

**Artigo****Análise multimodal de vídeos: contribuições da Teoria da Objetivação para a pesquisa sobre formação de professores que ensinam Matemática****Multimodal Analysis of Videos based on the Theory of Objectification: contributions to research on mathematics teacher education****Análisis multimodal de vídeos a partir de la Teoría de la Objetivación: contribuciones a la investigación sobre la formación de profesores de matemáticas*****Vanessa Dias Moretti¹, **Luis Radford²**¹Universidade Federal de São Paulo (UNIFESP), Guarulhos-SP, Brasil^{**}Laurentian University, Sudbury-ON, Canadá**Resumo**

O texto apresenta e discute as contribuições metodológicas da Teoria da Objetivação (TO) para a análise multimodal de vídeos na pesquisa sobre formação de professores que ensinam matemática. Na primeira parte do texto, com base na teoria histórico-cultural e na Teoria da Objetivação e suas implicações para a pesquisa, o uso do vídeo é apresentado como estratégia metodológica de captura e análise de dados coerente com uma compreensão de aprendizagem como atividade humana coletiva e processo de tomada de consciência dos sujeitos. Na segunda parte, são discutidos exemplos desse tipo de análise em dados de pesquisa desenvolvida pelos autores acerca do desenvolvimento do pensamento algébrico de professores. Conclui-se que a análise multimodal - imagens, registros orais e escritos, gesto etc. - proposta pela TO, na qual diferentes recursos semióticos são analisados como um todo dialético, oferece um caminho para a melhor compreensão dos processos formativos de professores. Ao subsidiar a análise minuciosa dos elementos que impactam a aprendizagem docente evidencia-se o processo de tomada de consciência do significado matemático em jogo o que, por sua vez, supera cada registro analisado de forma independente. A transposição da metodologia da TO para a formação de professores que ensinam matemática é inédita, uma vez que essa teoria tem sido utilizada para compreender a aprendizagem de estudantes em aula. No campo de formação de professores ainda há muito potencial a ser explorado acerca da abordagem metodológica pautada na TO, o que justifica a relevância da proposta de análise de vídeos apresentada nesse texto.

¹ Professora Associada da Universidade Federal de São Paulo e do Programa de Pós-Graduação em Educação/Unifesp, Doutora em Educação pela USP. ORCID id: <https://orcid.org/0000-0003-2435-5773> E-mail: vanessa.moretti@unifesp.br

² Professor Emérito da Laurentian University, Canadá. Doutor em Didática da Matemática, Strasbourg, França. ORCID id: <https://orcid.org/0000-0001-6062-0605> E-mail: lradford@laurentian.ca

Abstract

This paper aims to present and discuss the methodological contributions of Objectification Theory to multimodal analysis of videos in research on mathematics teachers training. In the first part, drawing on cultural-historical theoretical foundations and the Theory of Objectification and their implications for research, the use of videos is presented as a methodological strategy for capturing and analyzing data consistent with an understanding of learning as an embodied and material process of occurring in collective sensible human activity. In the second part, examples of this type of analysis are presented and discussed in research data developed by the authors about the development of teachers' algebraic thinking. It is concluded that multimodal analysis that the multimodal analyses involving images, oral and written records, gestures, etc. proposed by the TO, analyses in which different semiotic resources are investigated as a dialectical whole, offers a way to better understand the formative processes of teachers. By supporting the detailed analysis of the elements that impact the teachers' learning, it becomes evident how the awareness of the mathematical meaning at stake is developing in a process that, in turn, surpasses each independently analyzed record. The transposition of TO methodology to the training of teachers who teach mathematics is unprecedented, since this theory has been used to understand student learning in class. In the field of teacher education there is still much potential to be explored about the methodological approach based on TO, which justifies the relevance of the discussion and proposal of video analysis presented in this text.

Resumen

El texto pretende presentar y discutir las aportaciones metodológicas de la Teoría de la Objetivación para el análisis multimodal de vídeos en la investigación sobre la formación de profesores que enseñan matemáticas. En la primera parte del texto, partiendo de la fundamentación teórica histórico-cultural y de la Teoría de la Objetivación y sus implicaciones para la investigación, se presenta el uso del vídeo como estrategia metodológica de captación y análisis de datos coherente con la comprensión del aprendizaje como actividad humana colectiva y proceso de toma de conciencia de los sujetos. En la segunda parte, se presentan y discuten ejemplos de este tipo de análisis en datos de una investigación desarrollada por los autores sobre el desarrollo del pensamiento algebraico de los profesores. Se concluye que el análisis multimodal - imágenes, registros orales y escritos, gestos, etc. - propuesto por la TO, en el que se analizan los diferentes recursos semióticos como un todo dialéctico, ofrece una vía para comprender mejor los procesos de formación del profesorado. Al apoyar el análisis detallado de los elementos que inciden en el aprendizaje de los profesores, se pone de manifiesto cómo la toma de conciencia del significado matemático está en juego en un proceso que, a su vez, supera cada registro analizado de forma independiente. La transposición de la metodología de la TO a la formación de profesores que enseñan matemáticas no tiene precedentes, ya que esta teoría se ha utilizado para comprender el aprendizaje de los alumnos en clase. En el campo de la formación de profesores aún hay mucho potencial por explorar sobre el abordaje metodológico basado en la TO, lo que justifica la relevancia de la discusión y propuesta de análisis de video presentada en este texto.

Palavras-chave: Teoria histórico-cultural, Processos de objetivação, Análise multimodal da atividade, Formação de professores que ensinam matemática.

Keywords: Cultural-historical theory, Objectification processes, Multimodal analysis of activity, Mathematics teacher education.

Palabras clave: Teoría histórico-cultural, Procesos de objetivación, Análisis multimodal de la actividad, Formación de profesores de matemáticas.

1. Introdução

A sala de aula como fenômeno vivo e, portanto, em movimento é rica em manifestações semióticas diversas que se expressam em fala, escrita, gestos, expressões corporais e faciais e que, quando analisadas podem contribuir para a compreensão dos processos educativos que ganham vida nesse espaço. Tal especificidade torna a investigação dos processos de ensino e aprendizagem em sala de aula um desafio para a pesquisa em educação e, em particular para a pesquisa em educação Matemática.

Considerada essa complexidade, o uso de vídeos como estratégia para capturar dados da realidade da sala de aula tem sido crescente uma vez que, “como fonte de dados de pesquisa, o vídeo ocupa um lugar incomum e possivelmente único na mediação entre a concepção da prática real da sala de aula e nossa capacidade de teorizar sobre as características dessa prática” (CHAN, MESITI, CLARKE, 2019, p. 202). Além disso, o acesso facilitado à tecnologia e o barateamento dos equipamentos de captura de imagens tem permitido que tal estratégia de coleta de dados se faça mais presente nas pesquisas uma vez que o uso de “vídeos possibilita que sejam realizadas intersemioses entre recursos como imagens, oralidade, gestos e sons com o propósito de transmitir uma ideia” (NEVES e BORBA, 2019, p. 221).

A forma de utilização dos vídeos nas pesquisas sobre a sala de aula converge com o sentido que o vídeo assume na captura e análise do fenômeno a ser investigado, bem como em sua análise decorrente. Tal sentido se produz na compreensão teórica do pesquisador acerca do fenômeno e está intrinsecamente relacionado com a perspectiva teórica que fundamenta a pesquisa. Assim, a própria metáfora a ser utilizada para retratar o uso do vídeo dialoga com a forma como o fenômeno investigado é compreendido na perspectiva teórica que ancora a investigação.

Ao compreendermos a necessidade de um recorte teórico, discutiremos neste texto o uso de vídeos em pesquisas sobre a formação de professores que ensinam matemática, a partir de uma perspectiva histórico-cultural. Para isso, compreendemos a atividade de formação como um trabalho coletivo ou labor conjunto (RADFORD, 2016), como uma atividade em conjunto (RUBTSOV, 1996). Nesse sentido, o vídeo permite capturar o fenômeno em movimento entre os sujeitos do processo formativo em espaço coletivo. O estudo apresentado resulta de uma pesquisa no exterior, junto ao *Laboratory of Research on Cultural Semiotics and Mathematical Thinking*, na *École d'Éducation*, na *Laurentian University*, e que teve por objetivo a apropriação de metodologia de análise de dados de pesquisa fundamentada na Teoria da Objetivação (TO) (RADFORD, 2015).

Os dados que foram analisados em coerência com a metodologia da TO são oriundos de uma pesquisa desenvolvida no Brasil e teve por objetivo investigar o desenvolvimento do pensamento algébrico de professores dos anos iniciais ao se envolverem coletivamente na resolução de situações desencadeadoras de ensino de noções algébricas. Destacamos que, embora nesse texto tragamos excertos dessa pesquisa, nosso objetivo aqui não é explorar o desenvolvimento do pensamento algébrico de professores e sim, apresentar e discutir as contribuições metodológicas da Teoria da Objetivação para a pesquisa sobre formação de professores que ensinam matemática. Em

particular, este texto tem por objetivo discutir e analisar as contribuições da TO para a análise multimodal de vídeos produzidos em contexto de investigação sobre processos formativos de professores que ensinam matemática.

Com esse objetivo, o texto parte de aspectos da fundamentação teórica histórico-cultural e da teoria da objetivação e de suas implicações para a pesquisa sobre processos de ensino e aprendizagem em sala de aula. Na sequência, apresentamos e discutimos o uso do vídeo como estratégia metodológica de captura e análise de dados em pesquisas sobre a formação de professores que ensinam matemática, trazendo alguns exemplos da pesquisa que nos forneceu os dados para a análise segundo a TO.

Em geral, a TO tem sido utilizada para compreender a aprendizagem de estudantes em aula, de forma longitudinal. A transposição da metodologia da TO para a formação de professores que ensinam matemática é inédita e uma articulação metodológica ainda com muito potencial a ser explorado, o que justifica a relevância da discussão e proposta de análise de vídeos que apresentamos nesse texto.

2. A atividade em sala de aula como um fenômeno multimodal

As formas como entendemos a atividade em sala de aula, o papel do professor, a importância ou não das interações entre os sujeitos nesse espaço, dependem dos princípios ontológicos e epistemológicos que subsidiam a nossa concepção de sujeito e conhecimento. Evidentemente, esse não é um caminho único e não temos o objetivo de esgotar essa discussão nesse artigo.

Para a discussão e análise proposta neste artigo olhamos e investigamos a atividade em sala de aula a partir de uma compreensão histórico-cultural do fenômeno educativo. Mas o que isso implica? Em primeiro lugar, implica que o conhecimento é entendido como um produto da atividade humana que se dá em um determinado contexto histórico e cultural. Tal atividade humana não equivale a simples ações desconexas, mas a atividade pressupõe um conjunto de ações, articuladas de forma intencional, que visam responder ao motivo que leva o sujeito a agir (LEONTIEV, 1983). A atividade pressupõe igualmente atitudes e relações sociais entre os indivíduos (RADFORD, 2021a). Em contextos formativos essa atividade se manifesta quando os sujeitos se engajam na resolução e discussão das propostas apresentadas, não apenas porque foi uma demanda do professor/formador, mas porque tal proposta apresenta-se para eles como motivadora e, assim, as ações que desenvolvem buscam dar conta do objetivo da atividade.

Um segundo aspecto fundamental da teoria histórico-cultural refere-se ao princípio ontológico segundo o qual o humano se constitui na relação com o outro, por meio de mediações semióticas e significadas. Vigotski entende que o desenvolvimento psíquico do sujeito se dá a partir de um movimento dialético das funções psíquicas superiores entre o social e o psíquico, entre os planos intersíquico e intrapsíquico (VIGOTSKI, 1995). Assim, uma abordagem histórico-cultural assume que “do ponto de vista filogenético, os objetos conceituais são gerados no curso da atividade humana” o que implica, em particular, que “o conhecimento [matemático] é historicamente gerado durante o curso da atividade matemática dos indivíduos” (RADFORD, 2018b, p. 4069). Nessa perspectiva, a aprendizagem pode ser compreendida como um processo

de apropriação de significados culturais ou, como preferem alguns pesquisadores, como um encontro com “modos de pensar historicamente constituídos” (RADFORD, 2018b, p. 4067) no qual os estudantes atribuem sentidos pessoais a tais produtos históricos da atividade humana, de forma que:

aprendizagem é o alcance de um saber culturalmente-objetivo que os estudantes atingem através de um processo social de objetivação mediado por sinais, linguagem, artefatos e interação social à medida que os estudantes se engajam em formas culturais de refletir e agir (RADFORD, 2018b, p. 4067).

É por meio de diferentes atividades humanas que se dá o encontro do sujeito com esse saber cultural e historicamente produzido. Viabilizar esse encontro, que podemos compreender como inerente ao processo de aprendizagem, orienta a organização do trabalho pedagógico. Assim, a escola é o lugar social que é organizado de forma intencional para garantir às novas gerações o encontro com os saberes e valores éticos e estéticos que são entendidos pelo coletivo como relevantes o suficiente para serem ensinados para as próximas gerações (MOURA *et al.*, 2010). Em particular, a sala de aula é o espaço privilegiado e intencionalmente organizado para colocar em movimento esses saberes por meio da atividade conjunta entre estudantes e professor.

O aspecto coletivo ou social da atividade humana pode ser considerado um terceiro princípio de uma abordagem histórico-cultural do fenômeno educativo e relaciona-se com a concepção da relação dialética entre o social e o individual na constituição do psiquismo humano (VYGOTSKI, 1995). A importância do coletivo nos processos de aprendizagem é defendida por Rubtsov (1996, p. 134) que entende que a aprendizagem se dá por meio da “atividade em comum” caracterizada pela repartição de ações, trocas nos modos de ação entre os sujeitos, compreensão mútua das relações entre as ações dos diferentes participantes, a comunicação, o planejamento e a reflexão que permita “ultrapassar os limites das ações individuais em relação ao esquema geral da atividade” (RUBTSOV, 1996, p. 136).

De forma específica, a importância da atividade coletiva nos processos de aprendizagem, compreendidos a partir da lente teórica da perspectiva histórico-cultural, também tem sido enfatizada no ensino da Matemática. Nessa direção, Moura *et al.* (2010, p.225) entende que “a solução da situação-problema pelos estudantes deve ser realizada na coletividade. Isso se dá quando aos indivíduos são proporcionadas situações que exijam o compartilhamento das ações na resolução de uma determinada situação que surge em certo contexto”.

A ideia de atividade coletiva também é central nas produções de Radford (2015, 2016, 2021a, 2021b) ao definir o conceito de labor conjunto, ou trabalho conjunto, ancorado no conceito de atividade como o próprio movimento da vida humana (MARX, 2015; LEONTIEV, 1983; RADFORD, 2021a, 2021b) em que agimos, pensamos e sentimos na relação com o outro. “A atividade (ou labor conjunto com outras pessoas, em nossa terminologia) inclui a linguagem, mas também inclui, de forma decisiva, as experiências incorporadas de movimento, ação, ritmo, paixão e sensação” (RADFORD, 2021a, p. 55).

Tomando a sala de aula como unidade de análise dos processos de objetivação do conhecimento na atividade humana, esse labor conjunto, ou trabalho conjunto, é compreendido como um trabalho conjunto de estudantes e de professores e estudantes. “É na produção dessa obra comum que os estudantes são concebidos como encontrando e tornando-se gradualmente conscientes de formas de pensamento matemático cultural e historicamente constituídas” (RADFORD, 2021a, p. 55).

O labor conjunto é uma categoria essencial na investigação e análise que propõe a TO em suas pesquisas acerca da problemática do desenvolvimento do pensamento algébrico nos anos iniciais em diálogo com uma perspectiva histórico-cultural de conhecimento. Ao acompanhar longitudinalmente estudantes dos anos iniciais na resolução de tarefas que envolvem a iniciação algébrica, as pesquisas têm apontado caminhos teóricos e metodológicos para uma mais profunda compreensão desse processo (RADFORD, 2014; RADFORD, 2018a).

Para isso, é necessário retomar os conceitos de saber, conhecimento e aprendizagem de forma específica, tal como compreendidos pela TO. Para Radford (2018a), o saber é compreendido como potencialidade que pode objetivar-se em conhecimento por meio da atividade humana. É esse processo de objetivação do saber que o autor chama de aprendizagem (MORETTI, PANOSSIAN e RADFORD, 2018). Assim, a aprendizagem é compreendida como processos de encontro com formas culturais de pensar o mundo em uma perspectiva que compreende a atividade humana como essencial no processo de objetivação do saber em conhecimento. Além da objetivação, resulta também desse encontro a transformação do sujeito, por meio de processos que o autor chama de subjetivações.

Na investigação sobre o desenvolvimento do pensamento algébrico de crianças de 7 a 12 anos, Radford apoia-se na teoria materialista dialética da objetivação, entendendo que “a cognição só pode ser estudada em movimento” (Ibidem, p. 10) o que converge com o princípio do método vigotskiano que compreende que o requisito básico do método dialético é estudar o fenômeno em movimento, suas etapas e transformações, uma vez que, “é só em movimento que um corpo mostra o que é” (VIGOTSKI, 2002, p. 86).

Para isso, Radford (2018a) toma como locus de investigação a atividade de sala de aula, com foco no que ele chama de lições matemáticas. A atividade em sala de aula é essencial na perspectiva da teoria da objetivação, uma vez que permite o encontro do sujeito com o conhecimento (RADFORD, 2015). A atividade compreendida como suporte ontológico para a consciência (LEONTIEV, 1983) é tomada como unidade metodológica de análise na teoria da objetivação.

Ao investigar a atividade dos sujeitos, a Teoria da Objetivação o faz por meio de uma análise multimodal (RADFORD, 2018a) com foco na análise de vídeos que permite acompanhar gestos, expressões, linguagem e a utilização de diferentes sistemas semióticos utilizados para expressar ideias matemáticas. Em diálogo com as pesquisas de Radford (2018a) e Vergel (2018) entende-se que:

A natureza multimodal da cognição humana significa que não somos sujeitos cognitivos sozinhos. Nossas ações cognitivas estão sempre impregnadas do cinestésico, do perceptivo, do

tátil, etc., e estas modalidades sensoriais são parte integrante dos processos de cognição, não são, é claro, elementos periféricos nas formas de conhecer e trabalhar com ideias matemáticas (VERGEL, 2018, p.74).

O reconhecimento de diferentes sistemas semióticos utilizados ou produzidos pelos sujeitos no trato com situações matemáticas permite acompanhar o desenvolvimento de uma forma de pensar matematicamente uma vez que cada sistema semiótico revela potencialidades e limites no trato com os conhecimentos em geral e, em particular, com os conhecimentos matemáticos uma vez que há “sempre limites para o que se pode pensar e dizer dentro de um sistema semiótico. Cada sistema semiótico tem a sua própria expressividade” (RADFORD, 2018a, p. 22).

Sobre o termo multimodal, Sabena (2018) compreende que, no contexto da comunicação, ele refere-se a diferentes formas de comunicação e expressão de significados. De forma específica, ao investigar processos de pensamento e aprendizagem matemática, Sabena compreende que:

a multimodalidade refere-se à importância e coexistência mútua de uma variedade de modalidades ou recursos cognitivos, materiais e perceptivos nos processos de ensino-aprendizagem da matemática, e mais em geral na formação de significados matemáticos (SABENA, 2018, p. 542).

A análise multimodal dos processos de aprendizagem em sala de aula tem marcado a pesquisa de Radford acerca do desenvolvimento do pensamento algébrico. Ao investigar os processos relacionados ao desenvolvimento do pensamento algébrico na atividade de sala de aula tais pesquisas buscam evidências que demonstrem a tomada de consciência dos sujeitos acerca de significados matemáticos construídos culturalmente. Segundo Radford,

Essa [tomada de] consciência é empiricamente investigada, através das ações sensoriais dos estudantes, na atividade perceptiva, auditiva, cinestésica, gestual, linguística e simbólica em geral. É por isso que buscamos a atividade multimodal de alunos e professores (RADFORD, 2015, p. 560).

Desta forma, a análise multimodal pode constituir-se como uma importante aliada na produção de uma metodologia de análise de dados coerente com uma compreensão de aprendizagem como atividade humana e processo de tomada de consciência dos sujeitos.

3. Análise multimodal de vídeos: a formação de professores que ensinam matemática como objeto em movimento

As práticas de formação de professores, quando analisadas a partir de uma perspectiva histórico-cultural, podem ser compreendidas como atividade coletiva, um trabalho coletivo ou labor conjunto (RADFORD, 2016) ou ainda, como uma atividade em conjunto (RUBTSOV, 1996). Assim, ao investigarmos a formação continuada de professores em atividade coletiva, tomando como

referência metodológica de análise as pesquisas de Radford sobre os processos de ensino e aprendizagem discente, compreendemos que a gravação em vídeo permite capturar o fenômeno em movimento (VYGOTSKY, 1995) entre os sujeitos do processo formativo.

A partir de tais pressupostos teóricos e metodológicos iniciamos em 2018 uma pesquisa que teve por objetivo investigar o desenvolvimento do pensamento algébrico de professores dos anos iniciais ao se envolverem coletivamente na resolução de tarefas elaboradas como situações desencadeadoras de ensino de noções algébricas.

Para o desenvolvimento das tarefas propostas, os pesquisadores apoiaram-se na compreensão de que uma tarefa na TO “é constituída de uma série de problemas com que os estudantes são convidados a lidar” (RADFORD, 2021b, p. 173). Assim como nas pesquisas de Radford (RADFORD, 2021b), a elaboração das tarefas deu-se como o resultado de um trabalho conjunto entre professores, pesquisadores, estudantes de graduação e pós-graduação.

Nesse processo, parte-se de uma unidade conceitual (no nosso caso, os conhecimentos algébricos dos anos iniciais) e os problemas consideram uma unidade contextual que pode envolver, por exemplo, uma história narrativa. Radford (2021b) pondera três elementos nesse trabalho de elaboração de tarefas: 1) Considerações gerais (o que os estudantes já sabem; uso de artefatos); 2) Considerações sobre os problemas matemáticos (serem interessantes para os estudantes; permitirem um aprofundamento conceitual; considerar a unidade conceitual e contextual e terem complexidade crescente); 3) Considerações sobre a organização da sala de aula de modo a potencializar as formas de colaboração humana (incentivar reflexões críticas; permitir interações entre os sujeitos).

Sendo assim, na pesquisa desenvolvida entendemos que uma situação desencadeadora de aprendizagem (SDA) (MOURA *et al.*, 2010) pode ser uma tarefa uma vez que, de forma análoga, busca mobilizar os sujeitos em atividade coletiva por meio da proposição de problemas desencadeadores em um contexto que seja motivador para os estudantes. De forma específica, na SDA se considera tais objetivos por meio de um problema desencadeador que tenha relação com a necessidade humana histórica que levou à produção de conceito. Por exemplo, no caso do conhecimento algébrico, buscamos considerar situações que impliquem na necessidade de reconhecimento de grandezas variáveis e suas relações.

A partir dessa compreensão, o trabalho com os professores deu-se na forma de um curso de extensão elaborado por pesquisadores do Grupo de Estudos e Pesquisas em Processos Educativos e Perspectiva Histórico-Cultural-(Geppedh-Mat)³, da Universidade Federal de São Paulo (Unifesp). Realizamos uma série de 20 encontros, desenvolvidos no espaço da escola, com a participação de 18 professores dos anos iniciais do Ensino Fundamental. Na metodologia de coleta e análise de dados da pesquisa, buscamos adequar e analisar a viabilidade das propostas apresentadas por Radford (2015, 2018a) na

³ Grupo de Estudos e Pesquisas em Processos Educativos e Perspectiva Histórico-cultural. Linha de pesquisa Educação Matemática. Mais informações do grupo disponíveis no Diretório de Grupos de Pesquisa da CAPES, no endereço <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/35714>.

pesquisa em sala de aula com estudantes para a pesquisa em espaços formativos com professores em formação continuada⁴.

Os pesquisadores organizaram grupos de quatro ou cinco professores dos anos iniciais, que lecionavam em diferentes anos, e que se mantiveram ao longo dos encontros. Os dados coletados incluem produções escritas dos sujeitos da pesquisa, registro de resoluções de atividades algébricas, bem como suas gravações em áudio e vídeo. Foram realizadas gravações tanto do trabalho de cada grupo, quanto do grupo todo em momentos de socializações. Para a gravação do trabalho dos grupos, foram utilizados uma câmera ou celular e um gravador de áudio em cada grupo, de modo a garantir áudio de boa qualidade. Posteriormente, os arquivos de áudio e vídeo foram sincronizados em um único arquivo de vídeo. Além disso, todas as folhas com os registros das resoluções dos professores para tarefas propostas foram digitalizadas, bem como as notas de campo dos pesquisadores.

Desse processo, resultou uma quantidade muito grande de dados que foram organizados por datas e grupos de trabalho. A partir daí, iniciou-se o processo de análise que teve por objetivo identificar trechos ou excertos em que os sujeitos demonstram estarem se tornando “progressivamente conscientes dos significados matemáticos culturalmente constituídos” (RADFORD, 2015, p. 560).

Segundo a metodologia propostas pela Teoria da Objetivação (RADFORD, 2015), a unidade de análise assumida é a atividade (LEONTIEV, 1983) em sala de aula. Essa escolha da unidade de análise tem como base teórica a compreensão acerca da unidade dialética entre a atividade e a consciência.

Embora tenhamos vindo de uma tradição logocêntrica, isto é, uma tradição que enfatiza o papel da linguagem e do discurso no saber, sustentamos que a consciência baseada em atividades, frequentemente, surge em um nível sensorial, pré-conceitual e pré-intencional (RADFORD, 2015, p. 560).

Em coerência com essa compreensão, a TO propõe que a análise dos dados tenha um caráter multimodal ao considerar como dados relevantes dos processos de objetivação e subjetivação, tanto a linguagem oral e escrita, quanto gestos, expressões faciais, hesitações etc.

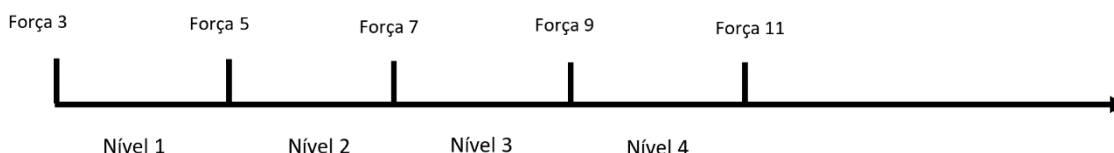
No caso da nossa pesquisa, tais manifestações semióticas foram selecionadas na medida em que fossem representativas de indícios do movimento de desenvolvimento do pensamento algébrico dos professores. A partir do material coletado e da compreensão das premissas teóricas que devem subsidiar o processo de análise, este teve início com a transcrição dos dados e a seleção do que Radford (2015) chama de “segmentos salientes”. Os segmentos salientes são trechos dos dados que trazem alguma evidência ou relação com o objeto a ser investigado.

⁴ A pesquisa deu origem à pesquisa de pós-doutoramento da primeira autora acerca de apropriações metodológicas da TO, sob a supervisão do segundo autor, junto à Laurentian University (Ontário, Canadá) realizada entre 2019 e 2020, bem como constitui-se como base de dados para duas pesquisas de doutorado em andamento junto ao Geppedh-Mat (Unifesp).

Selecionados os segmentos salientes, estes foram transcritos de forma detalhada, indicando-se o tempo de início do excerto em relação ao vídeo todo e acrescentando-se observações que remetem a manifestações gestuais, expressões, pausas no discurso etc. Todos esses elementos são registrados ao lado da transcrição dos diálogos. De forma complementar, são selecionadas imagens que demonstrem o movimento de aprendizagem dos sujeitos em atividade coletiva, ou labor conjunto, de modo a complementar a análise com o cruzamento de dados de diferentes registros semióticos.

Para exemplificar o uso da metodologia da TO na análise de vídeos em contexto de formação de professores que ensinam Matemática, discutiremos alguns excertos de análise de pesquisa sobre o desenvolvimento do pensamento algébrico, no momento em que um grupo de professoras buscava chegar à generalização de uma situação que apresentava um jogo no qual os jogadores começavam com a pontuação de três “forças” e ganhavam duas “forças” ao final de cada nível alcançado, de modo que ao final do “nível 1” tinham 5 forças, ao final do “nível 2” tinham 7 forças, etc. conforme a Figura 1:

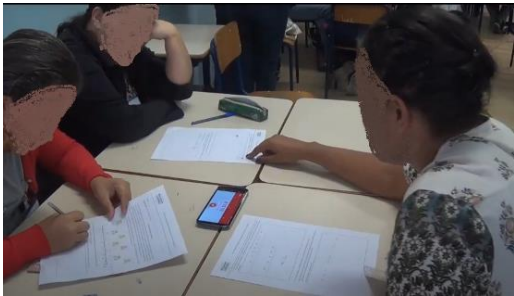
Figura 1 - Esquema de ganho de forças por nível no jogo apresentado às professoras



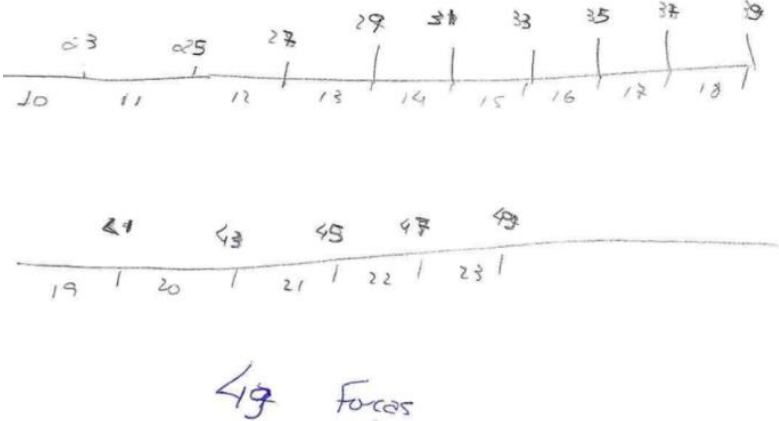
Fonte: Dos autores.

No problema apresentado às professoras elas eram convidadas a ajudarem algumas crianças, que supostamente estariam jogando o jogo, a desvendarem as forças a cada nível. No trecho que tem início aos 13 minutos e 43 segundos do vídeo gravado no terceiro encontro do grupo quatro (G4), as professoras Ema, Regina e Carla, discutem como fazer o registro do cálculo total das forças em cada nível (Quadro 1):

Quadro 1 - Encontro 3 do Grupo 4 - Episódio aos 13m43

	Transcrição do Episódio	Comentários Interpretativos
1.	 <p>Imagem 1: Carla, Ema e Regina durante o encontro 3.</p>	<p>Esquerda acima: Carla Esquerda abaixo: Ema Direita: Regina</p>

2.	<i>Ema: Como ele [aluno] poderia registrar? Ir contando de dois em dois, né?</i>	Se referindo à possibilidade de calcular as forças para um nível qualquer.
3.	<i>Regina: É. A cada nível concluído ele ganha duas forças</i>	Primeira formulação da tomada de consciência de uma relação recorrente: no próximo nível se ganham duas forças.
4.	<i>Ema: Agora que eu entendi o raciocínio, porque estava contando a força. Não é pra contar a força, é pra contar o nível.</i>	Ema põe em evidência a coexistência de duas variáveis matemáticas: nível e força. Desta forma, contribui para uma tomada de consciência coletiva de relações matemáticas subjacentes ao problema.
5.	<p><i>Regina: A cada nível duas forças. Pra mim, a única lógica para uma criança entender é que a cada nível ela ganha duas. Sempre. Agora, o valor...começando do três, eu não sei</i></p> <div data-bbox="395 1088 882 1420" data-label="Image"> </div> <p>Imagem 2: Regina demonstra contrariedade</p> <div data-bbox="429 1520 847 1939" data-label="Image"> </div> <p>Imagem 3: Regina pensativa</p>	<p>Imagem 2: Regina cruza os braços e vira o rosto, apoiando o queixo na palma da mão, demonstrando contrariedade.</p> <p>Imagem 3: Ela volta os olhos para a folha e fica em silêncio, com a mão na testa, indicando estar pensativa.</p> <p>Regina chama a atenção de suas companheiras sobre o valor inicial da sequência.</p>

6.	<i>Regina: Ah...a não ser que você coloque sempre, pra você calcular o número do nível vezes dois, mais um</i>	Frase proferida após alguns segundos em silêncio. Regina propõe uma primeira fórmula matemática que relaciona as variáveis matemáticas no jogo.
7.	<i>Regina: vinte e três, mais vinte e três ...</i>	Apontando para a folha de registro, a professora vai testando alguns valores particulares (Imagem 4, a seguir). A percepção é acompanhada e guiada por signos matemáticos, pela linguagem, pelo ritmo e por gestos.
 <p style="text-align: center;">Imagem 4: Registro escrito de Regina</p>		
8.	Carla: dá 47...	Acompanhando o raciocínio e indicando que a regra proposta por Regina não chega ao resultado do nível.
9.	Regina: Ah! É o dobro do nível, mais os três iniciais	Reformulação da fórmula que recapitula a experiência sensível coletiva.
10.	Carla: Ahhh...tá	Manifestando que a proposta de Regina fazia sentido para ela. Esta manifestação destaca o papel fundamental das emoções na cognição matemática.

Fonte: Dos autores.

No excerto transcrito no quadro acima, o cruzamento dos diferentes registros semióticos nos permite reconhecer que ao se deparar com a dificuldade do registro de uma solução geral para o problema (linha 5), a professora Regina demonstra contrariedade (Imagem 2) que é seguida por um momento de tensão (Imagem 3) e uma proposta de solução (linha 6). Na sequência, a testagem da proposta apresentada na linha 7 tem como referência o registro escrito da solução apresentada pela professora (Imagem 4). O acompanhamento da manifestação oral, corporal, emocional e escrita da professora Regina completa o quadro de análise. É importante destacar que, apesar de neste excerto, colocarmos a lente de análise na professora Regina, suas manifestações se dão em atividade coletiva por meio do trabalho conjunto e mediado com Ema e Carla. É na interação com as colegas que há a necessidade de testar hipóteses e reorganizar argumentos, que são validados ou não pelo grupo. A fala de Carla na linha 8, ao completar o raciocínio de Regina na testagem do valor de nível vinte e três (linha 7), mostra que trabalhavam juntas na busca da solução para o problema.

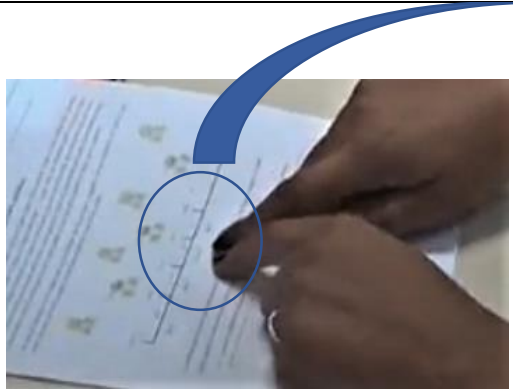
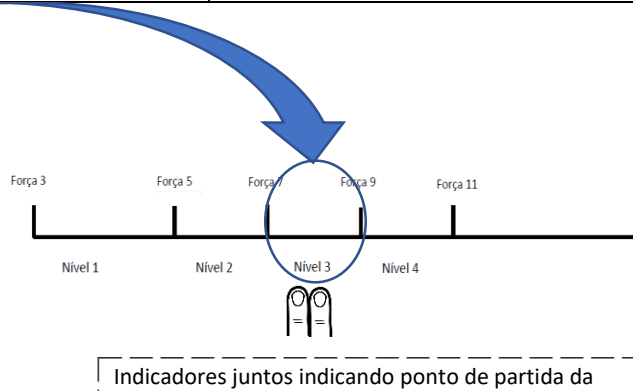
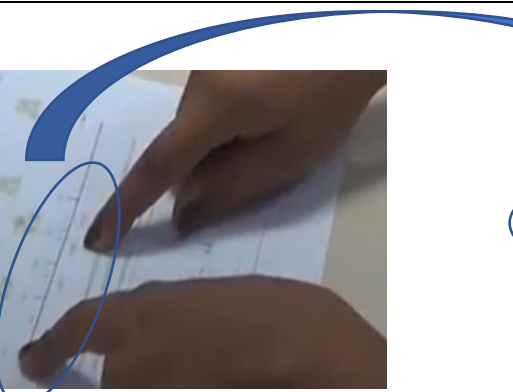
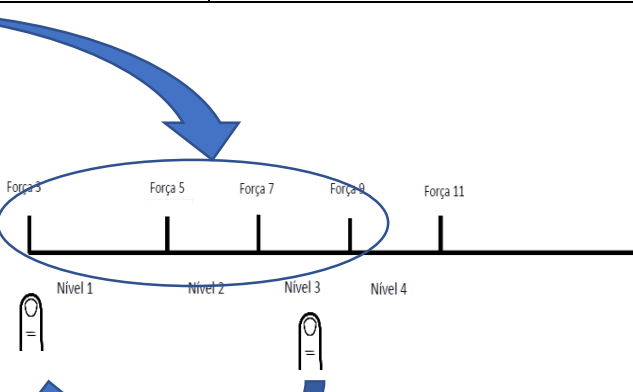
Os excertos apresentados nos quadros 1 e 2 exemplificam um caminho da análise multimodal de dados fundamentada na TO. Assim, embora o objetivo desse texto não seja discutir o desenvolvimento do pensamento algébrico das professoras, elaboramos esses quadros como exemplos das potencialidades da análise de dados fundamentada nos princípios teóricos e metodológicos da TO, uma vez que o registro perceptual proposto no quadro 2, a seguir, complementa a unidade da análise.

No quadro 1, é possível identificar que os registros orais e escritos da professora Regina indicam uma tensão na explicação da relação entre o nível e a força. Ela reconhece que a força resulta do dobro do nível mais algum valor. Na linha 6 ela indica que esse valor seria o número 1 e, logo em seguida (na linha 9), a professora indica que o valor a ser somado seria o três afirmando "mais os três iniciais".

A análise semiótica perceptual (gestual) apresentada no quadro 2 nos ajuda a compreender como a professora Regina supera essa tensão ao buscar responder à pergunta "mas será que dá isso sempre?":

Quadro 2 - Encontro 3 do Grupo 4 - Episódio aos 14m56s

	Transcrição do Episódio	Comentários Interpretativos
11.	<i>Regina: Mas será que dá isso sempre? Pra qualquer nível?</i>	Segue um silêncio no grupo. A pergunta: "Pra qualquer nível?" - expressa que agora o problema é colocado em geral, envolvendo agora a infinidade de números possíveis que a variável "Nível" pode tomar.
12.	<i>Regina: é isso mesmo, ó...o nível três vezes dois, dá seis.</i>	Fala ao mesmo tempo que move os dedos conforme a Imagem 5.

		Regina procura através de um exemplo concreto desvendar a lógica que pode assegurar a generalização.
		 <p>Indicadores juntos indicando ponto de partida da análise da professora Regina.</p> <p>Imagem 5: Imagem e esquema de gestos de Regina, indicando ponto de partida.</p>
13.	<i>"Regina: Mais os três iniciais, dá nove."</i>	Nesse momento, a professora move o indicador esquerdo e aponta o valor inicial das forças.
		 <p>Gesto de afastamento entre os indicadores indicando a soma do valor inicial.</p> <p>Imagem 6: Imagem e esquema de gestos de Regina, indicando valor inicial a ser somado.</p>

Fonte: Dos autores.

Ao mesmo tempo em que oraliza a análise do nível três, Regina aponta os dois indicadores para o nível (Imagem 5). Na sequência, demonstra reconhecer o valor fixo a ser somado (coeficiente linear da função afim) quando move o indicador esquerdo para o valor inicial “três” (Imagem 6) ao mesmo tempo em que afirma “Mais os três iniciais, dá nove” (linha 13).

Assim, o quadro 2 amplia e qualifica a análise de dados possível a partir do quadro 1. Isso se dá uma vez que no quadro 2 são detalhados esquemas representativos de gestos que, quando analisados em unidade com os demais registros semióticos produzidos no decorrer do trabalho conjunto das professoras, permitem reconhecermos indícios do processo de objetivação do saber algébrico em conhecimento na atividade coletiva de resolução do problema proposto envolvendo variação de grandezas.

Desta forma, a análise semiótica proposta pela TO nos permite, nestes excertos tomados como exemplos, evidenciar que os professores produzem e tomam consciência, na atividade coletiva, de um significado matemático que perpassa registros semióticos diversos que se complementam. Enquanto o registro perceptual (gestual) recorre a uma dimensão concreta da variável, a palavra expressa a possibilidade da generalidade.

5. Considerações finais

Neste texto, apresentamos e discutimos algumas das contribuições metodológicas da Teoria da Objetivação para a pesquisa em sala de aula e suas potencialidades para a análise multimodal de vídeos na pesquisa sobre formação de professores que ensinam matemática. Para isso, apresentamos parte de dados de uma pesquisa que adequou as propostas apresentadas por Radford (2015, 2018a) na pesquisa em sala de aula com estudantes para a pesquisa em espaços formativos com professores em formação continuada, no contexto de uma escola pública brasileira.

A análise multimodal proposta pela TO, ao assumir como central a atividade dos sujeitos e o labor conjunto que revela o caráter coletivo dos processos educativos, orienta o cruzamento de diferentes registros semióticos como imagens, registros orais e escritos, gestos etc. Tal cruzamento de diferentes registros semióticos produzidos pelos sujeitos em atividade coletiva, em labor conjunto, permite entender de forma mais aprofundada como vai se dando a tomada de consciência de relações matemáticas subjacentes à resolução do problema dado. O nível semiótico de análise abre uma janela para melhor compreender os processos formativos de professores, analisando de forma minuciosa elementos que impactam a aprendizagem docente.

Nessa forma de análise da atividade humana, os diferentes recursos semióticos não são tomados de forma aditiva, mas sim, são analisados como um todo dialético cujas manifestações permitem compreender de forma mais complexa o significado matemático em jogo que, por sua vez, supera cada registro analisado de forma independente. Assim, é possível o estudo da “cognição em movimento” (Luis Radford em MORETTI, PANOSSIAN e RADFORD, 2018, p. 4) na atividade coletiva, a qual permite o encontro do sujeito com o saber matemático.

A análise multimodal da atividade, fundamentada na TO, ao ser tomada como estratégia metodológica de análise de vídeos na pesquisa sobre a

formação de professores pode trazer importantes contribuições para a compreensão dos processos de aprendizagem docente. Isso porque, ao orientar a identificação e análise em unidade dialética da percepção, dos gestos, das palavras, dos registros orais e escritos, essa forma de análise nos permite compreender o sujeito como um todo em atividade, revelando como ocorre o processo dinâmico de tomada de consciência de significados matemáticos pelos professores.

Referências

CHAN, Man Ching Esther; MESITI, Carmel; CLARKE, David. Problematizing Video as Data in Three Video-based Research Projects in Mathematics Education. *In: Compendium for Early Career Researchers in Mathematics Education*, p. 199, 2019.

GARCEZ, Andrea; DUARTE, Rosalia; EISENBERG, Zena. Produção e análise de videograções em pesquisas qualitativas. **Educação e Pesquisa**, v. 37, n. 2, p. 249-261, 2011.

LEONTIEV, Aleksei Nikoláievitch. **Actividad, Conciencia, Personalidad**. Ciudad de La Habana: Editorial Pueblo Y Educación, 1983.

MARX, Karl. **Manuscritos econômico-filosóficos**. Boitempo Editorial, 2015.

MORETTI, Vanessa Dias.; PANOSSIAN, Maria Lúcia; RADFORD, Luis. Questões em torno da Teoria da Objetivação. **Revista Obutchénie**, Uberlândia, v. 2, n. 1, p. 230-251, 2018.

MOURA, Manoel Oriosvaldo *et al.* Atividade orientadora de ensino: unidade entre ensino e aprendizagem. **Revista Diálogo Educacional**, v. 10, n. 29, p. 205-229, 2010.

NEVES, Liliane Xavier; BORBA, Marcelo Carvalho. Análise do discurso multimodal de um vídeo com conteúdo matemático. **Educação Matemática Debate**, v. 3, n. 9, p. 220-235, 2019.

RADFORD, Luis. Aspectos Metodológicos da Teoria da Objetivação. **Perspectivas da Educação Matemática**. Volume 8, Número Temático. 2015.

RADFORD, Luis. Iconicidade e contração: Uma investigação semiótica de formas de generalizações algébricas de padrões em diferentes contextos. **ZDM**, 40(1), 83-96, 2008.

RADFORD, L. The Progressive Development of Early Embodied Algebraic Thinking. **Mathematics Education Research Journal**, Australasia, v. 26, p. 257-277, 2014.

RADFORD, Luis. Mathematics education as a matter of labor. *In: VALERO, Paola; KNIJNIK, Gelsa (Org.). Encyclopedia of Educational Philosophy and Theory. Section: Mathematics education philosophy and theory*. Singapura: Springer, 2016.

RADFORD, Luis. The emergence of symbolic algebraic thinking in primary school. *In: KIERAN, Carolyn (Org.). Teaching and learning algebraic thinking with 5-to 12-year-olds*. Springer, Cham, 2018a. p. 03-25.

RADFORD, Luis. On theories in mathematics education and their conceptual differences. *In: SIRAKOV, Boyan; SOUZA, Paulo Ney; VIANA, Marcelo (Org.). Proceedings of the International Congress of Mathematicians (Vol. 4).* Singapore: World Scientific Publishing Co, 2018b. p. 4055–4074.

RADFORD, Luis. **Teoria da Objetivação: uma perspectiva vygotskiana sobre conhecer e vir a ser no ensino e aprendizagem da matemática.** São Paulo: Editora Livraria da Física, 2021a.

RADFORD, Luis. **The theory of objectification.** A Vygotskian perspective on knowing and becoming in mathematics teaching and learning. Leiden & Boston: Brill/Sense, 2021b.

RUBTSOV, Vitaly. A atividade de aprendizado e os problemas referentes à formação do pensamento teórico dos escolares. *In: GARNIER, Catherine; BEDNARZ, Nadine; ULANOVSKAYA, Irina. Após Vygotsky e Piaget: Perspectivas Social e Construtivista. Escolas russa e ocidental.* Porto Alegre: Artes Médicas, 1996. p. 129-137.

SABENA, Cristina. Exploring the contribution of gestures to mathematical argumentation processes from a semiotic perspective. *In: KAISER, Gabriele.; FORGASZ, Helen; GRAVEN, Mellony; KUZNIAK, Alain; SIMMT, Elaine; XU, Binyan. (Org.) Invited Lectures from the 13th International Congress on Mathematical Education.* Springer, Cham, 2018. p. 541-559.

VERGEL, Rodolfo; ROJAS, Pedro Javier Rojas. **Álgebra escolar y pensamiento algebraico: aportes para el trabajo en el aula.** Bogotá: Editorial Universidad Distrital de Francisco José Caldas, 2018.

YVYOTSKI, Lev Semenovich. Historia del Desarrollo de las Funciones Psíquicas Superiores. Em Lev S. Vygotski. **Obras Escogidas. Tomo III.** Madri: Visor/MEC. 1995.

Agradecimentos

À Fapesp - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo pelo financiamento concedido à pesquisa no exterior e à Laurentian University, ON, Canadá, local no qual a pesquisa foi desenvolvida.

Enviado em: 16/novembro/2022 | Aprovado em: 20/julho/2023