014.n17.p46 -76.id372

SOUTO, D. L. P. **Transformações Expansivas em um Curso de Educação Matemática a Distância Online.** 2013. 279f. Tese (Doutorado em Educação Matemática) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2013. Disponível em: https://igce.rc.unesp.br/#!/pesquisa/gpimem---pesq-em-informatica-outras-midias-e-educacao-matematica/material-gpimem/teste/. Acesso em: 20 set. 2022.

SOUTO, D. L. P. **Transformações expansivas na produção matemática online**. 1. ed. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2014. Coleção PROPG Digital- UNESP. Disponível em: http://hdl.handle.net/11449/126237. Acesso em: 10 set. 2022.

SOUTO, D. L. P. Aprendizagem matemática on-line: quando tensões geram conflitos. Revista Educação Matemática Pesquisa, v.17, n.5, p. 942-972, 2015. Acesso em: 12 set. 2022. URL: https://revistas.pucsp.br/index.php/emp/index.

SOUTO, D. L. P. **M@ttoon:** Matemática e cartoons na Educação Básica e Superior de Mato Grosso. Projeto de Pesquisa FAPEMAT. Barra do Bugres: Universidade do Estado de Mato Grosso, 2016.

SOUTO, D. L. P.; ARAÚJO, J. L. Possibilidades expansivas do sistema Seres-humanos-com-mídias: um encontro com a Teoria da Atividade. In: BORBA, M. C.; CHIARI, A. (Eds.) **Tecnologias Digitais e Educação Matemática,** São Paulo: Editora Livraria da Física, p.71-90, 2013.

SOUTO, D. L. P., BORBA, M. C. Seres Humanos-com-Internet ou Internet-com-Seres Humanos: uma troca de papéis? **Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa**, 19(2), 217-242, 2016. https://doi.org/10.12802/relime.13.1924

SOUTO, D. L. P., BORBA, M. C. Humans-with-internet or internet-with-humans: A role reversal? (Reprint). **Revista Internacional de Pesquisa em Educação Matemática**, 8(3), 2-23, 2018.

SCHULTZ, A; WAGNER, H. R. A. **On phenomenology and social relations.** Chicago: University of Chicago Press, 1970.

TIKHOMIROV, O. K. The psychological consequences of computerization. In: WERTSCSH, J. V. (Ed.) **The Concept of Activity in Soviet Psychology**. New York: M. E. Sharpe Inc., p.256-278, 1981.

WAGNER, H. R. **Fenomenologia e relações sociais**: textos escolhidos de Alfred Schutz. Zahar, 1979.

***Submetido em*:** 25 de Setembro de 2022.

***Aprovado em*:** 01 de Novembro de 2022.

***Publicado em*:** 08 de Dezembro de 2022.

Como citar o artigo:
SOUTO, D. L. P. Cartoons Matemáticos Digitais em "salas de aula": tensões, dilemas, conflitos, superações e transformações na aprendizagem. **Revista de Matemática, Ensino e Cultura - REMATEC**, Belém/PA, v. 17, n. 42, p. 139-161, Set.-Dez., 2022.
https://doi.org/10.37084/REMATEC.1980-3141.2022.n42.p139-161.id454