

# UMA ARTICULAÇÃO TEÓRICA PARA ANÁLISE DE UM PROCESSO DE INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA NA PRÁTICA PEDAGÓGICA

## A THEORETICAL RELATIONSHIP FOR ANALYSIS OF AN INTEGRATION PROCESS TECHNOLOGY IN EDUCATIONAL PRACTICE

## UNA RELACIÓN TEÓRICO PARA EL ANÁLISIS DE UN PROCESO DE INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍA EN LA PRÁCTICA EDUCATIVA

*Katiane de Moraes Rocha*<sup>1</sup>

*Marilena Bittar*<sup>2</sup>

**RESUMO:** Nesse artigo apresentamos a articulação teórica que fundamentou a análise dos dados de uma pesquisa de mestrado no período de 2012-2013, que buscou compreender os processos vivenciados e os conhecimentos mobilizados e construídos por acadêmicos de um curso de Pedagogia tendo em vista a integração da tecnologia à sua futura prática. Para tanto, realizamos uma articulação teórica entre as Teorias da Instrumentação e da Abordagem dos Conhecimentos Pedagógicos Tecnológicos do Conteúdo, que favoreceu a análise do processo de integração da tecnologia na prática pedagógica dos futuros professores dos anos iniciais. Para ilustrar essa articulação trazemos alguns dados de nossa pesquisa oriundos de um projeto de extensão realizado com acadêmicos de um curso de Pedagogia. As análises evidenciam que essa proposta de formação favoreceu o processo de construção de conhecimentos de futuros professores para o ensino de Matemática.

**PALAVRAS-CHAVE:** Gênese instrumental. Professores polivalentes. Educação Matemática. Tecnologia educacional.

**ABSTRACT:** In this paper we present the theoretical relationship that substantiates the analysis of data from a master's research from 2012 to 2013, in which we seek to understand the processes and experienced knowledge mobilized and built by students in a pedagogy course with a purpose to integrating technology for their future practice. Thus, we performed a theoretical link between theories of Instrumentation and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), which favored the analysis of the integration of technology process in pedagogical practice of future teachers in the early years. To illustrate this relationship bring some data from our research which comes from an extension

<sup>1</sup> Mestre em Educação Matemática pelo Programa de Pós-graduação em Educação Matemática da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (PPGEumat); Professora da Universidade Anhanguera Uniderp – Campo Grande (MS); Atua na Linha de Tecnologia Educacional; email [mr.katiane@gmail.com](mailto:mr.katiane@gmail.com).

<sup>2</sup> Doutora em Educação Matemática; Professora Associada e Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da UFMS, Pesquisadora Produtividade do CNPq. Email: [marilenabittar@gmail.com](mailto:marilenabittar@gmail.com).

project carried out with academics from a pedagogy course. The analysis reveals that the proposal favored the formation process of building knowledge of future teachers for teaching mathematics.

**KEYWORDS:** Instrumental genesis. Primary teachers. Mathematical education. Educational technology.

**RESUMEN:** Este trabajo tiene como objetivo presentar una articulación teórico que sirvió de base teórica para el análisis de los datos de la investigación de un maestro en el período 2012-2013 las gafas. Buscamos entender los procesos y el conocimiento experimentado movilizado y construido por estudiantes de un curso de pedagogía con el fin de integrar la tecnología a su práctica futura. Por lo tanto, se realizó un vínculo teórico entre las teorías de la instrumentación y el enfoque del contenido Conocimiento Pedagógico Tecnológico, lo que favoreció el análisis de la integración de la tecnología en la práctica pedagógica de los futuros docentes en el proceso de los primeros años. Para ilustrar esta articulación traer algunos datos de nuestra investigación y éstos se derivan de un proyecto llevado a cabo con amplia académico un curso de pedagogía. El análisis revela que la propuesta favorece el proceso de formación de la construcción de los conocimientos de los futuros docentes para la enseñanza de las matemáticas.

**PALABRAS CLAVE:** Génesis instrumental. Docentes en el proceso de los primeros años. Educación Matemática. Tecnología Educativa.

O uso de tecnologias digitais por professores de Matemática tem sido alvo de pesquisas desde a década de 1990 (PAPERT, 1994; VALENTE, 1997; BITTAR, 2010), cada uma delas usando, muitas vezes, diferentes referenciais teóricos para compreender aspectos relacionados à apropriação da tecnologia pelo professor. Nesse texto apresentamos a articulação entre duas teorias que permitiram analisar diversas dimensões desse processo em uma pesquisa realizada nos anos de 2012 e 2013. Nosso foco de interesse foi investigar conhecimentos que o professor deve mobilizar quando utiliza a tecnologia em sua prática, além de analisar processos nos quais os professores constroem conhecimentos relacionados ao uso de tecnologia para o ensino. Nesse sentido, a articulação entre a Teoria da instrumentação (TI) (RABARDEL, 1999) e a Abordagem dos Conhecimentos Pedagógicos Tecnológicos do Conteúdo (TPACK) (MISHRA; KOEHLER, 2006) mostrou-se pertinente para nossa pesquisa que buscou compreender como e quais conhecimentos são mobilizados tendo em vista a integração da tecnologia na prática de futuras professoras para o ensino de Matemática nos anos iniciais.

Cabe salientar que quando discutimos a integração da tecnologia na prática do professor estamos nos referindo às situações em que o software (ou qualquer tecnologia educacional) é usado com finalidades educacionais, sendo avaliado como os demais recursos didáticos, e acreditamos que “integrar um *software* à prática pedagógica significa que o mesmo deverá ser usado em diversos momentos do processo de ensino, sempre que for

necessário e de forma a contribuir com o processo de aprendizagem do aluno” (BITTAR, 2010, p. 219).

É nessa perspectivada integração da tecnologia que buscamos ‘*investigar o processo de construção de conhecimentos necessários para o ensino de Geometria plana, com o Superlogo<sup>i</sup>*, nos anos iniciais do Ensino Fundamental’. Para tanto, realizamos um projeto com acadêmicos de um curso de Pedagogia, no qual discutimos o uso da tecnologia para o ensino de Matemática. Nesse projeto, abordamos questões relativas aos processos de ensino e de aprendizagem da Matemática, propusemos a elaboração de planejamentos e a realização de atividades no *Superlogo<sup>ii</sup>*. As ações que desenvolvemos no projeto foram pautadas nos pressupostos da abordagem construcionista (PAPERT, 1994), nas quais buscamos que os sujeitos (futuros professores dos anos iniciais) tivessem um papel autônomo na construção de seu conhecimento e as formadoras<sup>iii</sup> o papel de mediadoras desse processo, levantando questões e propondo discussões. Essa escolha possibilitou que as acadêmicas levantassem questões sobre o uso da tecnologia, preparassem atividades utilizando esse novo recurso e refletissem sobre o papel da tecnologia no ensino, ou seja, a escolha propiciou situações nas quais as futuras professoras puderam agir ativamente no processo de construção do conhecimento necessário para o uso de tecnologia em sua prática. cremos que se queremos que a abordagem construcionista faça parte da prática dessas futuras professoras é fundamental que elas vivenciem, durante sua formação inicial, tal abordagem.

A escolha da formação inicial para realizar nossa pesquisa deveu-se ao desejo de contribuir com o ingresso de professores na carreira docente que tenham vivenciado situações que evidenciem a contribuição do uso da tecnologia para o ensino. A escolha pelo curso de Pedagogia foi influenciada pelo fato de acreditarmos que os professores que lecionam várias disciplinas têm um desafio ainda maior do que aqueles que lecionam apenas uma disciplina, pois cada disciplina tem sua especificidade que deve ser considerada no momento da elaboração de sua aula com, ou sem tecnologia.

Para a análise dos dados produzidos buscamos apoio nos estudos desenvolvidos por Rabardel (1999), sobre o processo de gênese instrumental, e por Mishra e Koehler (2006), sobre conhecimentos necessários para o uso de tecnologia como auxílio para o processo de ensino.

A seguir apresentamos brevemente os elementos de cada um desses estudos utilizados em nossa análise de dados.

## A TEORIA DA INSTRUMENTAÇÃO

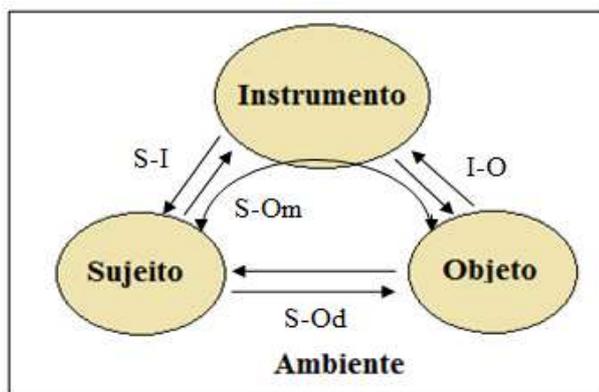
Rabardel (1999) apoia-se em elementos da psicologia cognitiva para definir um quadro teórico para a análise do sujeito em situação mediada por um artefato. Ele define os conceitos de artefato e instrumento que, apesar, de no senso comum muitas vezes serem tratados como sinônimos, dentro dessa teoria possuem significados diferentes. Para Rabardel (1995) o artefato é um meio material ou simbólico tal como: mapa, linguagem, softwares, martelo, lápis, etc. O artefato é para o sujeito o meio de sua ação, ou seja, é o que permite que ele realize a atividade operando sobre o objeto da sua ação. O processo de ‘gênese instrumental’ realizado pelo sujeito consiste da transformação do ‘artefato’ em ‘instrumento’ por meio da elaboração de esquemas<sup>iv</sup>, que são conhecimentos. Nesse sentido, o sujeito que vai utilizar um artefato deve compreendê-lo para poder administrá-lo na ação. Quando o sujeito vivencia o processo de ‘gênese instrumental’ de um artefato aquilo que antes era um objeto, físico ou não, criado ou transformado pelo homem, passa a fazer parte do “arsenal” de possibilidades desse sujeito. Nesse sentido, Rabardel (1999, p. 64) afirma que o artefato se torna um instrumento para o sujeito, sendo, “um meio de capitalização da experiência acumulada”. Enfim, o instrumento é para o sujeito uma fonte de conhecimento construída a partir de suas necessidades vivenciadas nas situações.

Para Rabardel (1999) o instrumento é mais que o próprio artefato, pois engloba esse último e os conhecimentos que o sujeito constrói para a sua utilização. Esses conhecimentos são o que Rabardel (1999, p. 210) denomina como esquemas de utilização: “o conjunto estruturado dos caracteres generalizáveis das atividades de utilização dos instrumentos”. Esses esquemas são construídos na atividade com o artefato, e serão mobilizados em situações que pertencem a uma mesma classe. A cada nova atividade a que o sujeito é confrontado ele elabora modos de usar o artefato e em situações semelhantes ele mobiliza seus esquemas já familiares. Os esquemas são, portanto, organizações mentais que, dentre outras funções, coordenam o saber fazer.

As situações em que os sujeitos utilizam instrumentos para realizar uma atividade são descritas por Rabardel (1995) como ‘situações de atividades instrumentadas’ (IAS), e possuem três polos: o sujeito, o objeto da ação e o instrumento. No nosso caso o sujeito é o futuro professor dos anos iniciais, o instrumento é o *Superlogo*, o objeto da ação é constituído das atividades que os sujeitos criaram ou resolveram. Os polos compõem uma tríade, figura 1, e existem várias interações entre esses polos na atividade instrumentada: interação sujeito e ‘objeto da ação’ (S-Od), sujeito e instrumento (S-I), instrumento e objeto

(I-O) e sujeito com objeto mediada pelo instrumento (S-Om). A imagem a seguir é a representação desse modelo (IAS).

Figura 1 - Modelo das Situações de Atividades Instrumentadas



Fonte: Reprodução da figura apresentada por Rabardel (1995, p.43).

Rabardel (1995) apresenta essa tríade como um meio de analisar as atividades com instrumentos. Nessa perspectiva, o instrumento é o intermediário entre o sujeito e o objeto da sua ação, sendo, portanto, o mediador dessa ação (RABARDEL, 1995). Ao olharmos para os conhecimentos que são necessários para que o professor use a tecnologia nas suas aulas, em conjunto, com a tríade apresentada por Rabardel (1995) podemos considerar que o professor é o sujeito, o software é o instrumento e o conceito matemático é o objeto da ação. Um fator que exige essa construção de conhecimento do professor é que a inserção de um novo artefato na atividade do sujeito (professor) impõe algumas restrições quanto ao seu uso, pois dependendo do artefato utilizado certas ações não são viáveis, conseqüentemente há uma limitação nas possíveis ações dos sujeitos (RABARDEL, 1999). Por exemplo, com o *Superlogo* não é possível realizar construções geométricas, como é feito com régua e compasso, ou com um software como o *Cabri-Géomètre*. Por outro lado, a inserção da tecnologia favorece o surgimento de um leque de possibilidades, pois permite muitas ações que sem a tecnologia não seriam viáveis, como é o caso da retroação do *Superlogo* que favorece a mobilização, pelo aluno, de propriedades das figuras geométricas planas ao construí-las e possibilita ao professor perceber se o aluno mobilizou conhecimentos das propriedades o que no ambiente papel não seria possível. Isso se dá pelo fato de que no ambiente papel lápis podemos usar a imagem mental que temos da figura sem necessariamente mobilizar suas propriedades. Assim, para fazer uso de tecnologia em suas aulas o professor precisa construir/mobilizar conhecimentos relacionados ao objeto

matemático em estudo, à tecnologia a ser utilizada, às formas de aprendizagem do aluno, entre outros. No próximo tópico discorreremos acerca desses conhecimentos.

## CONHECIMENTOS NECESSÁRIOS PARA A INTEGRAÇÃO DA TECNOLOGIA

O professor que resolve fazer uso de um artefato, como um software para o ensino de Matemática, tem que mobilizar e construir diversos conhecimentos para esse uso, tais como: os conceitos que ele pode trabalhar no *software*; como esse artefato pode contribuir para o trabalho do conteúdo escolhido; o que é necessário saber do *software* para trabalhar com o objeto matemático em questão; como ele organiza a atividade usando o novo instrumento. Em suma, muitos conhecimentos são mobilizados e construídos no processo de integração de um instrumento à prática pedagógica do professor. Esses conhecimentos se articulam e se complementam para que o professor possa utilizar a tecnologia de forma a contribuir com o processo de aprendizagem, e são mobilizados durante as interações entre professor, software e objeto matemático a ser trabalhado.

Pautados nos estudos de Shulman (1986) sobre a base de conhecimentos necessários para a docência, Mishra e Koehler (2006) evidenciam os diversos conhecimentos que o professor precisa para usar a tecnologia de forma a contribuir para o processo de aprendizagem dos alunos. Esses conhecimentos compõem a Abordagem dos Conhecimentos Pedagógicos Tecnológicos do Conteúdo desenvolvida por esses autores. Apresentamos, a seguir, resumidamente, características de cada tipo de conhecimento definido por Mishra e Koehler (2006):

- conhecimento do conteúdo – saber sobre os conceitos que serão ensinados;
- conhecimento pedagógico – conhecimento sobre teorias, práticas, metodologias, gestão de tempo e outros;
- conhecimento tecnológico – relativo a saber usar a tecnologia, ligar o computador, baixar programas, conseguir se adaptar às tecnologias, etc.;
- conhecimento pedagógico do conteúdo – envolve saber como o conteúdo é organizado, como ocorre a aprendizagem de alguns conceitos, os conhecimentos extra escolares que os alunos trazem para sala de aula, entre outros;
- conhecimento tecnológico pedagógico – conhecimento de que, por exemplo, certas tecnologias influenciam como trabalhamos determinado conceito, por possibilitarem novos exemplos e manipulações desse conceito;

- conhecimento tecnológico do conteúdo – saber que determinadas tecnologias tratam (ou permitem tratar) diferentes aspectos do conhecimento do objeto estudado.

Quando se trata de pensar o uso da tecnologia no processo de ensino os autores supracitados defendem a necessidade de mobilização de um conhecimento que é o entrelaçamento dos conhecimentos anteriormente citados, denominado de ‘conhecimento pedagógico tecnológico do conteúdo’ (TPCK) que

[...] requer uma compreensão da representação dos conceitos usando as tecnologias; técnicas pedagógicas na construção de maneiras para ensinar o conteúdo; o conhecimento: do que faz conceitos serem difíceis ou fáceis de aprender e de como a tecnologia pode ajudar corrigir alguns dos problemas que os estudantes enfrentam; saber o conhecimento prévio dos alunos e das teorias de epistemologia; e conhecimento de como as tecnologias podem ser usadas para construir o conhecimento existente para desenvolver novas epistemologias ou fortalecer as antigas (KOEHLER; MISHRA, 2009, p. 66, tradução nossa).

No que diz respeito à interação sujeito e objeto (S-O) o professor tem que mobilizar ‘conhecimentos do conteúdo e conhecimentos pedagógicos’. No que se refere ao ‘conhecimento do conteúdo’ o ensino de um determinado conceito exige do professor saber, por exemplo, na Matemática, definições, teoremas, aplicações, entre outras questões que envolvem o conteúdo visado. Para abordar esses conceitos, o professor deve realizar escolhas pedagógicas levando em consideração vários fatores tais como: o nível de escolaridade dos alunos e o seu modo de pensar sobre o processo de ensino e aprendizagem. Nesse sentido os conhecimentos pedagógicos devem ser considerados pelo professor na interação com o objeto de sua ação. Essa interação pode exigir ainda que o professor busque exemplos e explicações para explorar o conceito visado. Nessa perspectiva, há também a mobilização do ‘conhecimento pedagógico do conteúdo’.

Na interação entre sujeito e instrumento (S-I) é exigido do professor a mobilização do conhecimento tecnológico, visto que, a existência desse instrumento requer a reestruturação da ação desse profissional. No que se refere à interação entre instrumento e objeto (I-O) o professor deve se atentar para o modo como a tecnologia influencia suas estratégias em sala de aula, mobilizando assim o *conhecimento pedagógico tecnológico*. Outro conhecimento que deve ser mobilizado pelo professor por influência da interação entre instrumento e objeto (I-O) é o ‘conhecimento tecnológico do conteúdo’, pois o instrumento pode agir sobre o conteúdo de um modo que o professor não necessita, ou não deseja, na ação desejada.

No que tange a interação entre sujeito e objeto mediada pelo instrumento (S-Om) os conhecimentos relativos aos três componentes – conteúdo, tecnologia e pedagogia – devem ser mobilizados articuladamente, para que as questões que envolvem o ensino com auxílio da tecnologia sejam consideradas e que esse uso possa contribuir para o processo de aprendizagem. Esse processo de mobilização dos conhecimentos ocorre durante o processo de elaboração do instrumento, ou seja, o processo de ‘gênese instrumental’ perpassa por todas as categorias de conhecimentos.

As imbricações teóricas, estabelecidas por nós, dessas duas teorias, nos permitiram perceber que o processo de gênese instrumental da tecnologia para o ensino é permeado pela construção de conhecimentos do conteúdo, da tecnologia e da pedagogia. E mais, construir esses conhecimentos é viver um processo de gênese instrumental da tecnologia para o ensino. Acreditamos que o fato de o professor vivenciar esse processo de construção de conhecimentos é essencial para a integração da tecnologia em sua prática pedagógica. Para ilustrar esses processos apresentamos, no próximo tópico, alguns dados coletados e analisados em nossa pesquisa.

Antes de passarmos para a descrição e análise dos dados, queremos salientarmos a importância de um Curso de formação inicial de futuros professores contemplar os conhecimentos necessários para a docência, conforme Shulman discute, além de outros oriundos ou relacionados a base de conhecimento, como Ball, Thames e Phelps (2008) que apresenta o Conhecimento Matemático para o Ensino e a base de Conhecimentos Pedagógicos Tecnológicos do Conteúdo (TPACK) proposta por Koehler e Mishra (2009). Se concordamos que tais conhecimentos são necessários para o ensino, então é importante que eles sejam construídos pelos futuros professores, ao menos parcialmente, em sua formação inicial. Por esse motivo, na formação que propusemos, buscamos propor situações nas quais as acadêmicas (futuras professoras) pudessem construir e mobilizar conhecimentos pedagógicos, tecnológicos, do conteúdo e suas articulações. Assim, quando olhamos para os dados identificamos esses conhecimentos mobilizados e o seu processo de construção.

## **ESTUDO DE ALGUNS DADOS**

Nosso projeto contou com a participação de seis acadêmicas do curso de Pedagogia e teve doze encontros de duas horas cada um. Nesse artigo apresentamos apenas uma análise parcial dos dados de uma dupla, Isis e Isabela (nomes fictícios), uma vez que o objetivo dessa apresentação é ilustrar como a articulação entre as teorias utilizadas permitem

analisar o processo de integração da tecnologia na prática de futuras professoras dos anos iniciais do Ensino Fundamental.

A análise foi dividida em três categorias: conhecimento tecnológico do conteúdo, conhecimento pedagógico do conteúdo e conhecimento pedagógico tecnológico. Essa escolha levou em consideração a quantidade de dados que tínhamos e também o modo que trabalhamos no projeto, pois não discutíamos separadamente cada um dos componentes dos conhecimentos – conteúdo, pedagogia e tecnologia – ao contrário, sempre articulávamos as discussões em torno dos conhecimentos. Nosso objetivo nesse texto é evidenciar as relações entre o processo de construção de conhecimentos tecnológicos do conteúdo e o processo de gênese instrumental. Para isso pautamo-nos em algumas atividades realizadas ou propostas pelas acadêmicas relacionadas ao conceito de quadrado.

No primeiro encontro realizamos uma atividade com as acadêmicas com objetivo de iniciar a discussão do *software* para o ensino de Matemática nos anos iniciais. Essa atividade foi realizada em dupla e envolvia o conceito de lateralidade e foi durante a realização da mesma que as acadêmicas tiveram o primeiro contato com o *software* e seus comandos. No segundo encontro realizamos a primeira discussão que envolvia o conceito do quadrado. Nossa proposta para esse encontro era discutir as abordagens construcionista e instrucionista (PAPERT, 1994) e para darmos início a essas discussões pedimos às acadêmicas que desenhassem um quadrado no *Superlogo*, deixando-as livres para realizarem a construção. Nosso papel nesse momento foi o de mediar as interações das acadêmicas com o *software* e o conceito visado, fomentando as discussões que surgiam no debate a respeito das propriedades do quadrado.

Nossa postura durante essa atividade foi pautada no construcionismo, ao contrário da segunda atividade, quando solicitamos que desenhassem um triângulo equilátero e fornecemos todos os passos para tal construção. Essa postura de transmissão do conhecimento está ligada à abordagem instrucionista. Nossa escolha por propor duas atividades pautadas em abordagens diferentes teve por objetivo levar as futuras professoras a refletirem sobre os papéis do professor e do aluno em cada uma das duas abordagens e, principalmente, sobre o tipo de aprendizagem que é favorecida em cada uma dessas abordagens, tendo elas próprias vivenciado esses dois processos.

Na análise da construção do quadrado pelas acadêmicas, essa construção é o ‘objeto da ação’ do sujeito, assim, os esquemas de utilização a serem mobilizados envolvem saber que no quadrado os ângulos internos medem  $90^\circ$  e que os quatro lados são congruentes.

Na análise do diálogo entre Isis e Isabela durante a construção do quadrado percebemos que elas mobilizaram o ‘esquema de utilização’ de que essa figura tem quatro lados iguais, mas não o relativo à propriedade dos ângulos internos com medida de  $90^\circ$ . Notamos isso por meio dos comandos e do diálogo das duas acadêmicas. Durante o desenho do quadrado a dupla usou sempre, para a medida do lado do quadrado, “para frente 100”. O primeiro giro realizado pela tartaruga tinha a medida de  $100^\circ$ . As acadêmicas perceberam, por meio da execução do *software*, que o ângulo não ficou como desejado, e tentaram, então, corrigir essa medida, como mostra o excerto a seguir.

Isis: Para direita 100 também?

Isabela: Não. Ah é pode ser, direita 100. *Por que o quadrado tem que ter todos os lados iguais!*

Isis: *Ixiii, mas vai ficar um pouquinho torta, né! Ou não?*

Isabela: Ah é, tem que virar ela antes...

Isis: Será que a gente vira?

Isabela: Não, não, vai ficar torto!

Isis: Põe para esquerda então?

Isabela: Uns 15?

Isis: É por aí.

Isabela: Tá torto ainda.

Isis: Só uma inclinadinha. (Diário de campo, novembro de 2012).

Notamos no diálogo que a imagem que apareceu no *software* foi usada, pelas acadêmicas, para comparar com a imagem mental que elas possuíam do quadrado. Diante desse confronto as acadêmicas tentaram novamente desenhar o quadrado, após restaurar a janela, e agruparam os comandos relativos aos ângulos usados na primeira tentativa. A dupla comanda a tartaruga – *pf 100, pd 85, pf 100* – e percebem que não obteriam o quadrado; na sequência, tentam usar *pd 90* e conseguem construir o quadrado. As retroações que as acadêmicas vivenciam na interação com o objeto mediada pelo instrumento (S-Om), favorecem o trabalho com o objeto matemático quadrado. Assim, para a dupla, o instrumento é o meio que permite conhecer mais o objeto.

Questionadas sobre como fizeram para acertar o desenho, disseram que chutaram, entretanto, ainda mostraram-se intrigadas acerca do fato de a medida dos ângulos ter que ser  $90^\circ$ . O conhecimento que as acadêmicas tinham em relação ao quadrado não envolvia os ângulos de  $90^\circ$ . Essa dificuldade com relação ao *conhecimento do conteúdo* não as impediu de realizarem a atividade, pois por meio da retroação do *Superlogo* chegaram à medida correta. Cabe ressaltar que essa propriedade é o que diferencia o quadrado de um losango que não é um quadrado. Esse conhecimento é importante para o ensino de quadriláteros e é fundamental para efetuar a construção dessa figura no *Superlogo*. Koehler e

Mishra (2009) afirmam que o professor tem que saber a influência da tecnologia sobre o conteúdo, pois esse último pode ser alterado com o uso da tecnologia. O fato de as acadêmicas vivenciarem essa situação contribuiu para que elas construíssem o seu conhecimento do conteúdo.

Quando realizamos o encerramento da atividade Isis disse para Isabela que “todo mundo colocou isso para virar a cabeça. É sempre  $90^\circ$  para virar a cabeça [da tartaruga]”. Observamos que nesse momento a acadêmica teve a certeza que a medida do ângulo interno tem que ser  $90^\circ$ . Para que todas pudessem compreender a necessidade dos comandos utilizados, exploramos as propriedades do quadrado relacionando-as com os comandos.

Não foi a falta de conhecimento tecnológico que dificultou a realização da atividade, mas sim, o desconhecimento de algumas propriedades da figura geométrica plana quadrado. O uso do *software* colaborou para que as acadêmicas explicitassem as propriedades do quadrado, pois não demos os comandos para a construção dessa figura, o que é coerente com nossa proposta construcionista para o uso da tecnologia. O conhecimento de que para ser quadrado tem que ter lados congruentes foi um esquema mobilizado pelas acadêmicas, e serviu de suporte para elas começarem a construir o esquema acerca de a medida dos ângulos internos ser igual a  $90^\circ$ . Inferimos, assim, que a dupla começou a construir os seus esquemas de utilização para desenhar um quadrado no *software*. Desse modo, elas começaram o processo de gênese instrumental para desenhar o quadrado e esse conhecimento foi mobilizado no planejamento da dupla Isis e Isabela, no quinto encontro. Nesse encontro as acadêmicas apresentaram o primeiro planejamento, no qual decidiram explorar o conceito de fração no *Superlogo* com alunos do terceiro ano dos anos iniciais. O objetivo da aula era “conhecer os elementos da fração, representar as frações e identificar os valores que serão representados pelas frações” (planejamento). Elas apresentaram duas frações que seriam representadas pelos alunos –  $2/5$  e  $3/6$  – sendo que  $2/5$  deveria ser representado apenas usando quadrados e o  $3/6$  somente usando triângulos equiláteros.

Nessa interação sujeito-objeto mediada pelo instrumento (S-Om) as acadêmicas decidiram propor a representação das frações com figuras que já haviam sido abordadas no projeto, no segundo encontro: triângulos e quadrados. O excerto a seguir é parte da discussão sobre essa escolha da dupla.

Isis: Tinha que ser utilizando triângulos. Daí a gente pontuou assim no plano, que a criança podia fazer a forma que ela quisesse. A gente deixou um modelinho lá, que foi a gente que fez. Mas a criança pode fazer do formato que ela quiser [se referem a variedade de composições que podem ser feitas

usando triângulos ou quadrados] *desde que ela utilize os quadrados na letra (a) e na letra (b) o triângulo.*

[...]

Isis: Outras figuras a gente não testou! Até lembrei que você falou, quem falou? Uma de vocês falou! Ah não sei se foi a Joana e a Maria, ah muda a figura já que vocês conhecem faz uma outra. *Só que olha tá me irritando aquele negócio do tangram, eu fiquei o dia inteiro e não consegui fazer.* (Diário de campo, novembro de 2012).

Podemos notar que as acadêmicas não testaram outras figuras além daquelas já abordadas em encontros anteriores. Desse modo, com relação ao conhecimento do conteúdo, houve mobilização apenas de conhecimentos relativos ao triângulo equilátero e ao quadrado. De um lado, o processo de gênese instrumental das acadêmicas poderia ter sido mais favorecido se elas tivessem que lidar com situações que gerassem desestabilização e tivessem que construir novos esquemas de utilização. Por outro lado, a mobilização desses conhecimentos contribuiu para a incorporação desses esquemas de ação das acadêmicas. Em outro momento, anterior a esse, Isabela foi questionada se ela achava que o objetivo de aprendizagem seria cumprido da mesma forma sem o *Superlogo* e ela disse que sim. Dessa forma, encaminhamos o nosso debate para discutir como o *software* estava sendo usado na atividade, como podemos notar no recorte anterior. Nesse momento pretendíamos reiterar a ideia de que o uso da tecnologia no processo de ensino e aprendizagem deve contribuir para a conceitualização matemática. Nesse sentido, argumentamos que outras dinâmicas e/ou materiais poderiam favorecer o trabalho com as frações como os discos de frações. Para tanto, mostramos esse material, que elas não conheciam, e demos breves exemplos de como ele pode ser usado.

Acreditamos que integrar a tecnologia significa usar esse recurso em prol da aprendizagem do aluno; para tal propósito a atividade, o conceito explorado e o *software* devem ser considerados de forma articulada. Nesse sentido, a atividade deve ter como foco o conceito explorado e de modo que o *software* contribua com “algo a mais” para a aprendizagem desse conceito. Para tanto, o professor deve conhecer diferentes materiais<sup>v</sup>, pois cada conceito explorado pode exigir materiais diferentes ou, inversamente, cada material pode permitir explorar diferentes aspectos de um mesmo conceito. Conseqüentemente, o fato de o professor conhecer vários materiais o deixa mais autônomo para tomar suas decisões. Por esse motivo, a discussão sobre a importância de considerar as potencialidades de cada material foi abordada diversas vezes no projeto, em particular, quando apresentamos os discos de frações. Diante disso, a dupla diz:

Isabela: É, na verdade acho que a gente pensou na fração, mas usando o LOGO *seria outro conteúdo* das formas geométricas, *a gente achou que seria legal pintar*.

[...]

Isis: E tem que pensar qual *que vai ser a diferença com o software*, né. (Diário de campo, novembro de 2012).

A afirmação feita por Isabela de que elas acharam interessante o fato de os alunos pintarem, nos possibilita inferir que esse é o motivo da escolha do *software*. Nesse sentido, a retroação que o *software* forneceria não estaria ligada ao objeto matemático fração, mas sim à ferramenta pintar, sendo esse um conhecimento tecnológico do conteúdo.

No segundo planejamento, realizado no oitavo encontro, Isis e Isabela construíram uma malha quadriculada no *Superlogo* (figura 2).

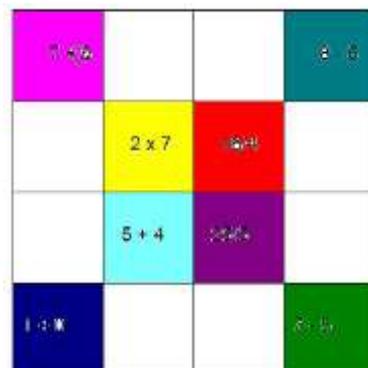
Figura 2 – Imagem fornecida ao aluno para dar início a atividade

<b>7+6</b>			<b>8-5</b>
	<b>2×7</b>	<b>16/4</b>	
	<b>5+4</b>	<b>25/5</b>	
<b>1+0</b>			<b>7-5</b>

Fonte: Planejamento do 8º encontro

Dentro de alguns quadrados da malha colocaram operações para serem resolvidas pelos alunos. Para resolver a atividade era necessário deslocar a tartaruga até o quadrado que continha um cálculo a ser resolvido mentalmente e o resultado deveria ser digitado na janela de comandos usando o comando *mude cp* [resultado da conta]; cada resultado, quando digitado nesse comando, fornecia automaticamente uma cor (figura 3).

Figura 3– Imagem obtida após o término da atividade



Fonte: Planejamento do 8º encontro

Essa atividade foi elaborada pela dupla e para tal usaram a ferramenta ‘aprenda’<sup>vi</sup>. Para a criação dessa ferramenta as acadêmicas mobilizaram novos conhecimentos tecnológicos para trabalhar o conteúdo. Alguns dos comandos usados foram retirados do tutorial que fornecemos às acadêmicas<sup>vii</sup> e muitos deles não havíamos usado no curso, como o comando *mude xy 20 10*, que possibilita o deslocamento da tartaruga em coordenadas cartesianas, deslocando-se 20 para direita e subindo 10. Os comandos *dt* (desaparece tartaruga) e *at* (aparece tartaruga) também não foram usados nos encontros, mas os mesmos eram desnecessários na atividade elaborada, uma vez que não ajudaram a obter retroação que auxiliasse na construção da malha; eles apenas faziam com que a tartaruga desaparecesse e aparecesse quando solicitado e não sabemos o motivo da utilização desse comando pelas acadêmicas. O comando ‘rotule’, já conhecido por elas, foi usado para escrever as contas dentro do quadrado da malha.

Com relação ao conhecimento do conteúdo, na construção da malha observamos a mobilização de propriedades do quadrado. Entretanto, os comandos utilizados pelas acadêmicas não foram depurados, pois observamos momentos que elas usam comandos desnecessários, por exemplo, *pe 90 pd 90 pd 90*, enquanto poderiam usar somente o comando *pd 90*. Outro aspecto a destacar foi o uso do comando *pd 180* quando elas pretendiam mudar a direção da tartaruga, que também é um conhecimento do conteúdo. De modo geral, percebemos que durante a elaboração da ferramenta ‘aprenda’ as acadêmicas vivenciaram o processo de gênese instrumental, pois para elas abordarem o conteúdo desejado foi necessário mobilizar conhecimentos tecnológicos e do conteúdo, construindo, assim, conhecimentos tecnológicos do conteúdo.

Observamos que as atividades que as acadêmicas pensaram necessitavam de conhecimentos tecnológicos que elas não possuíam e essa dificuldade teve como

consequência a mudança de conteúdo. Cabe destacar que essa atividade que elas pensaram, e não conseguiram fazer no *software*, poderia se realizada no ambiente papel e lápis, imprimindo uma malha com as figuras geométricas dentro de cada quadrado, sendo esse um conhecimento pedagógico do conteúdo mobilizado pelas acadêmicas. Nesse ambiente elas conseguiriam discutir o agrupamento das figuras geométricas planas, mas sem trabalhar a questão da lateralidade como é possível com a atividade sendo realizada no *software*.

Percebemos, também, que a atividade desenvolvida tinha como objetivo diagnosticar dificuldades em relação às operações aritméticas e o papel do *software* na atividade era torná-la mais atraente. Buscamos, então, retomar a discussão sobre a contribuição do *software* para a aprendizagem do conteúdo abordado.

Formadora A: [...] *Fazer essa atividade aqui e você me entregar no papel, nos dois casos se eu não sei fazer conta eu vou fazer do meu jeito e vou resolver a atividade. Resolver aqui do meu jeito tô resolvendo, para mim eu resolvi. Só que eu pinte das cores que a minha conta chegou, né? Então assim se for para trabalhar as operações, qual que foi o ganho, né? Será que serviu para me alertar, falar - oh não sei! Por que será que deu errado? Não, eu não consigo ter essa retroação do software, dele me dar algum indicativo de que a solução não tá...*

Isabela: De repente a gente colocaria, assim, o nome da cor que ficaria pintado, sei lá. Tipo vermelho. (Diário de campo, novembro de 2012).

Observamos que a formadora argumenta sobre o diferencial do *software* na atividade. Na sequência, Isabela explicita um modo de a retroação dar um indício de quando o aluno erra. A ideia é que junto com a conta a ser feita fosse escrito o nome da cor que seria obtida pelo resultado da operação. Apesar de essa retroação não contribuir para que o aluno veja onde errou, ela permite que ele saiba se acertou ou não e, nesse caso, busque corrigir o erro. Essa ideia foi discutida durante o encontro e as acadêmicas, junto conosco, decidiram que haveria ganho se projetassem o gabarito com as cores. Desse modo, a cada erro o aluno teria um *feedback* imediato, podendo assim, em caso de dúvida, chamar o professor para auxiliá-lo na resolução da atividade. O excerto a seguir mostra os argumentos de uma acadêmica em favor dessa escolha:

Isis: Eu pelo menos, eu penso, assim, que a criança gosta de fazer essa atividade também. Para ela é mais divertido, né. Do que ficar com o papel na sala lá. Tem que pensar acho que no aluno também; pra mim ele reflete aqui quando faz a conta e erra, não, mas porque que não deu rosa? Daí - ohh professora não to entendendo! - aí o professor volta e faz a interferência com ele. (Diário de campo fevereiro de 2013).

O debate sobre o papel do *software* na atividade, tendo como ponto de partida o planejamento elaborado pela dupla, propiciou a construção de conhecimento

pedagógico tecnológico, uma vez que as acadêmicas discutiram possibilidades de adaptação da atividade que favoreceriam um papel mais ativo dos alunos, na atividade. Do modo como a atividade estava planejada o aluno que errasse não poderia agir sobre o erro; após a mudança o aluno teria um papel mais ativo podendo rever seu erro e tentar novamente. Acreditamos que as discussões levantadas contribuiriam para que as acadêmicas refletissem sobre esse aspecto.

De modo geral, observamos que em um primeiro momento a dupla teve que mobilizar e construir conhecimentos a respeito do conceito de quadrado. Entretanto, saber construir essa figura no software não garantiu a elaboração de um planejamento em que o mesmo fosse fundamental para o trabalho com o conceito visado. Para que isso ocorresse, elas tiveram que construir conhecimentos a respeito do diferencial do *software* na atividade, um conhecimento do tipo pedagógico tecnológico. Isso exigiu, também, que elas observassem que as escolhas metodológicas para trabalhar o conteúdo têm total influência sobre a atividade a ser realizada, o que é um conhecimento do tipo pedagógico do conteúdo.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Na análise dos dados obtidos com a realização do projeto de extensão percebemos que o *Superlogo* já se constituía em um instrumento para construir e ensinar o conceito de quadrado. Observamos que processo de gênese instrumental vivenciado pela dupla foi permeado de dificuldades conceituais em relação às figuras geométricas planas. As principais delas são mobilizar as propriedades relativas aos ângulos internos e as medidas dos lados das figuras geométricas plana. Frente a essas dificuldades buscamos discutir as propriedades das figuras, buscando que as acadêmicas construíssem conhecimentos tecnológicos do conteúdo. Acreditamos que esse tipo de conhecimento é primordial para o trabalho com qualquer instrumento, no caso dessa dupla, o *Superlogo*, pois é esse conhecimento que garante que o professor saiba como as tecnologias agem sobre o objeto matemático.

A base de conhecimentos proposta por Mishra e Koehler (2006) nos permitiu olhar para as interações entre as acadêmicas e a tecnologia quando buscamos a integração dessa na sua futura prática docente. Os autores assinalam que alguns cursos de formação têm buscado dar subsídios tecnológicos para os professores, cabendo a eles (professores) fazerem as articulações com a pedagogia e com o conteúdo. No entanto, Mishra e Koehler (2006) apontam que tal concepção de formação de professores tende a

desconsiderar as relações complexas e delicadas entre conteúdo, tecnologia e pedagogia. Na análise dos encontros conseguimos observar algumas dessas nuances que permeiam o uso de tecnologia. As questões discutidas vão além do fato de saber usar o *Superlogo*; o viés que se seguiu foi discutir como obter, e quais são as contribuições para os processos de ensino e de aprendizagem de um conteúdo quando usamos como estratégia a tecnologia. Se o foco é somente saber usar a tecnologia então as reflexões vivenciadas pelos professores poderiam não ter surgido. Reafirma-se assim que o estudo isolado dos componentes – conteúdo, pedagogia e tecnologia – pode ser inadequado, como afirmam Mishra e Koehler (2006).

A articulação teórica entre a Abordagem dos Conhecimentos Pedagógicos e Tecnológicos do Conteúdo com a Teoria da Instrumentação mostrou-se pertinente para as nossas análises. Uma vez que a primeira nos diz que conhecimentos são necessários quando buscamos integrar a tecnologia no processo de ensino e a segunda possibilita compreender como esses conhecimentos são construídos pelo sujeito. Assim, durante nossas análises descrevíamos os processos e como e quais conhecimentos emergiam durante as ações do projeto.

Percebemos, com essa investigação, quão complexo é o processo de integração da tecnologia na prática de um professor, pois o conhecimento necessário para usar a tecnologia depende de cada situação em que ela é usada. Acreditamos que o conhecimento pedagógico tecnológico do conteúdo pode contribuir para esse processo de integração da tecnologia. Diante do exposto, vemos que a nossa questão – ‘Como e quais conhecimentos são mobilizados ou construídos tendo em vista a integração da tecnologia na prática de futuros professores para o ensino de Matemática nos anos iniciais?’ – não possui uma única resposta, mas inferimos que esses conhecimentos são mobilizados em situações que se discute um uso de forma a contribuir para os processos de ensino e de aprendizagem e permeiam os três componentes: conteúdo, tecnologia e pedagogia, e suas articulações.

## Notas

<sup>i</sup> O *Superlogo* é um software de programação que possibilita o trabalho com alguns conceitos geométricos. Esse software possui uma tela branca e no centro da tela uma tartaruga. O usuário deve dar comandos e ensinar a tartaruga a realizar a atividade desejada. Com os comandos para a direita (*pd*), para a esquerda (*pe*) e para frente (*pf*) já é possível trabalhar diversos conceitos da Geometria.

<sup>ii</sup> Cabe ressaltar, que apesar de centrarmos as atividades nesse software, durante as discussões sobre o uso da tecnologia para o ensino buscávamos salientar que as conclusões que chegávamos podiam ser estendidas para outros recursos.

<sup>iii</sup> Participaram como formadoras as autoras desse artigo e uma professora da UFMS, mestre em Educação Matemática pela UFMS.

<sup>iv</sup> O conceito de esquema utilizado por Rabardel deriva da psicologia cognitiva, de autores como Piaget e Vergnaud.

<sup>v</sup> De acordo com os pressupostos assumidos por nós, conhecer um material não é simplesmente saber como ele funciona, mas é, ao menos, vivenciar parte do processo de gênese instrumental relativa a tal material.

<sup>vi</sup> aprenda malha repita 1 [pf 400 pd 90 pf 400 pd 90 pf 400 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pe 90 pf 100 pe 90 pf 100 pd 90 pf 100 pe 90 pf 100 pe 90 pf 100 pd 90 pe 90 pe 90 pf 400 pe 90 pf 100 pe 90 pf 400 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pe 90 pf 100 pe 90 pf 100 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pe 90 pf 100 pe 90 pf 100 pe 90 pf 400 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pe 90 pf 100 pe 90 pf 100 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pe 90 pf 100 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pe 90 pf 100 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pe 90 pf 100 pe 90 pf 400 pe 90 pd 90 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 pe 90 pf 100 pe 90 pf 100 pd 90 pf 100 pd 90 pf 100 dt un pd 180 pf 600 at mudexy 0 0mudexy 10 65 pd 90 rotule [1+0] mudexy 310 65 rotule [7-5] mudexy 110 265 rotule [2x7] mudexy 210 265rotule [16/4]mudexy 210 165rotule [25/5]mudexy 110 165rotule [5+4] mudexy 10 365rotule [7+6]mudexy 310 365rotule [8-5]dtunpd 90 pf 500 pd 180 ul at fim.

<sup>vii</sup> Esse tutorial disponível em: [http://www.ich.pucminas.br/pged/db/txt/logo\\_comandos-operacoes-cores.pdf](http://www.ich.pucminas.br/pged/db/txt/logo_comandos-operacoes-cores.pdf). (21-01-2014).

## REFERÊNCIAS

BALL, D.; THAMES, M. H.; PHELPS, G. Content knowledge for teaching what makes it special? *Journal of teacher education*, n. 59, v. 5, p. 389-407, november/december 2008.

BITTAR, M. A escolha do software educacional e a proposta didática do professor: estudo de alguns exemplos em Matemática. In: BELINE, W.; COSTA, N. M. L. da (Org.). *Educação matemática, tecnologia e formação de professores: algumas reflexões*. Campo Mourão: Editora da Fecilcam, 2010. p. 215-243.

KOEHLER, M. J. P.; MISHRA, P. What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary issues in technology and teacher education*, n. 1, v. 9, p. 60-70, 2009.

MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: a framework for teacher knowledge. *Teachers College Record*, v. 108, n. 6, p. 1.017-1.054, junho, 2006.

PAPERT, S. M. *A máquina das crianças: repensando a escola na era da informática*. Nova tradução, prefácio e notas de Paulo Gileno Cysneiros. Porto Alegre: Artmed, 1994.

RABARDEL, P. *Les hommes et les technologies: une approche cognitive des instruments contemporains*. Paris: Armand Colin, 1995.

RABARDEL, P. Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In: BAILLEUL, M. (Ed.). *Actes de la Xème Ecole d'Été en Didactiques des Mathématiques*. Houlgate: IUFM de Caen, 1999. p. 202-213.

SHULMAN, L. Those who understand: knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, v. 15, v. 2, p. 4-14, february, 1986.

VALENTE, J. A. *Informática na educação: instrucionismo x construcionismo*, 1997. Disponível em: <http://www.divertire.com.br/artigos/valente2.htm>. Acesso em: 7 mar. 2012.

Recebido em junho de 2014

Aceito em agosto de 2014