

Instituto Federal do Rio de Janeiro

Campus Volta Redonda

Licenciatura em Matemática

Helder da Fonseca Nunes

O modelo TPACK para inserção de
tecnologias em aulas de matemática e
pesquisas sobre o tema no Brasil

Volta Redonda

2018

Helder da Fonseca Nunes

**O modelo TPACK para inserção de tecnologias em
aulas de matemática e pesquisas sobre o tema no
Brasil**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao corpo docente do Instituto Federal do
Rio de Janeiro como requisito parcial para
a obtenção do grau de Licenciado em
Matemática.

Orientadora: Profa. Ma. Roberta Fonseca
dos Prazeres
Instituto Federal do Rio de Janeiro - IFRJ

Nunes, Helder da Fonseca
N972m O modelo TPACK para inserção de tecnologias em aulas de matemática e pesquisas sobre o tema no Brasil /Helder da Fonseca Nunes. - - RJ: Volta Redonda, 2018.
75f. :il.

Orientador: Prof.^a Ma Roberta Fonseca dos Prazeres
Trabalho de conclusão de curso (Graduação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro: Campus Volta Redonda, 2018.

1. Matemática – TPACK. 2. Matemática – Tecnologias. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro, Volta Redonda II. Prazeres, Roberta Fonseca dos III. Título

CDU 51

Helder da Fonseca Nunes

**O modelo TPACK para inserção de tecnologias em
aulas de matemática e pesquisas sobre o tema no
Brasil**

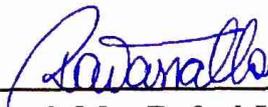
Trabalho de Conclusão de Curso submetido
ao corpo docente do Instituto Federal do
Rio de Janeiro como requisito parcial para
a obtenção do grau de Licenciado em
Matemática.

Aprovado em 19 de Dezembro de 2018.

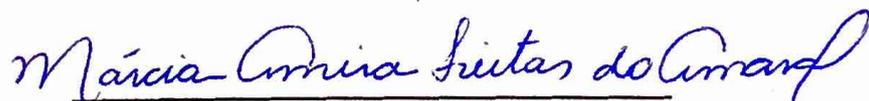
Banca Examinadora



**Prof. Ma. Roberta Fonseca dos
Prazeres**
Orientadora/IFRJ



Prof. Me. Rafael Vassallo Neto
Convidado 1/IFRJ



**Prof. Dra. Márcia Amira Freitas do
Amaral**
Convidado 2/IFRJ



Prof. Me. Rafael da Silva Lima
Convidado 3/IFRJ

RESUMO

As mudanças tecnológicas estão ocorrendo de forma cada vez mais rápida. Além de afetarem a sociedade e a interação entre as pessoas, acabam trazendo modificações também para o ambiente escolar. O emprego de tecnologias no processo de ensino e de aprendizagem pode contribuir positivamente para uma melhoria da compreensão dos conteúdos a serem lecionados. Dessa forma, a posição do professor frente a esse cenário é um fator a ser considerado, levantando a seguinte questão: quais são os conhecimentos, necessários ao professor, para que ocorra a integração da tecnologia ao ensino? Acredita-se que o entendimento desse processo é essencial para que a díade tecnologia-educação seja bem sucedida. O objetivo principal desse trabalho é, assim, exibir um modelo que possa orientar a prática docente, chamado de Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo, ou TPACK. Além disso são elencadas algumas pesquisas, realizadas no Brasil, que tratam sobre a inserção de tecnologias dentro do contexto das aulas de matemática. A partir de tal abordagem, espera-se contribuir para que mais discussões ocorram, visto que o número de pesquisas sobre o tema ainda é escasso.

Palavras-chave: TPACK; Tecnologia; Matemática.

ABSTRACT

Technological changes are getting more and more rapidly. Besides affecting society and the interaction between people, they also bring changes to the school environment. The use of technologies in the teaching and learning process can contribute positively to an improvement of the understanding of the contents to be taught. Thus, the teacher's position in this scenario is a factor to be considered, raising the following question: what are the knowledge, necessary to the teacher, for the integration of technology to teaching? It is believed that understanding this process is essential if the technology-education dyad is to succeed. The main objective of this work is, therefore, to present a model that can guide the teaching practice, called TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge). In addition, it listed some researches, conducted in Brazil, that deal with the subject within the context of mathematics classes. From the approach of such subject, it is hoped to contribute for more discussions, since the number of researches on the subject is still insignificant.

Keywords: TPACK; Technology; Mathematics.

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	1
2 – TECNOLOGIAS E EDUCAÇÃO	3
2.1 TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO: HISTÓRICO	4
2.2 INFORMÁTICA EDUCATIVA NO BRASIL	7
3 – O MODELO TPACK	11
3.1 OS TRABALHOS DE SHULMAN	11
3.2 O MODELO TPACK	13
4 – TPACK E MATEMÁTICA	19
4.1 INDICADORES E NORMAS DO TPACK MATEMÁTICO PARA PROFESSORES	22
4.2 DESENVOLVIMENTO DO TPACK DOS PROFESSORES DE MATEMÁTICA	23
4.3 UM MODELO DE DESENVOLVIMENTO PARA O TPACK MATEMÁTICO	25
5 – PANORAMA DE PESQUISAS RECENTES SOBRE TPACK MATEMÁTICO BRASIL	30
5.1 METODOLOGIA DE PESQUISA	30
5.2 TRABALHO 1	31
5.3 TRABALHO 2	34
5.4 TRABALHO 3	44
5.5 TRABALHO 4	55
5.6 TRABALHO 5	62
5.7 OBSERVAÇÕES GERAIS SOBRE OS TRABALHOS LISTADOS	69
CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	72

1 INTRODUÇÃO

Todas as épocas pelas quais a sociedade passa são, de certa forma, tecnológicas. Desde a Idade da Pedra a tecnologia, no período em questão, os utensílios em pedra, promovem modificações na vida social dos grupos.

O momento atual envolve novos cenários em torno de tecnologias como celulares, tablets e notebooks. As informações circulam de maneira cada vez mais rápida, por meio da internet, e as pessoas precisaram se adaptar e se adequar a essa realidade. Em maio de 2018, por exemplo, o número de smartphones no Brasil era de 220 milhões, segundo dados de uma pesquisa da Fundação Getúlio Vargas¹. Ou seja, há mais smartphones do que habitantes no país.

As mudanças tecnológicas afetam, também, a prática de ensinar. Por isso, entender como as tecnologias funcionam e de que maneira elas podem maximizar a aprendizagem dos alunos se torna essencial (KENSKI, 2003).

Apesar de o desenvolvimento tecnológico estar em plena expansão, ainda são poucos os trabalhos em português que tratam sobre os conhecimentos, acerca do tema, que os professores devem possuir (CIBOTTO; OLIVEIRA, 2017). Por isso, chega-se a seguinte pergunta: quais são os conhecimentos necessários para aplicação efetiva de tecnologias em sala de aula e como o tema vem sendo tratado no Brasil?

A hipótese é de que, para que haja a interação efetiva entre o ensino e as tecnologias, um dos fatores necessários é que os docentes entendam como tal processo funciona. Dessa forma, pode-se verificar que o acesso às novas tecnologias não é fator suficiente para que ocorra o uso de um meio tecnológico objetivando a aprendizagem.

A partir da pergunta inicial, um levantamento bibliográfico levou a um modelo chamado TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge* ou Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo). Esse modelo foi desenvolvido considerando-se as dificuldades de se promover uma integração entre os conteúdos específicos de cada disciplina, os conhecimentos sobre tecnologia e a forma como os estudantes pensam.

O objetivo principal do trabalho é, então, mostrar quais são os tópicos principais relativos ao TPACK e como esse modelo pode ser inserido, especificamente, no ensino de matemática. Como objetivos específicos, tem-se mostrar a evolução das tecnologias na educação e como pesquisas recentes brasileiras tem utilizado o TPACK visando promover a integração tecnológica em aulas de matemática.

Com tais objetivos em vista, o presente trabalho conta com mais quatro capítulos. No segundo capítulo, apresenta-se o que vem a ser tecnologia na educação e um pequeno

¹ Disponível em: <<https://eaesp.fgv.br/sites/eaesp.fgv.br/files/pesti2018gvciappt.pdf>>. Acesso em: 10 set. 2018.

histórico sobre seu desenvolvimento. No capítulo seguinte, disserta-se sobre o referencial teórico TPACK, que esclarece quais são os conhecimentos, necessários ao professor, que devem ser trabalhados e articulados para que se tenha sucesso na inserção de tecnologias nas aulas.

No quarto capítulo mostra-se como o TPACK pode ser associado à disciplina de matemática, de maneira a nortear os trabalhos dos docentes nesse assunto. No último capítulo são destacadas cinco pesquisas, dentre os anos de 2017 e 2018, que utilizaram o TPACK como referencial teórico para abordar questões sobre o emprego de tecnologias no ensino de matemática.

Por meio delas pode-se verificar que, apesar de a tecnologia nas escolas ser um tema do qual não se pode escapar, ainda há muito o que se fazer para que ela alcance seu potencial educacional. Por fim, tem-se as considerações finais e as referências empregadas para a realização desse trabalho.

2 TECNOLOGIAS E EDUCAÇÃO

No presente capítulo são apresentadas as primeiras tecnologias envolvidas em ambientes educacionais. Por meio desse histórico é possível verificar que mudanças, relativas ao ensino, foram ocorrendo de maneira paralela.

A tecnologia é um produto da ciência e da engenharia que envolve um conjunto de instrumentos, métodos e técnicas que visam resolver problemas. A palavra tem origem no grego “*tekhne*”, que significa técnica, juntamente com “*logia*”, que significa estudo.

O avanço significativo da tecnologia, de forma geral, ocorreu durante a Revolução Industrial. Foi nessa época que as máquinas começaram a substituir o ser humano. Sobre esse período, é possível afirmar que:

A revolução industrial constitui um divisor de águas na história econômica do Ocidente, dados seus impactos sobre o crescimento da produtividade. Desde meados do século XVIII observam-se sucessivas ondas de inovações obtidas por meio da introdução de máquinas e equipamentos, de novas formas de organização da produção e do desenvolvimento de novas fontes de materiais e energia. (TIGRE, 2006, p. 3)

Esse processo de inovações trouxe o surgimento de importantes instrumentos, que ainda hoje são utilizados.

No final do século XVIII, a invenção da máquina de escrever foi o primeiro passo para a aceleração do processo produtivo nos escritórios. A invenção do telefone, no final do século XIX, permitiu a expansão e a descentralização das organizações rumo a novos e diferentes mercados. O navio, o automóvel, o avião proporcionaram uma expansão sem precedentes nos negócios mundiais. O desenvolvimento tecnológico sempre constituiu a plataforma básica que impulsionou o desenvolvimento das organizações e permitiu a consolidação da globalização. (CHIAVENATO, 2011, p. 414)

Apesar da tecnologia ser muitas vezes benéfica no processo produtivo, ou onde quer que seja empregada, a sua adoção não é simples, visto que envolve uma série de mudanças que devem ser realizadas para que sua implantação ocorra. É necessária a transformação de métodos já consolidados, implicando em aumento de custos, por exemplo, dentre outras demandas. Sendo assim, é primordial que haja uma combinação de fatores que incitem essa mudança e a possibilitem (TIGRE, 2006).

Dentro desse contexto, tem-se o surgimento da tecnologia digital, que é um conjunto de técnicas que permite a transformação de qualquer linguagem em números, que podem ser interpretados computacionalmente. Quando uma imagem, um texto ou um jogo é visto no celular, o que está sendo visto é a forma final. Porém, eles são representados para o computador como números, 0 e 1, o que, na informática, é chamada de linguagem binária.

2.1 Tecnologias na educação: histórico

A aplicação e a elaboração de tecnologias utilizadas em salas de aula são fatores que não podem ser esquecidos, pois tais assuntos são indissociáveis.

“Tecnologia na Educação” é uma expressão preferível a “Tecnologia Educacional” pois esta sugere que há algo intrinsecamente educacional nas tecnologias envolvidas, o que não parece ser o caso. A expressão “Tecnologia na Educação” deixa aberta a possibilidade de que tecnologias que tenham sido inventadas para finalidades totalmente alheias à educação, como é o caso do computador, possam, eventualmente, ficar tão ligadas a ela que se torna difícil imaginar como a educação era possível sem elas. A fala humana (conceitual), a escrita, e, mais recentemente, o livro impresso, também foram inventados, provavelmente, com propósitos menos nobres do que a educação em vista. Hoje, porém, a educação é quase inconcebível sem essas tecnologias. Segundo tudo indica, em poucos anos o computador em rede estará, com toda certeza, na mesma categoria. (CHAVES, 1999, p. 2)

A integração entre as palavras *tecnologia* e *educação* fornece um conjunto de expressões que acabam, muitas vezes, produzindo sentidos diferentes, como os apresentados na citação anterior. Conforme relata Miranda (2007), pode-se ter os conceitos de Tecnologia Educativa (TE), Tecnologias Aplicadas à Educação, Tecnologias da Informação e Comunicação (TIC), Novas Tecnologias da Informação (NTI) ou Novas Tecnologias da Informação e Comunicação (NTIC), Literacia Informática e Educação Tecnológica.

Segundo Miranda (2007), a TE envolve os processos relacionados à aprendizagem e também os recursos técnicos com essa finalidade. Já a expressão TIC engloba a interação entre a informática com a tecnologia de telecomunicações, que apresenta como principal elemento a internet. Quando tais tecnologias são associadas à educação, as TIC são vistas como subconjunto da TE.

O termo Literacia Informática se relaciona às competências relativas ao uso de computadores no cotidiano. A Educação Tecnológica, mais amplo que o conceito anterior, compreende o conhecimento no uso de tecnologias e sobre sua evolução e impacto na sociedade, por meio do saber de toda sua história. No entanto a autora declara que “[...] usar o termo Tecnologia Educativa para delimitar um domínio teórico e de investigação no qual me reconheço” (MIRANDA, 2007, p. 43).

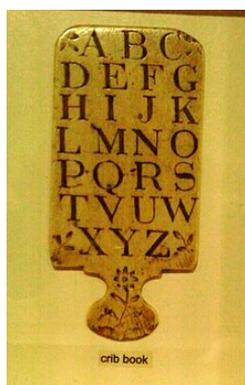
Joly e Silveira (2003), por outro lado, empregam a expressão Tecnologia Educacional, relativa tanto aos instrumentos que são usados em função do processo de ensino-aprendizagem, chamados de recursos tecnológicos, como também às transformações pelas quais passam os alunos, no que tange à pesquisa, teoria e evolução de recursos mentais, comportamentais e físicos. Os recursos tecnológicos incluem a televisão e o computador, por exemplo. Assim, a expressão Tecnologia Educacional engloba não apenas os recursos técnicos, mas também os processos ligados à melhora no processo de ensino-aprendizagem.

Portanto, verifica-se que a escolha da melhor expressão para alinhar tais temas já é um passo difícil de ser dado.

Considerando a definição do termo *tecnologia*, o surgimento da mesma como ferramenta educacional se inicia em meados de 1655, quando Stephen Dayne iniciou o primeiro processo de impressão utilizado nos Estados Unidos da América (EUA). Ao invés de livros impressos, que eram muito caros, colonos americanos utilizavam o que chamavam de *hornbook* ou, em tradução literal, cartilha (Fig. 1).

Provenientes da Inglaterra, essas cartilhas foram uma das primeiras formas de tecnologias educacionais utilizadas para auxiliar os professores nas escolas americanas. Uma cartilha nada mais era do que um pedaço de madeira, uma solução barata que resolveu o problema dos professores de ensinar sem ter livros disponíveis.

Figura 1 – Modelo de cartilha.



Fonte: Novotny e Sokołowski (2013)

A evolução tecnológica teve prosseguimento com a utilização de caixas de areia (*sandboxes*) em 1806. De acordo com Russell (2006), nessa época houve o surgimento do Método Bell-Lancaster, nome que faz referência aos inventores Dr. Andrew Bell e Joseph Lancaster. Nesse método, os alunos com maiores facilidades eram escolhidos para serem pupilos dos professores e tinham a função de ajudar os outros alunos na resolução das tarefas. Cada pupilo era responsável por cerca de vinte alunos e os auxiliavam por meio das *sandboxes*.

Os alunos a utilizavam para praticar o alfabeto: areia branca cobria a caixa de fundo negro e os alunos então escreviam com os próprios dedos na areia, formando as palavras. Após a escrita, os pupilos faziam o acabamento com uma lâmina de ferro, de forma que as letras aparecessem no seu formato final. Essas *sandboxes* foram escolhidas por apresentarem baixo custo. Porém, nos anos de 1830, segundo Russell (2006), dúvidas começaram a surgir quanto à efetividade do Método Bell-Lancaster e seu declínio promoveu o desuso das *sandboxes*.

Após as *sandboxes*, os estudantes começaram a utilizar uma lousa individual, na qual escreviam o que lhes era passado pelo professor. Mas essas lousas tinham o inconveniente

do professor não conseguir se comunicar, de forma escrita, com toda a turma. Com a motivação de facilitar a comunicação do professor com o aluno em sala de aula, surgiram os quadros-negros (*blackboards*), em 1841. Pouco tempo depois, Horace Mann, famoso educador estadunidense, encorajou as escolas a comprarem quadros-negros. No fim dos anos 1800, a adoção dos mesmos nas salas de aula era massiva.

Porém, havia um empecilho: como utilizar esse recurso da maneira mais didática possível? Aprender a integrar o quadro-negro no dia a dia da sala de aula não foi tarefa fácil. De acordo com Russell (2006), quando começaram a serem introduzidos, os quadros-negros ficaram sem utilidade por muitos anos, até o momento em que os professores perceberam que eles poderiam auxiliar em aulas para grupos de alunos. Houve, então, uma mudança do ensino individual para o ensino coletivo. Ainda hoje esse recurso é utilizado apesar de estar sendo substituído, em muitas escolas, pelos quadros-brancos.

Outras tecnologias educacionais que podem ser citadas são o lápis, a máquina de escrever, o projetor, as máquinas de ensinar, o rádio, a televisão, o mimeógrafo e as máquinas de xerox. Nos anos de 1950 e 1960, as pesquisas envolvendo o método didático de Ensino Programado de Skinner abriram caminho para o desenvolvimento de sistemas de aprendizagem mais avançados.

Basicamente, o método de Skinner consistia em dividir o material a ser ensinado em pequenos segmentos logicamente encadeados e denominados módulos. Cada fato ou conceito é apresentado em módulos sequenciais. Cada módulo termina com uma questão que o aluno deve responder, preenchendo espaços em branco ou escolhendo a resposta certa entre diversas alternativas apresentadas. (VALENTE, 1997)

Contudo, o método de Skinner não se popularizou pois a produção do material de ensino tinha alta complexidade e, ainda, faltava uma padronização dos materiais existentes. O que veio a promover um marco na evolução da utilização das tecnologias educacionais foi a invenção do computador pessoal, dando início à chamada informática educativa.

Os primeiros computadores inventados eram enormes e muito caros. Por esses motivos, sua utilização em sala de aula era inviável. Com o surgimento dos PC's (*Personal Computers*) esses empecilhos foram quebrados. Os computadores foram utilizados como uma maneira de tornar o sistema de aprendizagem mais individual. Esse método se tornou conhecido como *Computer-aided instruction* (CAI) ou em português PEC (Programas Educacionais por Computador).

O método CAI tinha a intenção de ensinar conteúdos específicos aos alunos. Os *softwares* utilizados nesse método não possuíam uma interação muito efetiva com o aluno. Dos mesmos eram requeridas respostas simples, preenchimento de lacunas e escolha de alternativas. Caso o aluno respondesse de modo incorreto, uma mensagem de erro era enviada e o computador “assumia o controle” apenas mostrando a palavra “errado” e sugerindo outro problema (HARAN, 2015).

A primeira geração de *softwares* CAI utilizavam computadores de grande porte que eram extremamente caros, não alcançando o objetivo do método, pois não permitiam uma instrução individualizada dos alunos. De acordo com Valente (1997), a disseminação do método CAI nas escolas somente aconteceu com os microcomputadores.

Isso ocorreu porque eles eram mais baratos, permitindo uma enorme produção de cursos e uma diversificação de tipos de CAI, como tutoriais, programas de demonstração, exercício-e-prática, avaliação do aprendizado, jogos educacionais e simulação. De acordo com um estudo feito pelo *The Educational Products Information Exchange Institute* (EPIE), uma organização do *Teachers College* de Columbia, E.U.A., em 1983 foram identificados mais de 7.000 pacotes de *softwares* educacionais no mercado, sendo que 125 eram adicionados a cada mês (VALENTE, 1997).

2.2 Informática Educativa no Brasil

Nessa seção serão exibidos alguns acontecimentos históricos importantes relacionados à introdução da informática educativa no Brasil. A partir da exposição desse cenário, será possível verificar o protagonismo que tiveram as universidades brasileiras nesse processo.

Em 1971, o uso de computadores no ensino de física foi discutido na Universidade de São Paulo - São Carlos, em um seminário promovido em colaboração com a Universidade de Dartmouth/EUA. Porém, a Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) foi a instituição pioneira na utilização do computador em atividades acadêmicas, através do Departamento de Cálculo Científico, que deu origem ao Núcleo de Computação Eletrônica (NCE), no ano de 1966 (MORAES, 1993).

De acordo com Nascimento (2007), a partir de 1973, o Núcleo de Tecnologia Educacional para a Saúde (Nutes) e o Cento Latino-Americano de Tecnologia Educacional (Clates), ambos da UFRJ, iniciaram, no contexto acadêmico, o uso da informática como tecnologia educacional voltada para a avaliação formativa e somativa de alunos na disciplina de química.

Ainda no mesmo ano, já na Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), houve a utilização de terminais de teletipo e *display*, que eram telas de computadores diferentes das que se tem atualmente. Esses equipamentos foram aplicados em um simulado de física para os alunos de graduação. Segundo Nascimento (2007), destacava-se o *software* Siscari, desenvolvido pelo Centro de Processamento de Dados (CPD), voltado para a avaliação de alunos de pós-graduação em Educação.

Em 1975, pesquisadores da Universidade de Campinas (Unicamp), coordenados pelo professor Ubiratan d'Ambrósio, do Instituto de Matemática, Estatística e Ciências da Computação, escreveram o documento "Introdução de Computadores nas Escolas de 2º Grau". Em 1975 e 1976, a Unicamp recebeu a visita de Seymour Papert e Marvin Minsky,

renomados cientistas criadores de uma nova perspectiva em inteligência artificial, para ações de cooperação técnica (MORAES, 1997).

Em fevereiro e março de 1976, pesquisadores da Unicamp visitaram o MEDIA-Lab do Instituto de Tecnologia de Massachusetts nos Estados Unidos MIT/EUA. Segundo Nascimento (2007) essa visita permitiu a criação de um grupo interdisciplinar envolvendo especialistas das áreas de computação, linguística e psicologia educacional, dando origem às primeiras investigações sobre o uso do computador na educação, utilizando uma linguagem de programação chamada *LOGO*.

A linguagem LOGO foi originalmente criada por Seymour Papert que trabalhou com Piaget durante cinco anos. Ele tinha o objetivo de projetar uma linguagem de programação simples e apropriada para o ensino de crianças mas que não fosse “de brinquedo”. Essa linguagem tem a característica elaborada para implementar uma metodologia de ensino baseada no computador e para explorar aspectos do processo de ensino-aprendizagem. Assim, o LOGO tem duas raízes, uma computacional e outra pedagógica. (VALENTE, 1993).

Uma tartaruga representa o principal objeto da linguagem. Ela equivale-se ao conceito primitivo de **ponto** da geometria. Os comandos dados são transmitidos a ela. Pode-se trabalhar de duas maneiras: no modo direto, no qual a tartaruga executa diretamente o comando do teclado, ou no modo programa, no qual novos comandos podem ser obtidos através do comando *aprenda*. Esses procedimentos podem ser arquivados e posteriormente reutilizados. Essa ação de criar um procedimento chama-se de *ensinar a tartaruga*.

À medida que os comandos são explorados, começa-se a ter noção dos projetos que podem ser desenvolvidos por ela. O aspecto pedagógico do LOGO está fundamentado no construtivismo de Piaget. Piaget dizia que a criança desenvolve a sua capacidade intelectual interagindo com os objetos do ambiente em que ela vive. Isso acontece sem que a criança precise ser ensinada.

É justamente este aspecto do processo de aprendizagem que o Logo pretende resgatar: um ambiente de aprendizado onde o conhecimento não é passado para a criança, mas onde a criança interagindo com os objetos desse ambiente, possa desenvolver outros conceitos, por exemplo, conceitos geométricos. Assim, do ponto de vista pedagógico existem diversos aspectos na metodologia Logo que devem ser enfatizados. Primeiro, o controle do processo de aprendizagem está nas mãos do aprendiz e não nas mãos do professor. Isto porque a criança tem a chance de explorar o objeto "computador" da sua maneira e não de uma maneira já pré-estabelecida pelo professor. É a criança que propõe os problemas ou projetos a serem desenvolvidos através do Logo. Estes são projetos que a criança está interessada em resolver (VALENTE, 1993, p. 13).

Em 1981, de acordo com Nascimento (2007), foi divulgado o documento “Subsídios para a Implantação do Programa Nacional de Informática na Educação”, no qual constava formalmente o primeiro modelo de funcionamento de um futuro sistema de informática na educação brasileira. O documento destacava que as iniciativas nacionais deveriam

estar nas universidades e não nas Secretarias de Educação. Em primeiro lugar, precisava-se construir conhecimentos técnico-científicos e só depois levá-los para a sociedade.

Em 1982, o Ministério da Educação (MEC) se comprometeu a criar instrumentos e mecanismos para o desenvolvimento de estudos na área de informática na educação e implantação de projetos que permitissem investigações nessa área. Nesse mesmo ano, segundo Nascimento (2007), foram elaboradas as primeiras diretrizes ministeriais para o setor, estabelecidas no III Plano Setorial de Educação e Cultura (III PSEC), que apontavam e davam respaldo para a utilização das tecnologias educacionais e as possibilidades desses recursos colaborarem para a melhoria no processo de ensino-aprendizagem.

Uma data considerada muito importante foi quando, em março de 1983, a Secretaria Executiva da Comissão Especial apresentou o documento Projeto Educom. As contribuições do projeto foram decisivas para a criação de uma cultura nacional de uso de computadores na educação.

De acordo com os relatórios de pesquisas, o EDUCOM produziu num período de 5 anos 4 teses de doutorado, 17 teses de mestrados, 5 livros, 165 artigos publicados, mais de duas centenas de conferências e palestras ministradas, além de vários cursos de extensão, especialização e treinamento de professores. Sistemas de autor e vários softwares educacionais foram desenvolvidos, dos quais alguns foram os primeiros colocados em concursos nacionais. Assessoramentos técnicos foram prestados às várias secretarias estaduais e municipais de educação, aos comitês assessores de programas ministeriais, bem como desenvolvidos programas de cooperação técnica, nacional e internacional, promovidos pela OEA e UNESCO. (MORAES, 1997, p. 21)

Uma nova fase se iniciou em 1986, com a criação do Comitê Assessor de Informática na Educação da Secretaria de Ensino de 1º e 2º graus, sendo constituído por profissionais de reconhecida competência técnico-científica no país. Em abril do mesmo ano, o comitê recomendou a aprovação do Programa de Ação Imediata em Informática na Educação de 1º e 2º graus. Esse programa objetivava a criação de infra-estrutura de suporte junto às secretarias estaduais de educação, a capacitação de professores, o incentivo à produção descentralizada de *softwares* educativos, bem como a integração de pesquisas que vinham sendo desenvolvidas por diversas universidades brasileiras (NASCIMENTO, 2007).

Em meados de 1986, iniciou-se uma nova fase, motivada pela necessidade de elaborar um plano estratégico para o desenvolvimento da utilização da informática na educação. A partir disso, houve a realização da Jornada de Trabalho de Informática na Educação, em Florianópolis, já em 1987. O resultado desse encontro de profissionais foi um documento com recomendações para a formulação da política trienal para o setor (MORAES, 1993).

O início da capacitação dos professores deu-se através do Projeto Formar, cuja principal finalidade era a capacitação de profissionais e disseminação dos conhecimentos pedagógicos em informática educativa.

O Projeto FORMAR foi criado por recomendação do Comitê Assessor de Informática e Educação do Ministério da Educação - CAIE/MEC, sob a coordenação do NIED/UNICAMP, e ministrado por pesquisadores e especialistas dos demais centros-piloto integrantes do projeto EDUCOM. Destinava-se, em sua primeira implantação, à formação de profissionais para atuarem nos diversos centros de informática educativa dos sistemas estaduais/municipais de educação. Tratava-se de um curso de especialização de 360 h, planejado de forma modular, ministrado de forma intensiva ao longo de 9 semanas (45 dias úteis), com 8 horas de atividades diárias. Seus conteúdos foram distribuídos em 6 disciplinas, constituídas de aulas teóricas e práticas, seminários e conferências. (NASCIMENTO, 2007, p. 22)

O ano de 1988 marcou o início da cooperação multinacional, envolvendo outros países latino-americanos no desenvolvimento de projetos voltados à informática educativa. A primeira cooperação ocorreu com o México, com o nome de Projeto Coeoba. Em maio de 1989 aconteceu a Jornada de Trabalho Luso-Latino-Americana de Informática na Educação em Petrópolis. O objetivo era identificar áreas de interesse comuns relacionadas à formação de recursos humanos (MORAES, 1997).

A partir dessas iniciativas foi estabelecida uma base sólida para a criação de um Programa Nacional de Informática Educativa (Proninfe), efetivado em outubro de 1989. De acordo com Moraes (1997), o Proninfe tinha como finalidade desenvolver a informática educativa no Brasil, através de projetos e atividades, apoiados em fundamentação pedagógica sólida e atualizada.

Segundo Nascimento (2007), em abril de 1997 foi criado o Programa Nacional de Informática na Educação (ProInfo), resultado das experiências anteriormente citadas. Dez anos depois ele foi reestruturado, recebendo o nome de Programa Nacional de Tecnologia Educacional. Seu objetivo é promover o uso pedagógico da informática na rede pública de ensino fundamental e médio, por meio da qualificação dos professores. O ProInfo funciona de forma descentralizada, sendo sua coordenação de responsabilidade da federação e sua operação conduzida pelos estados e municípios.

O programa leva às escolas computadores, recursos digitais e conteúdos educacionais. Em contrapartida, estados, Distrito Federal e municípios devem garantir a estrutura adequada para receber os laboratórios e capacitar os educadores para uso das máquinas e tecnologias (PROINFO, 2018)².

De acordo com Costa (2015), esse programa forneceu suporte a tecnologias de informação e comunicação a pessoas de muitos lugares. Todavia, apenas o acesso a tais ferramentas não é suficiente, visto que é importante também que o professor saiba como utilizá-las de forma a promover o conhecimento. Esse saber do docente será o objeto de discussão do próximo capítulo.

² Disponível no site do MEC: <<http://portal.mec.gov.br/proinfo>>. Acesso em: 16 set. 2018.

3 O MODELO TPACK

No capítulo anterior foram vistas as tecnologias utilizadas na educação e alguns fatos ligados à introdução da informática na educação brasileira. Contudo, o uso de tecnologias não garante o sucesso na transmissão do conhecimento. Neste capítulo será discutido o modelo que relaciona um conjunto de saberes necessários ao docente para que tais ferramentas sejam utilizadas em sua plenitude.

É mandatório que o professor tenha conhecimento do conteúdo que irá lecionar, porém apenas isso não é o suficiente. Uma série de conhecimentos devem ser adquiridos, bem como estratégias pedagógicas adequadas para cada área, de forma que o professor esteja apto para enfrentar os desafios presentes em sala de aula.

3.1 Os trabalhos de Shulman

Nesse contexto surge a contribuição de Shulman (1986). Ele investiga as complexidades do conhecimento do professor (entendimento e transmissão do conteúdo). Segundo o autor, o conhecimento do professor costumava ser medido somente pelo domínio do conteúdo. Por sua vez, ele procurou entender as complexidades relacionadas à compreensão e à transmissão do conteúdo obtendo, dessa forma, três categorias para analisar o conhecimento do professor. As categorias são: conhecimento do conteúdo, conhecimento pedagógico do conteúdo e conhecimento do currículo.

A primeira se refere à quantidade e à organização do conhecimento na mente do professor. A segunda engloba a forma de se utilizar diferentes formas de representação das ideias (exemplos, analogias, demonstrações) de maneira a tornar um conteúdo compreensível aos outros. Envolve também o entendimento, do professor, sobre as especificidades de cada conteúdo, reconhecendo suas dificuldades com a intenção de reorganizar a assimilação dos alunos.

Já o último, conhecimento do currículo, relaciona-se a como o professor utiliza os materiais disponíveis de forma a ensinar um mesmo tópico de maneiras diversas. Assim, o docente demonstra que tem familiaridade com os assuntos a serem apresentados. Nessa estrutura distinguem-se, então, três categorias do saber para ensinar.

[...] o saber do conteúdo (a estrutura substantiva e sintática da disciplina, incluindo compreender como afirmativas são justificadas, diferenças entre convenção e construção lógica), o saber curricular (programas, materiais instrucionais, parâmetros, currículo horizontal e vertical) e o saber pedagógico do conteúdo. Este último, o saber pedagógico do conteúdo, é um tipo especial de conhecimento que se constitui pela integração do conhecimento de conteúdo e conhecimento pedagógico (conhecimento sobre ensinar e aprender) incluindo, dentre outros: quais representações são mais úteis para apresentar uma ideia matemática específica; analogias,

ilustrações, exemplos, explicações e demonstrações com maiores potenciais para tornar o conteúdo compreensível para os alunos; a compreensão do que torna difícil ou fácil o aprendizado de certo tópico; conhecimentos baseados em pesquisas a respeito das concepções mal formadas e conhecimentos prévios dos alunos relacionados aos tópicos lecionados mais frequentemente; estratégias para abordar/alterar concepções errôneas. (PALIS, 2010, p. 433-434)

O principal conceito relacionado ao conhecimento pedagógico do conteúdo é que ensinar um conteúdo requer mais do que o conhecimento sobre ele. Engloba também o desenvolvimento de estratégias apropriadas aos alunos (KOEHLER et al., 2014).

Shulman (1987) volta a apresentar seus estudos sobre um modelo que diz que o professor deve desenvolver uma estrutura de conhecimentos integrados, que incorpora o conhecimento do conteúdo, dos alunos, da pedagogia, do currículo e da escola. Segundo ele, o professor conhece algo que não é entendido por outros, presumidamente os estudantes. O professor pode transformar o entendimento e habilidades em representações e ações pedagógicas. Esses são caminhos de se expressar, mostrar, anunciar e representar ideias para que o que antes não era de conhecimento dos estudantes, se torne sabido.

Para Shulman (1987), a docência é uma profissão que se aprende na prática. Um professor é membro de uma comunidade escolar e deve entender que a estrutura dos sujeitos dessa comunidade é importante. O professor deve se perguntar: Quais são as mais importantes ideias e saberes dessa área? E como novas ideias são adicionadas e as ideias ruins são descartadas por aqueles que produzem o conhecimento em determinada área? O professor não deve somente ter conhecimento profundo de um determinado assunto, mas também uma visão ampla da educação e do processo de ensino-aprendizagem que servem de base para a antiga aprendizagem e facilitadora para a aquisição de novos conhecimentos.

Existem, de acordo com Shulman (1987), pelo menos quatro grandes fontes para a base do conhecimento do ensino: formação acadêmica nas áreas de conhecimento; os materiais e o entorno do processo educacional institucionalizado; pesquisas sobre escolarização, organizações sociais, aprendizado humano, ensino e desenvolvimento; e sabedoria que deriva da própria prática.

A formação acadêmica nas áreas de conhecimento está relacionada com o quanto de conhecimento o professor tem do conteúdo. O professor é a fonte primária através da qual o estudante terá entendimento do assunto. A maneira como o conteúdo é ensinado aos alunos transmite aos mesmos o que é essencial num determinado assunto e o que é periférico. O professor deve ter uma visão flexível e variada compreensão do conteúdo, de forma que, caso seja necessário uma outra abordagem, ele seja capaz de fazê-la.

As estruturas e materiais educacionais são necessários para que o a aprendizagem seja atingida. Entre eles incluem-se os currículos, com escopos e sequências didáticas; avaliações no geral; instituições e hierarquias; organizações profissionais de professores; agências governamentais em todos os níveis, do distrito escolar à federação; e mecanismos

gerais de gestão e finanças. O professor precisa estar familiarizado com o ambiente no qual está inserido, conhecendo suas particularidades, burocracias e mecanismos que fazem com que as instituições possam funcionar.

Uma fonte de grande importância é o crescimento do corpo da literatura acadêmica. Aqui incluem-se os pesquisadores e suas pesquisas na área de ensino e aprendizado. Essas pesquisas e literaturas incluem os métodos das pesquisas empíricas, bem como fundamentos normativos, filosóficos e éticos da educação.

A última fonte, de acordo com Shulman (1987), é a menos estudada e explorada. É a sabedoria adquirida na prática. A maioria dos conceitos de ensino é proveniente de dados coletados e pesquisas feitas sobre a prática de docentes experientes e inexperientes. O grande problema reside em que os educadores, apesar de muitas pesquisas, não as põem em prática, diferentemente de outras áreas. Pesquisas relevantes em engenharia de materiais tem sido incorporadas na prática a cada dia. Pode-se ver a evolução dos telefones celulares. A arquitetura está cada vez mais moderna, com suas construções cada vez mais ousadas. Os educadores muitas vezes sabem muito, pois aprendem muitas coisas, mas nunca tentaram articular o conhecimento adquirido.

As pesquisas sobre o ensino, ou seja, a base do conhecimento, ainda são pequenas e recentes quando comparadas com outras áreas. À medida que aprende-se mais sobre ensino, começa-se a reconhecer novas categorias de desempenho e compreensão que são características dos bons professores, tendo assim que considerar outros campos (SHULMAN, 1987).

3.2 O modelo TPACK

Apesar da disponibilidade de recursos tecnológicos apresentar um grande potencial na transformação do processo de ensino-aprendizagem, muitos professores ainda não sabem como integrar essa tecnologia. Por esse motivo, muitas vezes seu uso acaba sendo limitado (KOEHLER et al., 2014).

Segundo Harris et al. (2017), Pierson (2001) foi a pioneira em sugerir que a prática de integração tecnológica poderia ser dependente de uma perícia tecnológica.

As descobertas do presente estudo sugerem um outro componente ao modelo, que é o conhecimento tecnológico. Esse conhecimento incluiria não apenas competências tecnológicas básicas mas também um entendimento de características únicas de tipos particulares de tecnologias que se prestariam a aspectos particulares dos processos de ensino e aprendizagem. Um professor que efetivamente integre a tecnologia seria capaz de aproveitar o amplo conhecimento de conteúdo e conhecimento pedagógico, em combinação com o conhecimento tecnológico. A interseção das três áreas de conhecimento, ou conhecimento tecnológico-pedagógico-de conteúdo, definiria a integração efetiva da tecnologia. (PIERSON, 2001, p. 427, tradução nossa)

A investigação sobre os conhecimentos necessários para se ensinar com tecnologia continuou sendo expandida nos anos seguintes. Baseados nos trabalhos de Shulman descritos na seção precedente, Mishra e Koehler (2006) propuseram uma fundamentação teórica para a área de tecnologia na educação. Dessa forma, há a integração da tecnologia com a pedagogia por meio da estrutura chamada TPACK (*Technological Pedagogical Content Knowledge*), nesse primeiro trabalho representada pela sigla TPCK.

Mishra e Koehler (2006) começam enumerando os três principais componentes dos ambientes de aprendizagem. São eles o conteúdo, a pedagogia e a tecnologia. Segundo os autores, um problema relacionado ao uso da tecnologia na educação é a forte tendência de se analisar apenas a tecnologia e não como ela é utilizada. Dessa forma, apenas a introdução da tecnologia no processo educacional não é suficiente. Deve-se pensar qual conhecimento os professores devem possuir para que tal desenvolvimento ocorra.

Mishra e Koehler (2006) afirmam que o conhecimento do conteúdo a ser ensinado era o foco da formação de professores até que, mais recentemente, o foco se voltou para um estudo mais pedagógico, não havendo interseção entre as duas áreas. O que Shulman fez foi promover e mostrar a necessidade de relacionar esses dois conhecimentos, mostrando uma interseção entre eles. A parte mais importante ao se considerar o PCK é como o professor interpreta o objeto a ser explicado, obtendo novas formas de o representar.

De acordo com Mishra e Koehler (2006), Shulman não discute o papel de tecnologias na educação. Apesar disso, as aulas se valem de inúmeras tecnologias, desde livros didáticos até projetores, mas essas não eram consideradas, até então, como tecnologias, tidas como comuns ou transparentes, visto que a palavra tecnologia é frequentemente associadas a computadores e *softwares*.

Segundo Mishra e Koehler (2006), alguns motivos para que professores não se valham do uso de novas tecnologias é o medo de uma mudança na maneira como ensinam ou falta de suporte das escolas. Todavia, essas tecnologias vieram para ficar e, por isso, eles devem saber como lidar com elas.

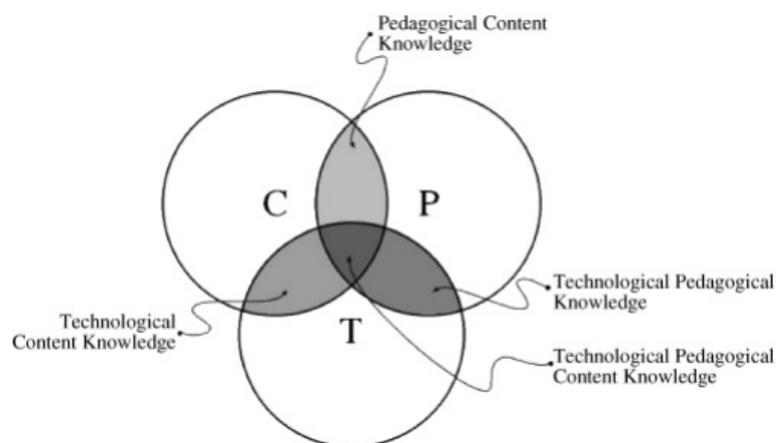
Na época dos trabalhos de Shulman, os conhecimentos de conteúdo e pedagógico eram vistos como separados e independentes um do outro. Nos dias atuais, frequentemente o conhecimento tecnológico é considerado disjuncto dos outros dois. A implementação de *workshops* e programas de treinamento para professores é tida como suficiente para providenciar conhecimento suficiente para se ensinar com tecnologia, mas alcançar essa integração não é tão simples (MISHRA; KOEHLER, 2006).

No entanto, as relações entre o conteúdo (o assunto real que para ser aprendido e ensinado), pedagogia (o processo e a prática ou métodos de ensino e aprendizagem) e tecnologia (incluindo os mais comuns, como quadros-negros e mais avançados, como computadores digitais) são complexos e com nuances. As tecnologias geralmente vêm com seus próprios imperativos que restringem o conteúdo que deve ser coberto e a natureza das possíveis representações. Estas decisões têm um efeito cascata, definindo, ou de outra forma, restringindo, movimentos instrucionais e outras

decisões pedagógicas. Assim pode ser inapropriado ver o conhecimento da tecnologia como algo isolado do conhecimento da pedagogia e do conteúdo. (MISHRA; KOEHLER, 2006, p. 1025, tradução nossa)

Na Fig. 2 ilustra-se as relações entre os conhecimentos pedagógicos, de conteúdo e tecnológicos. Por meio desse quadro, os conhecimentos ali expostos e suas interseções são resumidos a seguir. As traduções dos termos utilizados neste trabalho são baseados em Cibotto e Oliveira (2017).

Figura 2 – Relação entre os conhecimentos.



Fonte: Mishra e Koehler (2006, p. 1025)

- Conhecimento Tecnológico (TK): segundo Schmidt et al. (2009), é o entendimento sobre várias tecnologias, desde o lápis e papel até tecnologias digitais como internet, quadros interativos e *softwares*. Para Cibotto e Oliveira (2017), engloba também a capacidade de lidar com diferentes *softwares*, navegadores, robôs, planilhas e *e-mails*. Deve-se perceber que, devido às mudanças nas tecnologias, o próprio TK passa por transformações. Por isso, a capacidade de adaptação a essas novas tecnologias faz parte desse cenário;
- Conhecimento do Conteúdo (CK): Para Mishra e Koehler (2006), é a compreensão sobre o conteúdo a ser ensinado. Esse aspecto é importante visto que se um docente não possui CK adequado, então fatalmente acarretará consequências negativas nas informações recebidas por seus alunos.

Nele estão incluídos conhecimento de conceitos utilizados na disciplina, métodos e procedimentos dentro de um determinado campo, os principais fatos, ideias e teorias, estruturas organizacionais, evidências, provas, práticas estabelecidas e abordagens para o desenvolvimento de tal assunto em uma disciplina (CIBOTTO; OLIVEIRA, 2017, p. 13);

- Conhecimento Pedagógico (PK): referente às questões de aprendizagem, incluindo-se os processos avaliativos e desenvolvimento dos planos de aula. Ou seja, de acordo com Cibotto e Oliveira (2017), o PK se relaciona aos saberes sobre as práticas, processos e métodos de ensino e de aprendizagem;
- Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK): de acordo com Schmidt et al. (2009), é relacionado a como a tecnologia pode criar novas maneiras de se representar um conteúdo, promovendo mudanças na forma como os alunos entendem os conceitos. Todavia, cabe ao professor analisar os assuntos e tecnologias que mais se ajustam;
- Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK): a partir do conhecimento do assunto a ser ensinado, o PCK refere-se à habilidade do professor em transformá-lo, de maneira pedagogicamente mais eficaz, de forma a adequar-se a seus alunos (CIBOTTO; OLIVEIRA, 2017);
- Conhecimento Pedagógico da Tecnologia (TPK): refere-se à forma com que diferentes tecnologias podem ser usadas pelo professor, entendendo como elas transformam a maneira de se ensinar.

Um importante aspecto do TPK é a flexibilidade criativa com as ferramentas disponíveis necessárias no planejamento para utilizá-las com propósitos pedagógicos. Considere, por exemplo, o quadro branco como uma ferramenta educacional. Embora essa tecnologia esteja em uso há muito tempo, sua própria natureza de certa forma pressupõe os tipos de função para as quais ele pode servir. Como ele é usualmente colocado de frente para a turma e está portanto usualmente sob o controle do professor, sua localização e uso impõe uma ordem física particular sobre a sala, determinando o lugar das mesas, cadeiras, e assim dos alunos, então moldando a natureza da interação professor-aluno. Seria ainda incorreto dizer que existe apenas uma maneira como os quadros brancos podem ser usados. Basta comparar com o uso do quadro branco em uma sessão de *brainstorming* em um estúdio de *design* para ver uma aplicação tecnológica bastante diferente. Nesse contexto, o quadro branco não é controlado por um único indivíduo. Em vez disso, ele pode ser usado por qualquer pessoa da equipe colaborativa, e nessa situação, ele se torna um ponto em torno do qual as discussões e as negociações e construções de significado ocorrem. (HARRIS et al., 2009, p. 398-399, tradução nossa)

Tal fato é importante pois muitos *softwares* não foram criados com finalidade educacional. Por isso, os docentes precisam adaptá-los ao ensino.

Cabe salientar que, de acordo com Harris et al. (2009), grande parte das atividades de aprendizagem que foram baseadas em tecnologias sem fins educacionais, como o MS-Excel ou *blogs*, por exemplo, caíram em desuso por se mostrarem superficiais e contribuírem minimamente para a aprendizagem. Os autores advertem para o fato de que o uso de PowerPoint e projetor para a simples exposição de conteúdos não são considerados TPK. (CIBOTTO; OLIVEIRA, 2017, p. 18)

- Conhecimento Tecnológico e Pedagógico do Conteúdo (TPACK): relaciona-se à integração da tecnologia em qualquer área de conhecimento. Ou seja, às várias conexões entre tecnologia, conteúdo e pedagogia, permitindo que o professor realize estratégias adequadas a cada assunto a ser ensinado.

Segundo Schmidt et al. (2009), o TPACK fornece uma estrutura para se analisar o conhecimento que os professores devem possuir para que haja um uso adequado da tecnologia e como tal conhecimento deve ser desenvolvido. Dessa forma, mostra-se importante a busca de novas práticas para a preparação de professores.

Para Koehler et al. (2014), o TPACK serve para apresentar uma descrição do conhecimento necessário ao docente para que ocorra uma efetiva integração tecnológica. A estrutura do TPACK mostra, assim, como os conhecimentos de conteúdo, pedagógico e tecnológico se relacionam, de maneira a promover um ensino efetivo.

A estrutura do TPACK não é apenas desenvolvida para entender e explicar o uso da tecnologia pelos professores. Apesar de que essas abordagens alternativas possam empregar rótulos um pouco diferentes, elas estão de pleno acordo de que o advento de novas tecnologias requer que os professores possuam um conhecimento que conecte as oportunidades (e restrições) dessas novas tecnologias na transformação de conteúdo e pedagogia. (KOEHLER et al., 2014, p. 102, tradução nossa)

Para Koehler e Mishra (2008), um fator que não pode ser esquecido é o contexto no qual está inserido o ensino. Isso engloba conhecer a sociedade onde se está presente e mesmo os pais dos alunos.

Segundo Koehler et al. (2014), o TPACK contribui na área de formação e desenvolvimento dos professores ao mostrar que deve haver um movimento que garanta um engajamento entre os conhecimentos abordados no TPACK. Todavia, há significantes limitações. Uma delas é que ele não especifica quais e como os conteúdos devem ser ensinados.

De acordo com Nakashima e Piconez (2016), ainda há a dificuldade de se chegar a um consenso sobre a definição de cada constructo inserido no modelo e como se deve avaliar os conhecimentos relacionados ao TPACK. As autoras citam que há três maneiras distintas de se entender o conceito do TPACK. O TPACK pode ser visto como um conhecimento pedagógico do conteúdo (PCK) de maneira mais ampla ou como um campo único de conhecimento. Pode ainda ser compreendido da forma exposta pelos criadores Mishra e Koehler.

Nos últimos doze anos, muitas formas de se entender tal conhecimento tem surgido levando, inevitavelmente, a algumas divergências. Pode-se citar, por exemplo, como esse conhecimento pode ser medido e de que forma os professores podem ser ajudados de maneira a desenvolver o TPACK (HARRIS et al., 2017).

Sobre os estudos envolvendo o TPACK, Nakashima e Piconez (2016) os dividem em três categorias. Uma é relativa a experiências e investigações com suporte no TPACK. Outra é o TPACK servindo como orientação na formação docente e, por último, existem pesquisas sobre como ele interage com outros modelos. Portanto, mais estudos sobre o TPACK são necessários, visto que existem variados fatores responsáveis pela construção do conhecimento docente.

Após a exposição dos pontos mais importantes relacionados ao TPACK, o próximo capítulo se propõe a analisar esse modelo sob a ótica da disciplina matemática. Com esse quadro teórico, segundo Palis (2010), é possível pensar em formas de se integrar a tecnologia ao ensino de matemática.

4 TPACK E MATEMÁTICA

No presente capítulo mostra-se como o quadro conceitual TPACK pode ser utilizado em uma disciplina específica, a matemática. Ao se pesquisar sobre o assunto, um nome que se sobressai é o da professora Margaret Niess, cujos trabalhos servem de guia para a feitura de uma base teórica que auxilie na estruturação dos conceitos e práticas que devem ser desenvolvidos para se promover uma integração tecnológica nas aulas de matemática.

Durante o fim dos anos 1970 e 1980, o foco da educação matemática era identificar lugares para a inserção de *softwares* no processo de ensino. Uma grande variedade desses *softwares* proporcionavam ambientes de aprendizagem mais interessantes aos alunos do que apenas a tradicional dupla lápis-papel (NIESS et al., 2009).

A visão principal da utilização das tecnologias no ensino de matemática era de demonstrar e verificar o que era desenvolvido em sala de aula. Kaput (1992) já dizia que em poucos anos a maior limitação para utilização das tecnologias seria a limitação da imaginação humana, pois a tecnologia está em constante avanço.

Nas duas décadas seguintes, ao ser examinado o PCK dos professores, era possível verificar que eles ensinavam matemática da mesma forma como a tinham aprendido. Muitos professores utilizavam calculadoras gráficas, *softwares* como LOGO, enquanto outros não usavam nenhum desses recursos (NIESS et al., 2009).

Até a época do texto de Niess et al. (2009), o PCK dos professores de matemática ainda não tinha base sólida e uma constante integração de tecnologias digitais no currículo, o que o levou a afirmar que desenvolvimento da integração das tecnologias no processo de ensino não acompanhou a evolução da tecnologia.

Visto a evolução extremamente rápida da tecnologia, a *International Society for Technology and Education* (ISTE), tem desafiado os professores a pensar sobre como inserir conhecimentos necessários aos alunos. Na virada do século 21, foi lançado o *National Education Technology Standards for Students* (NETS-S), com o objetivo de apoiar a evolução do uso efetivo de tecnologias em sala de aula (NIESS et al., 2009).

A ISTE constatou que conhecimentos diferentes dos utilizados nas escolas eram necessários. Nos dois anos seguintes, devido à necessidade de nortear o professor, afinal ele é quem deve primeiro aprender para repassar ao aluno, foi criado o *National Education Technology Standards for Teachers* (NETS-T). Os NETS mudaram efetivamente o foco da utilização das tecnologias digitais. Havia agora uma maior preocupação acerca do currículo e utilização instrucional das ferramentas e recursos digitais (NIESS et al., 2009).

O principal objetivo do Projeto NETS³ era habilitar a parte interessada na educação, o que os americanos chamam de *PreK-12* (equivalente à educação primária e à secundária como um todo), a desenvolver padrões e normas nacionais para o uso educativo das

tecnologias que facilitariam o desenvolvimento escolar nos EUA. Alguns padrões que foram ou serão desenvolvidos são, de acordo com Wheeler et al. (2000):

- Padrões dos fundamentos da tecnologia, que serve para mostrar o conhecimento que os estudantes precisam ter sobre tecnologia e o que fazer com o aprendizado obtido;
- Conexão Currículo-Tecnologia, por meio de exemplos que exibam uma utilização eficaz da tecnologia ao longo do processo de ensino-aprendizagem;
- Padrões de suporte da tecnologia educacional;
- Padrões para avaliação dos alunos e do uso da tecnologia.

A iniciativa da criação dos NETS ramificou os padrões. Foram criados padrões para professores (NETS-T) e alunos (NETS-S). Os princípios básicos contidos no NET-S (ISTE, 2007) são:

- Criatividade e Comunicação: o aluno aplica conhecimentos de maneira a criar novas ideias e utiliza simulações para analisar problemas mais complexos.
- Comunicação e Colaboração: o aluno interage e colabora em uma gama variada de ambientes e mídias digitais.
- Fluência em Pesquisa e Informação: o estudante localiza, organiza, e analisa informações a partir de diferentes locais.
- Pensamento Crítico, resolução de problemas e tomadas de decisão: o aluno identifica e define problemas autênticos e questões significativas para investigação, além de coletar e analisar dados para identificação de soluções e tomada de decisões, explorando múltiplos caminhos para tal objetivo.
- Cidadania Digital: o estudante pratica o uso seguro, legal e responsável da tecnologia, além de expor uma atitude positiva em relação ao uso tecnologia, utilizando-a como meio de colaboração e aprendizagem.
- Operações e Conceitos de Tecnologia: o aluno entende e faz uso de sistemas tecnológicos, transferindo o conhecimento adquirido para o aprendizado de novas tecnologias.

Já os princípios básicos contidos no NETS-T (ISTE, 2008), que servem para guiar os professores, são:

³ Os princípios básicos dos NETS podem ser encontrados cartilhas disponíveis em: <<https://www.iste.org/standards>>.

- Facilitar e inspirar o aprendizado e criatividade dos alunos: promover e criar atividades que sejam criativas e inovadoras; fazer com que os alunos se empenhem em explorar problemas do dia a dia utilizando recursos digitais; promover a reflexão dos alunos por meio de ferramentas colaborativas para revelar os conceitos e entendimentos de problemas.
- Projetar e desenvolver experiências de aprendizagem e avaliações: adaptar ou criar experiências que incorporem ferramentas digitais e recursos que estimulem o aprendizado e criatividade dos alunos; desenvolver ambientes tecnológicos que promovam o aprendizado, de maneira que os alunos busquem respostas para suas curiosidades e se tornem mais participantes.
- Modelo de trabalho e aprendizado na era digital: demonstrar fluência nos sistemas tecnológicos, transferindo conhecimentos para novas tecnologias e situações; colaborar com estudantes, pais e membros da comunidade na utilização de recursos digitais; comunicar informações e ideias relevantes aos alunos e pais utilizando uma variedade de mídias e formatos digitais.
- Promover e modelar a responsabilidade e cidadania digital: defender e ensinar a utilização legal e ética de informações e tecnologias digitais, respeitando os direitos autorais e as propriedades intelectuais.
- Envolver-se no crescimento profissional e liderança: participar de comunidades locais e globais de aprendizagem, de maneira a explorar situações criativas, com o auxílio da tecnologia, na melhoria da aprendizagem dos alunos; contribuir para renovação da profissão, da escola e da comunidade.

Earle (2002) afirma que incorporar a tecnologia ao ensino não está relacionado apenas com tecnologia, mas tem a ver, em primeiro lugar, com conteúdo e práticas instrucionais eficazes. A tecnologia engloba as ferramentas com as quais o conteúdo é apresentado ao aluno. Não é uma questão de quantidade, mas sim de como e porque utilizá-la.

De acordo com Sampaio e Coutinho (2014), a tecnologia no ensino de matemática pode ser usada de várias maneiras, facilitando a descoberta e compreensão de conexões, através de atividades que permitam estabelecer diferentes representações de um objeto matemático. Para ser utilizada, ou seja, “Para se ensinar Matemática, torna-se necessária uma compreensão profunda da Matemática (conteúdo), do processo de ensino/aprendizagem (pedagogia) e da tecnologia” (SAMPAIO; COUTINHO, 2014, p. 3).

Para Niess (2005) o grande desafio de ensinar matemática com o auxílio da tecnologia é a dificuldade proveniente da interligação dos tipos de conhecimentos do modelo TPACK, pois o mesmo requer uma consideração de muitos domínios de conhecimentos. Nesse

sentido Richit (2015) reforça essa ideia quando diz que, hoje em dia, o conhecimento sobre a tecnologia ainda se encontra separado/isolado do conhecimento pedagógico do conteúdo, os quais, no contexto de Shulman (1986), são inter-relacionados.

Niess (2005) diz ainda que o desenvolvimento de certa área de conhecimento deve ser acompanhado do desenvolvimento do conhecimento tecnológico nessa área. Os professores aprendem muito sobre tecnologia de forma isolada da aprendizagem de certo conteúdo e dos conhecimentos pedagógicos.

4.1 Indicadores e Normas do TPACK Matemático para Professores

O Conselho Nacional dos Professores de Matemática dos Estados Unidos⁴ (NCTM) apoiou a visão do TPACK no início dos anos 2000. Reconheceu a partir dessa época a importância dos tipos de experiências que os professores necessitavam para estarem prontos para ensinar com a utilização de tecnologias (NIESS et al., 2009).

Se os professores devem aprender como criar um ambiente que promova a resolução de problemas de forma colaborativa, incorporar tecnologias de maneira significativa e dar suporte ao raciocínio dos alunos, eles devem experimentar também aprender um ambiente como tal (MARTIN; HERRERA, 2007).

Segundo a Associação dos Educadores Professores de Matemática⁵ (AMTE), deve haver uma melhora na preparação dos professores de matemática, como se pode verificar na passagem a seguir:

Os programas de formação de professores de matemática devem garantir que eles tenham a oportunidade de adquirir conhecimento e experiências necessárias para incorporar a tecnologia no contexto de ensino e aprendizado de matemática (AMTE, 2006).

A partir de 2007, o AMTE concentrou-se na tarefa de criar uma série de normas de ensino de matemática para professores os quais promoviam a implementação da tecnologia no contexto de ensino-aprendizagem de matemática. Apesar dos NETS-S e NETS-T terem sido revisados e atualizados, de acordo com Niess et al. (2009), nenhum deles continha conteúdos específicos que informavam o que os alunos ou professores deveriam saber sobre a utilização das tecnologias no ensino de matemática.

Um esboço dos padrões criados pelo AMTE foi apresentado na 12ª Conferência Anual da AMTE em Janeiro de 2008. As normas foram então disseminadas, com o intuito de se obter um *feedback*, para o Comitê de Tecnologia da AMTE, e de lá foram enviadas para os participantes dos grupos de trabalho e pesquisa. Subcomitês da AMTE foram

⁴ The National Council of Teachers of Mathematics (NCTM)

⁵ Association of Mathematics Teacher Educators (AMTE)

designados para revisar novamente outros documentos, como as novas versões dos NETS e também revisar o esboço que lhes foi apresentado.

Em AMTE (2009), afirma-se que os educadores matemáticos devem considerar o impacto das várias formas de tecnologia em sala de aula. Apresenta-se, então, um guia que pretende servir de base para educadores e pesquisadores da área de matemática, visando um planejamento e melhora na instrução matemática, via tecnologia, em todos os níveis. Os componentes necessários para que tais objetivos sejam alcançados são divididos em quatro grandes áreas.

Segundo AMTE (2009), a primeira área se refere ao planejamento e desenvolvimento de um ambiente matemático com tecnologia. Dessa forma, os professores usam seus conhecimentos tecnológicos, pedagógicos e de conteúdo para maximizar experiências matemáticas. A segunda área a ser descrita é facilitar a instrução matemática, a partir da utilização da tecnologia, como uma ferramenta integrada. Como uma sugestão, o professor deve encorajar os estudantes a refletirem sobre sua aprendizagem matemática enriquecida com a tecnologia.

A terceira área é a avaliação do processo de ensino e de aprendizagem com a tecnologia. Ou seja, deve-se fazer uma reflexão sobre seu uso, adaptando as estratégias de acordo com a aprendizagem dos alunos. Por último, os professores devem buscar um aprimoramento contínuo de suas práticas, colaborando também com outros educadores visando um ambiente que, de fato, seja enriquecido com o uso de tecnologias.

4.2 Desenvolvimento do TPACK dos Professores de Matemática

A aplicação e desenvolvimento do TPACK ocorre de forma progressiva. Para justificar essa informação e gerar questionamentos, Niess et al. (2009) conta um pequeno caso de uma ex-aluna e agora professora chamada Mary.

Mary foi uma estudante universitária que teve, durante seu período de faculdade, a inclusão das tecnologias no ensino de matemática. Dentre as tecnologias utilizadas estavam as calculadoras gráficas como recurso no curso de matemática discreta. O *Geometer's Sketchpad* foi amplamente utilizado também num moderno curso de geometria que ela cursou. Logo após que se formou, Mary lecionou Álgebra I em uma grande escola do subúrbio. No seu 3º ano como professora dessa escola ela foi entrevistada sobre suas experiências.

De acordo com ela, o *Geometer's Sketchpad* continuava a ser uma importante ferramenta no ensino de geometria mas não para o curso de Álgebra I, pois não o achava apropriado para tal. Em primeiro lugar utilizava calculadoras gráficas apenas para computação e não para exploração do conteúdo. Mary só utilizou a tecnologia para ensinar efetivamente um conceito matemático uma única vez nesses três anos. Ela planejou uma aula com o uso de tecnologias, mais precisamente calculadoras gráficas, para visualização

de sistemas lineares. A aula foi planejada como centrada no aluno, no quanto ele podia aprender ao utilizar a tecnologia em questão (NIESS et al., 2009).

O caso de Mary sugere diferentes níveis de conhecimentos integrados ao TPACK. Apesar de o modelo de TPACK matemático apontar uma série de metas para a integração da tecnologia, ele não diz como os professores podem fazer isso de forma progressiva. Esse reconhecimento traz à tona alguns questionamentos: Como o TPACK se desenvolve? Há um processo através do qual os professores adquirem os conhecimentos? Os conhecimentos surgem repentinamente? (NIESS et al., 2009). É necessário um modelo que documente a progressão/evolução do TPACK matemático à medida que os professores integram a tecnologia no processo de ensino.

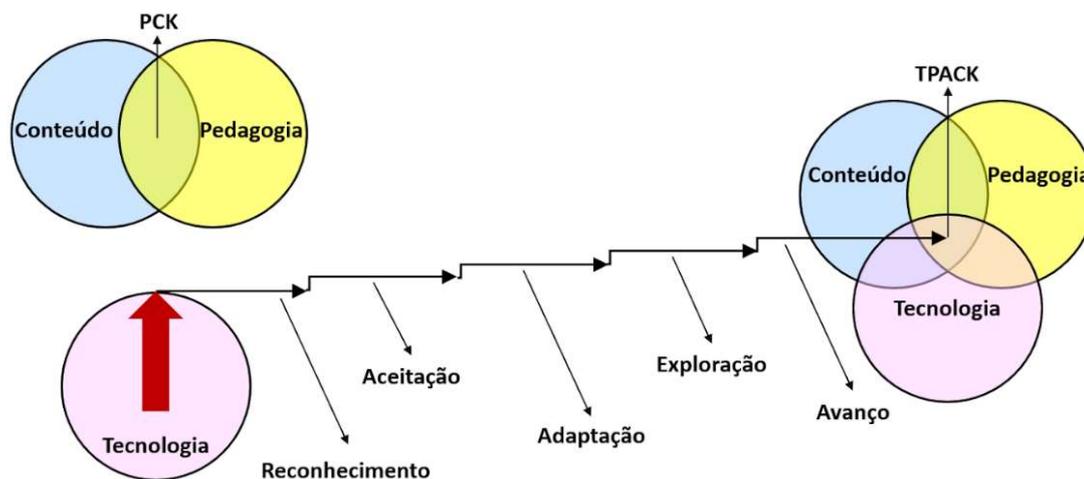
O modelo para desenvolvimento do TPACK proposto por Niess et al. (2007) teve como base o modelo de Rogers (1995), que descreve um processo sequencial de cinco estágios através do qual uma pessoa toma uma decisão de aceitar ou rejeitar uma inovação ou um novo conhecimento. Niess et al. (2007) adaptaram esse modelo em termos de aprendizagem dos professores de matemática para integrar a tecnologia no processo de ensino.

Em um período de quatro anos foi observada a aprendizagem de professores na utilização de planilhas eletrônicas e sua integração no processo de ensino. A análise dessas observações constatou que os professores progrediam através de um processo que se desenvolve em cinco estágios, assim como o de Rogers (1995). Esses estágios são:

1. Reconhecer (conhecimento) - onde os professores são capazes de utilizar a tecnologia e reconhecer o alinhamento da mesma com o conteúdo de Matemática, mas ainda não integram a tecnologia no ensino e aprendizagem de Matemática.
2. Aceitar (persuasão) - onde os professores formam uma atitude favorável ou desfavorável para o ensino e aprendizagem da Matemática com uma tecnologia apropriada.
3. Adaptar (decisão) - onde os professores se envolvem em atividades que conduzem a uma escolha para aprovar ou rejeitar o ensino e a aprendizagem da Matemática como uma tecnologia adequada.
4. Explorar (execução) - onde os professores integram ativamente o ensino e a aprendizagem da Matemática com uma tecnologia apropriada.
5. Avançar (confirmação) - onde os professores avaliam os resultados da decisão de integrar o ensino e a aprendizagem da Matemática com uma tecnologia apropriada (SAMPAIO; COUTINHO, 2012, p. 101).

A AMTE, considerando esses cinco estágios, criou uma representação gráfica para representá-los. A Fig. 3 mostra que do lado esquerdo, inicialmente, o conhecimento tecnológico do professor não está integrado ao PCK. Conforme caminha-se para a direita na figura, mais conhecimento tecnológico é adquirido e incorporado aos conhecimentos pedagógicos e de conteúdo, passando pelos cinco estágios. Por fim, o PCK se torna TPACK e a tecnologia já está num bom estágio de integração com o ensino e aprendizagem (SCHMITT, 2018).

Figura 3 – Estágios do desenvolvimento do TPACK



Fonte: Schmitt (2018, p. 70)

Vale ressaltar que, de acordo com Palis (2010), apesar de o avanço pelos cinco estágios parecer linear, a transição de um estágio para outro não exhibe uma progressão regular. A utilização de novas tecnologias requer uma reflexão acerca de seu emprego, o repensar de métodos pedagógicos e do conteúdo.

4.3 Um Modelo de Desenvolvimento para o TPACK Matemático

Se por um lado o TPACK matemático fornece sólidos subsídios e embasamentos aos professores que querem aplicá-lo no processo de ensino-aprendizagem, por outro lado o reconhecimento dos níveis de pensamento/raciocínio e compreensão necessitam de esclarecimentos (SAMPAIO; COUTINHO, 2012).

A interpretação do desenvolvimento do TPACK nos cinco níveis que foram citados anteriormente não está diretamente relacionada com a matemática, sendo um modelo geral. Em virtude disso, o Comitê de Tecnologia da AMTE decidiu criar um modelo de desenvolvimento do TPACK matemático. Nesse modelo, há a apresentação de quatro grandes temas: currículo e avaliação, aprendizagem, ensino e acesso (NIESS et al., 2009, p. 11, tradução nossa).

Tabela 1 – Descritores no modelo TPACK para professores de matemática

Temas	Descritores
Currículo e Avaliação	<ul style="list-style-type: none"> • Currículo, o tratamento do assunto; • Avaliação, avaliando a aprendizagem dos alunos.
Aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> • Concentração no assunto (ou seja, a aprendizagem de tópicos da Matemática); • Demonstração de concepções de como os alunos aprendem (ou seja, desenvolvimento de habilidades de raciocínio dos alunos).
Ensino	<ul style="list-style-type: none"> • Concentração no assunto (ou seja, a aprendizagem de tópicos da Matemática); • Abordagens Educacionais; • O ambiente da sala de aula; • Desenvolvimento Profissional.
Acesso	<ul style="list-style-type: none"> • Uso (se os alunos estão ou não autorizados a utilizar a tecnologia); • Barreiras (como os professores conduzem as barreiras à integração a tecnologia); • Disponibilidade (como a tecnologia faz com que os níveis mais elevados e a Matemática fiquem mais disponíveis para a investigação de um número maior e mais diverso de estudantes).

A partir dos temas expostos na Tabela 1 e considerando-se os cinco níveis presentes no processo de progressão pelos quais passam os professores, tem-se que:

Niess et al. (2009) apontam que os níveis de pensamento e compreensão dos professores, à medida que constroem o *Mathematics Tpack*, precisam ser elucidados. No apêndice B de seu artigo, apresentam exemplos de pensamentos, compreensões e ações de professores ao longo dos cinco níveis do modelo de desenvolvimento desse referencial ao longo de quatro temas: Currículo e Avaliação, Ensino, Aprendizagem e Acesso. O tratamento do currículo e o da avaliação não são feitos em separado; a união dos dois temas procura salientar a conexão entre os processos de tomada de decisão relacionados a currículo e a avaliação. (PALIS, 2010, p. 440-441)

A seguir, verifica-se como Niess et al. (2009) detalham os níveis citados no modelo de desenvolvimento do TPACK do professor de matemática. No caso do tema **Currículo e Avaliação**, no estágio de Conhecimento, tem-se que o professor reconhece que o uso de tecnologias pode auxiliar na produção de significados dos conteúdos matemáticos. Como exemplo, Niess et al. (2009) citam a construção de múltiplas funções lineares, por meio de calculadoras gráficas, promovendo uma representação visual de diferentes inclinações de retas. Apesar disso, o professor pode não estar certo sobre como isso pode auxiliar os estudantes na assimilação de conhecimentos básicos, além de resistir ao uso de tecnologia no processo avaliativo.

No estágio de Persuasão, apesar de haver um desejo de integração da tecnologia, o professor possui dificuldade em determinar em quais tópicos do currículo ela deva ser

utilizada. Em relação à avaliação, o professor considera que apenas em algumas partes de uma avaliação, ou seja, seu uso é limitado.

Relativo à Decisão, o professor entende alguns benefícios na incorporação de tecnologias apropriadas, como no caso de criação de gráficos de determinadas funções lineares, propondo aos alunos que verifiquem, por meio de planilhas, a representação gráfica dos pares ordenados. Considerando a avaliação, apesar de permitir o uso de tecnologia, o professor tem como foco os conceitos, e não os procedimentos.

No estágio de Execução, o docente procura estratégias de como implementar a tecnologia buscando promover o desenvolvimento matemático dos estudantes. Tal fato ocorre quando, por exemplo, exercícios são adaptados para incluírem tecnologia. No caso da avaliação, o professor cria questões que dependem não apenas de lápis e papel. No último estágio, Confirmação, o professor apoia inovações como parte integrante no processo de ensino, aperfeiçoando e modificando o currículo de maneira a incorporá-la, além de modificar seu processo avaliativo.

Sobre o tema **Aprendizagem**, no estágio de Conhecimento, a matemática é tida como aprendida de um forma específica, sendo que a tecnologia pode atrapalhar. A tecnologia é aceita somente em atividades referentes à verificação de cálculos do dever de casa. No estágio Persuasão, o professor teme que a tecnologia possa tirar o foco da aprendizagem matemática limitando seu uso. Durante as atividades, o professor pede que os alunos refaçam as tarefas sem o auxílio de nenhuma outra tecnologia, que não o lápis e o papel, para verificar se eles aprenderam o conceito.

Já no estágio Decisão, o professor começa a experimentar o uso de tecnologias como ferramentas de aprendizagem. Apesar disso, a maior parte da avaliação continua não se valendo de tais ferramentas. No estágio Execução, o docente utiliza a tecnologia de maneira a facilitar a aprendizagem de determinados tópicos do currículo. Ele também reflete sobre o processo de ensino e de aprendizagem pretendendo guiar a compreensão dos alunos.

Na fase Confirmação, o professor acredita que a integração tecnológica aprimora a compreensão e o raciocínio matemáticos de seus alunos. Dessa forma, a tecnologia se torna peça integrante em todo processo de ensino, fazendo uso de diferentes tipos de tecnologia (como planilhas, por exemplo).

Em relação ao tema **Ensino**, na fase Conhecimento, o docente considera que a tecnologia gasta um tempo que poderia ser aproveitado para o ensino de matemática. Nesse caso, a tecnologia não é usada para o desenvolvimento de nenhum conceito matemático, sendo voltado apenas para o reforço dos conceitos já ensinados sem seu suporte.

No estágio Persuasão, a tecnologia entra somente ao final das unidades de ensino, não possuindo finalidade exploratória. Por exemplo, o professor realiza a verificação do teorema de Pitágoras em um *software* de geometria mas os alunos encontram soluções para os exercícios apenas no lápis e papel.

Na fase Decisão, o professor utiliza a tecnologia para reforçar ou melhorar conceitos anteriormente aprendidos. O professor adapta suas abordagens dos conteúdos de maneira a permitir aos estudantes oportunidades de explorar algumas partes de uma atividade com o auxílio tecnológico.

No estágio Execução, são colocadas à disposição dos estudantes atividades que usam tecnologias como ferramentas para construção do conhecimento. A exploração da matemática com tecnologia ocorre tendo o professor no papel de guia sendo incorporados, ainda, uma variedade de tecnologias em assuntos diversos.

No nível Confirmação, ocorre a aceitação da tecnologia como ferramenta de ensino e aprendizagem da matemática, apresentando os conceitos de formas mais acessíveis aos estudantes. Atividades com o auxílio tecnológico são criadas de maneira que os alunos possuam autonomia na aprendizagem do conteúdo.

Sobre o tema **Acesso**, no estágio Conhecimento, o uso de tecnologias só é permitido aos alunos depois que eles já dominam certos conceitos. O professor resiste a mudanças no conteúdo, mesmo que a tecnologia o torne mais acessível.

Na fase Persuasão, atividades com auxílio tecnológico são limitadas, sendo que os estudantes só podem utilizar tais recursos em situações isoladas ou não consideradas importantes. No nível Decisão, aos alunos é permitido o uso da tecnologia na exploração de tópicos matemáticos específicos, sendo sua utilização encorajada na maior parte das aulas.

O professor reconhece que há desafios no ensino de matemática com tecnologia, porém ele busca ideias e estratégias que minimizem o impacto de tais desafios. A tecnologia também é empregada nas avaliações dos alunos. Tópicos matemáticos importantes são ensinados incorporando múltiplas representações dos conceitos e suas conexões. Por exemplo, equações são resolvidas e interpretadas por meio de gráficos, tabelas, dados e símbolos.

No estágio Confirmação, os estudantes podem empregar a tecnologia em toda a aula de matemática, sendo esse cenário visto como oportunidade de desafiar as noções que eles já dominam. A tecnologia é usada para expandir os conceitos matemáticos dos alunos. Eles são ensinados a explorar assuntos mais complexos, como a usar a Internet para obter problemas matemáticos, investigando o papel que a tecnologia desempenha na obtenção de suas soluções.

Essa exemplificação de pensamentos, compreensões e ações de professores ao longo dos diferentes níveis e temas pode ser útil para professores e pesquisadores. Professores podem usá-la para refletir sobre o seu trabalho com tecnologia e planejar seu próprio desenvolvimento profissional. Formadores de professores podem usá-la para planejar a preparação tecnológica de professores em formação inicial ou continuada. Essa estrutura pode também fornecer uma linguagem e construções comuns a pesquisadores que desejem estabelecer relações entre seus trabalhos. (PALIS, 2010, p. 445)

Todavia, Niess et al. (2009) deixam claro que há ainda questionamentos a serem respondidos sobre o modelo TPACK. Como exemplo, citam que um professor pode se encontrar em um tema mas em diferentes níveis no que se refere aos descritores. Além disso, a passagem de um nível para outro requer diferentes tipos de experiências para cada professor. O problema é saber que conjunto de experiências é esse.

Como foi possível observar, o TPACK voltado para o professor de matemática ainda se encontra em construção. Apesar de não ser o único modelo que discute a integração da tecnologia em salas de aula, ele vem influenciando a elaboração de muitos trabalhos na área de ensino, como foi possível verificar neste capítulo e no antecessor. No próximo capítulo pretende-se mostrar como esse modelo vem sendo utilizado em pesquisas aqui no Brasil.

5 PANORAMA DE PESQUISAS RECENTES SOBRE TPACK MATEMÁTICO BRASIL

Neste capítulo será apresentado um panorama das dissertações e teses sobre o TPACK Matemático que vêm sendo, recentemente, desenvolvidas no Brasil.

5.1 Metodologia de Pesquisa

Ao longo desse trabalho, por meio de pesquisa bibliográfica, foram apresentados os conceitos relativos à inserção de tecnologia nas salas de aula. Foi possível verificar que as pesquisas no Brasil sobre o assunto ainda são escassas, apesar de a tecnologia ser parte integrante e indissociável da prática docente.

Além disso o referencial TPACK, que fornece uma fundamentação teórica relativa ao tema, ainda levanta muitas questões a serem respondidas. Por exemplo, como os conhecimentos dos professores são formados, como melhorá-los e como medir (se possível) o TPACK docente. Essas indagações ficaram mais evidentes ao longo da pesquisa realizada até aqui e, por isso, decidiu-se fazer um apanhado do que está sendo produzido, no Brasil, sobre o tema, de maneira a nortear futuros estudos sobre o tópico levantado.

A partir dessa afirmação, foi realizada uma pesquisa na base da CAPES⁶ (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) com o termo “TPACK”. Foi escolhida a busca em teses e dissertações pois se procurava descrições mais amplas e detalhadas do que as que podem ser encontradas, geralmente, em artigos. Tal busca pretendia, assim, ter uma visão sobre se, e como, o tema vem sendo tratado. Obteve-se cinquenta e cinco (55) resultados, no período de 2012 a 2018, sendo que vinte deles são do ano de 2017. A pesquisa então foi refinada para a área de conhecimento “Ensino de Ciências e Matemática” e “Matemática”.

Após esse refinamento, o número de resultados foi reduzido para vinte e oito (28). Optou-se então pela leitura das pesquisas mais recentes relativas ao tema, obtendo-se dez (10) resultados referentes aos anos de 2017 e 2018. Dessa forma, verifica-se como andam as pesquisas no Brasil em um período que marca mais de dez anos dos artigos mais utilizados relativos ao desenvolvimento do quadro TPACK, como visto no capítulo 3.

Dos dez trabalhos obtidos com a pesquisa final, cinco foram descartados. Os trabalhos de Oliveira (2017), Santos (2017), Rolando (2017) e Oliveira (2017a) dissertam sobre TPACK, porém no ensino de ciências ou biologia, que não é o foco desse trabalho. Já a pesquisa de Eskildssen (2017) não foi encontrada na base da CAPES para *download*.

Os cinco trabalhos remanescentes são: Fonseca (2018), que será nomeado como

⁶ Disponível no endereço: <<http://catalogodeteses.capes.gov.br/catalogo-teses>>.

Trabalho 1; Schmitt (2018), chamado de Trabalho 2; o Trabalho 3 é Idem (2017); o Trabalho 4 é Leite (2017) e o Trabalho 5 é Oliveira (2017b). Apresenta-se um resumo sobre as principais ideias ali contidas, com alguns comentários. Pretendeu-se, dessa forma, mostrar como o quadro teórico TPACK vem sendo utilizado de maneira a promover, na área de matemática, a integração da tecnologia com o ensino.

5.2 Trabalho 1

O primeiro a ser abordado é o trabalho de Fonseca (2018), com o título de “Formação de Professores de Matemática e as Tecnologias Digitais da Informação e comunicação no Contexto”. É uma tese que foi apresentada ao Programa de Pós Graduação em Educação Matemática da Universidade Anhanguera, de São Paulo.

O objetivo geral do trabalho foi investigar a contribuição do PIBID para a formação inicial de professores de matemática, por meio da utilização de TICs nas ações realizadas pelos subprojetos de matemática de Universidades Federais Brasileiras. Foi levantada a seguinte questão de pesquisa: **Como vem sendo implementado o uso das TIC pelos coordenadores de professores de matemática no desenvolvimento do projeto PIBID em diferentes Universidades Federais Brasileiras?**

Para fazer a investigação do PIBID, o autor adotou alguns objetivos específicos: Identificar e analisar as ações voltadas ao uso pedagógico das TICs no projeto institucional do PIBID; Identificar quais recursos tecnológicos foram utilizados durante a formação dos licenciandos; Analisar e compreender as possibilidades, os desafios e as perspectivas de formar no PIBID o futuro professor de Matemática para trabalhar com as TICs no contexto da Educação Básica. Uma observação importante é que o autor não encontrou nenhum trabalho envolvendo conjuntamente os termos PIBID, Matemática e Tecnologias. Diante disso, pode-se observar o baixo número desse tipo de pesquisas no país.

Como o intuito de responder ao questionamento motivador da pesquisa, foram escolhidas treze Universidades Federais que possuem subprojetos de matemática do PIBID que explicitam em seus documentos oficiais o uso das TICs. Foram analisados os documentos originais enviados à CAPES. Além disso, foram realizadas entrevistas semiestruturadas com os coordenadores de área. Fonseca (2018) afirma que a disseminação da utilização de tecnologias no ensino de matemática ainda é escassa no país.

Na primeira etapa, que foi a análise documental dos subprojetos do PIBID, o autor verificou que várias ações das instituições foram pensadas de forma a interagir com a melhor formação dos futuros professores de matemática. Dentre as ações dos subprojetos, as que mais se aproximam da inclusão de tecnologias no ensino de matemática foram as da UFBA - PIBID e projeto de ferramentas computacionais para o ensino de matemática; UFT - Tecnologia da informação e comunicação em educação matemática; UFRRJ - Projeto MatDigital; UTFPR - Uso das Tics no ensino de matemática; UFCG - Utilização da TICs;

UFMS - Elaboração de sequências didáticas para serem desenvolvidas nos laboratórios de informática.

Pôde-se notar que nenhuma delas tem explicitado claramente uma integração da metodologia do TPACK na construções das atividades de cada ação. O próprio autor não avalia esse sentido. Ele apenas cita as ações e as avalia com um *software* chamado NVIVO, que é utilizado para elaborar gráficos em nuvem, ou seja, é feita uma “contagem” das palavras dos descritivos de cada ação e de acordo com a frequência em que as palavras aparecem, maior é seu tamanho no gráfico de nuvem. Essa é a única avaliação que o autor faz das ações dos subprojetos.

Em seguida, uma entrevista com os coordenadores dos projetos do PIBID foi realizada. As entrevistas foram semiestruturadas, feitas com quinze coordenadores. De acordo com o autor, essa modalidade de entrevistas dá mais liberdade ao entrevistado em abordar livremente o assunto. O autor utilizou-se de três eixos para dar um foco em suas entrevistas: conhecendo os coordenadores de área; implementação da TICs; avaliação do PIBID.

O primeiro eixo teve o intuito somente de se tornarem sabidas mais informações sobre os coordenadores de área. Uma pergunta importante, feita aos coordenadores, foi **como se deu o processo de formação deles no desenvolvimento de trabalho educativo com o uso de TICs**. “No que diz respeito à formação, temos constatado que muitos não tiveram formação apropriada para o uso de TIC, seja na época de sua graduação, seja no decorrer de sua formação continuada como docente na carreira” (FONSECA, 2018, p. 131).

Um dos coordenadores relaciona o benefício do PIBID na implantação do uso de tecnologias no processo de ensino-aprendizagem, pois ele nunca havia feito cursos sobre tal uso, exceto os que ele precisou organizar para os bolsistas do PIBID.

Fica claro que o PIBID teve papel fundamental na atuação deste coordenador que se não estivesse atuando no programa, não daria prioridade de organizar cursos com o uso de TICs na licenciatura, seu local diário de trabalho (FONSECA, 2018, p. 133).

O gráfico de nuvem (Fig. 4), destacando a palavra **não** para a pergunta sobre a formação dos coordenadores em relação às TIC, ressalta muito bem que os coordenadores não tiveram formação adequada para utilização de tecnologias em sala de aula. De acordo com Fonseca (2018), eles foram se adaptando devido à necessidade.

As perguntas do segundo eixo visavam identificar a formação do professor com a possibilidade de uso de tecnologias no processo de ensino. Os coordenadores foram questionados se, nos projetos do PIBID, estavam previstas ações com o uso de tecnologias, quais eram essas atividades e qual o foco das mesmas.

A grande parte dos projetos previam o uso de tecnologias nos projetos do PIBID e mesmo nos projetos que não tinham tal previsão, houve a inclusão após a detecção

5.3 Trabalho 2

O segundo trabalho a ser tratado é uma dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Matemática em Rede Nacional, do Instituto Federal de São Paulo. O título é “A Integração das TDIC à Educação Matemática: Um estudo sobre o uso de ferramentas digitais e metodologias ativas no ensino e aprendizagem de Matemática”.

Schmitt (2018) disserta sobre a integração das tecnologias digitais à educação matemática. Para isso, a autora faz um estudo sobre o uso de ferramentas digitais e metodologias ativas no ensino e aprendizagem de matemática. A proposta do trabalho foi fazer uma análise investigativa das TDIC (Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação) através do relato da implantação em uma escola da rede particular de São Paulo (SP). A autora analisou dificuldades e benefícios encontrados no processo, no qual ela mesma participou ativamente.

A autora inicia com um panorama do ensino no Brasil, o que não é nada animador. De acordo com Schmitt (2018), no Brasil, cerca de 70% dos alunos não possuem conhecimentos básicos em matemática e a educação está entre as piores do mundo, conforme resultados do PISA (*Program for International Student Assessment*) ou, em português, Programa Internacional de Avaliação dos Estudantes, de 2015. Apesar desse tipo de avaliação conter falhas, a autora reforça que “[...] ainda que se tenha que relativizar a validade dos rankings educacionais, o que não dá pra questionar é que os resultados brasileiros apontam para uma educação muito aquém da que se espera [...]” (SCHMITT, 2018, p. 23).

De acordo com a autora, com o avanço da tecnologia, temos alunos nas escolas que já nasceram imersos nesse mundo digital. Por outro lado, há professores mais antigos e até mais novos que foram educados e aprenderam a educar em um modelo hoje defasado de ensino, no qual o professor é o centro e o aluno apenas receptor de conteúdo. A formação dos professores deve progredir no caminho da utilização de novas tecnologias. A autora adverte, porém, que o foco na mudança da formação dos professores não deve ser o conteúdo.

Há que se ter em vista, também, que o ciclo do desenvolvimento técnico-científico que se experiencia atualmente é extremamente dinâmico, de tal sorte que o que aprendemos hoje pode rapidamente se tornar obsoleto amanhã. Por isso, o foco não pode ser no conteúdo, que se renova constantemente, mas nas competências que nos permitem operar o conhecimento, colocá-lo em ação. (SCHMITT, 2018, p. 30)

Schmitt (2018) diz ainda que, para a matemática, é ainda mais importante explorar o potencial das TDIC. A matemática é considerada por muitos uma disciplina difícil, que muitos têm dificuldades e desinteressante.

A incorporação das TDIC no processo de ensino ocorreu numa escola particular de São Paulo na qual a autora lecionava na data de publicação da dissertação. Visou-se, com isso, analisar possibilidades e entraves encontrados no processo, para levantar subsídios para uma eventual adoção em larga escala nas escolas públicas do estado. O foco maior se deu na área do ensino fundamental, que é onde a autora atuou mais ativamente.

Como embasamento teórico a autora disserta sobre a escola tradicional e seu modelo defasado. As aulas no modelo tradicional são meramente expositivas e passivas para o aluno. Não há ligação entre os conteúdos e nem interligação com o cotidiano. Constitui-se de uma educação acrítica.

A autora cita o modelo de educação de Paulo Freire, que é justamente oposto ao modelo tradicional. A educação, segundo Freire, deve ser libertadora e problematizadora. Não há mais separação entre educador e educando. Ambos fazem parte do processo de ensino-aprendizagem.

A fundamentação teórica da autora prossegue até a educação na era digital. Nessa seção, a autora ressalta que, com a evolução tecnológica, as barreiras físicas para o processo de ensino foram rompidas. Hoje os alunos aprendem em qualquer lugar, a qualquer momento. Eles têm fontes de conhecimento em suas mãos. Um conceito importante comentado por Schmitt (2018) é o da ideia de inteligência coletiva.

[...] todos os indivíduos têm a sua própria inteligência acumulada de vivências pessoais e que podem, através de conexões sociais possibilitadas pela utilização da internet, interagir para pensar e partilhar conhecimentos com seus pares, de maneira a se criar conteúdos coletivamente. Há, assim, um crescimento significativo das possibilidades de gestão e geração do conhecimento e das oportunidades de aprendizagem através de redes sistematizadas de cooperação, marcadas pelo universal a informações e dados. Com efeito, cria-se uma sinergia entre competências, recursos e saberes (SCHMITT, 2018, p. 47).

É a maneira dinâmica de lidar com todas as coisas nos tempos atuais que torna o método de ensino tradicional tão obsoleto. A autora cita Downes e Siemens, que dizem que o conectivismo é guiado pela noção de que o desenvolvimento das tecnologias digitais tem favorecido a criação de novas formas de interação social. As pessoas aprendem se conectando umas às outras. As fontes de informação podem estar em aparelhos eletrônicos, celulares, tablets, computadores, etc. “A teoria conectivista, portanto, parte do pressuposto de que o conhecimento está distribuído por uma rede dinâmica de conexões e que a aprendizagem consiste na capacidade de circular por essas redes.” (SCHMITT, 2018, p. 49)

Um conteúdo importante abordado pela autora é sobre o papel do professor nesses ambiente de ensino com TDIC. Segundo ela, um dos maiores desafios nessa era digital é adaptar a atuação do professor. Os professores têm de reconhecer que o ensino com TDIC veio para ficar e mudar a forma como o professor se comporta em sala de aula. Deve-se haver uma preocupação com a formação dos professores. “Deve envolver muito mais do que apenas ensina-lo a utilizar softwares e computador. Ele deve ser capaz de criar condições

para que ele possa construir conhecimento sobre aspectos computacionais.” (SCHMITT, 2018, p. 50).

Ainda que os desafios para a integração das tecnologias digitais sejam grandes, a implantação das mesmas é essencial para a evolução do modelo de educação atual.

O desafio dessa formação é enorme. Ela deve ser pensada na forma de uma espiral crescente de aprendizagem, permitindo ao educador adquirir simultaneamente habilidades e competências técnicas e pedagógicas. No entanto, a preparação desse professor é fundamental para que a educação dê o salto de qualidade necessário para se instituir um novo modelo pedagógico, que deixe de ser baseado na transmissão da informação para incorporar também aspectos da construção do conhecimento pelo aluno, usando para isso as tecnologias digitais, que estão cada vez mais presentes em nossa sociedade. (VALENTE, 2005 apud SCHMITT, 2018, p. 50)

A autora discute sobre o cuidado que se deve ter ao se usar as tecnologias. Trocar um quadro negro por um projeto multimídia não é utilizar tecnologia para alterar o processo de ensino-aprendizagem. Utilizar um computador em sala de aula por si só pode não ser um processo de inovação. Segundo Schmitt (2018), com uso das tecnologias, há espaço para se criar, recriar e modificar conforme as necessidades surjam. Mas deve haver um padrão, um modelo que dê um respaldo teórico para nortear a utilização das tecnologias. É diante dessas indagações que a autora começa a tratar sobre o referencial teórico TPACK.

Segundo Schmitt (2018), buscou-se um referencial teórico para ancorar o uso pedagógico das TDIC. Ela também deixou claro que as pesquisas em português sobre o referencial são escassas. Diante disso, de acordo com a mesma, recorreu-se à literatura estrangeira.

Nos parágrafos seguintes a autora disserta sobre o que já foi visto no presente TCC: a criação do PCK por Shulman e o modelo TPACK apresentado por Koehler e Mishra. Uma observação pertinente a se fazer é que todas as referências pesquisadas para a elaboração do presente trabalho, a grande maioria, senão todas, apresentam, quando na secção referencial teórico do TPACK, a mesma estrutura, citando os mesmos autores e com as mesmas imagens citadas neste TCC. Isso só confirma que a base para pesquisa do TPACK ainda é pequena e que o tema precisa ser mais difundido e abordado com maior profundidade.

Schmitt (2018) cita a aparente simplicidade do modelo, porém ressalta que essa simplicidade esconde graus altíssimos de complexidade para seu completo entendimento e aplicação. Para a autora, é extremamente difícil separar cada um dos tipos de conhecimento. Ainda que precise ser lapidado, o TPACK tem sido reconhecido como um referencial de valor, desde 2006. Afirma-se ainda que há um crescente foco de investigação dos educadores interessados na tecnologia educacional.

A implantação do TPACK no ensino de matemática é o assunto dos parágrafos seguintes. Neles, a autora disserta acerca das palavras de Niess (2006), que diz que o

modelo TPACK se aplica em perfeita sincronia com o ensino de matemática, pois os professores devem ter profundo conhecimento do conteúdo, mas não apenas isso, devem ter os conhecimentos tecnológicos e pedagógicos bem desenvolvidos de maneira que consiga integrá-los. Ainda de acordo com Niess (2006), a chave para que a tecnologia seja incorporada de forma eficiente no ensino de matemática é a formação inicial e continuada dos professores.

Somente tornando-se bem informados acerca dos recursos tecnológicos e todas as suas potencialidades e sendo constantemente desafiados a incorporá-los em suas práticas diárias é que os professores poderão enraizar uma nova forma de ensino-aprendizagem, estruturada com base no TPACK. (SCHMITT, 2018, p. 66)

Nesse sentido, as ideias citadas vão de encontro ao que foi observado nas literaturas para elaboração do presente TCC. A formação inicial e continuada do professor deve ser bem estruturada e capaz de proporcionar não apenas um entendimento dos recursos tecnológicos, mas também deve fazer com que tais recursos possam ser utilizados pedagogicamente de maneira o mais eficiente possível.

Não há uma única maneira que funcionará para todo tipo de alunos ou turmas, o professor deve estar aberto às flexibilizações na aprendizagem, no modo de transmitir o conteúdo ou aplicar o recurso tecnológico. Um outro ponto importante ressaltado pela autora é que não se pode cair no erro de somente focar o ensino de tecnologias, não havendo preocupação com o contexto da aplicação.

Integrar tecnologia não é sobre tecnologia – trata-se principalmente de conteúdo e práticas pedagógicas eficazes que devem nortear a aplicação tecnológica. A tecnologia envolve apenas as ferramentas com as quais entregamos conteúdo e implementamos práticas de maneiras melhores. O foco, porém, deve estar no currículo e no aprendizado, de maneira contextualizada, já que a integração é definida não pela quantidade ou tipo de tecnologia usada, mas por como e por que ela é usada (EARLE, 2002 apud SCHMITT, 2018, p. 8).

Outra questão muito bem abordada pela autora foi acerca da importância da cooperação dos especialistas de cada área, mais precisamente as áreas tecnológica e pedagógica. Ela diz que, segundo Bull et al. (2008) poucos especialistas em tecnologia têm conhecimento pedagógico do conteúdo suficiente para compreender a dinâmica da sala de aula. Já os professores tem conteúdo tecnológico aquém do que deveriam ter para a utilização das tecnologias. Deve ser praticada a cooperação entre os profissionais, de maneira que possam haver diálogos que desenvolvam a metodologia de ensino. Deve haver também o diálogo entre as disciplinas para unificar o desenvolvimento das pesquisas.

Seja qual for a estruturação do curso, os métodos e planejamentos de ensino, a gestão de sala de aula e as experiências de estágio de futuros professores, segundo os autores, precisam ser revistos, considerando o impacto e a influência de recursos tecnológicos para o ensino e aprendizagem (SCHMITT, 2018, p. 67)

Complementando esse assunto, a autora ressalta a contribuição de Harris (2008). Segundo Schmitt (2018), deve haver uma comunidade para compartilhamento e troca de ideias sobre a implementação das tecnologias. Professores e futuros docentes devem estar conectados e se sentir seguros para partilhar suas preocupações, motivações e percepções acerca da utilização de tecnologias no ensino de matemática. Devem ainda ouvir as opiniões e refletir sobre suas crenças e partilhar experiências desenvolvidas bem sucedidas. O interessante das palavras de Harris (2008) é que foi justamente o que a autora Schmitt (2018) fez em sua dissertação, como será visto a seguir.

A autora relata uma experiência de implantação das TDIC em uma escola particular de São Paulo. A escola em questão tem ótima capacidade financeira para investir em tecnologias e infraestrutura de modo geral. Segundo a autora, a escola sempre buscou se renovar e seguir as tendências e evoluções dos processos de ensino o que, sem dúvidas, colaborou, e muito, para a implantação da utilização das tecnologias nas salas de aula.

Tal implantação teve início em 2015, com o cadastro da escola no *Google For Education*⁷. De início foi adquirida a plataforma *GSuite for Education*⁸. Essa plataforma é totalmente gratuita, porém a escola teve de investir na compra de notebooks (*Chromebooks*) e tablets. A escola possui turmas do ensino fundamental I e II, oferecendo período integral. Ficou decidido, por maior disponibilidade de tempo para aplicação, que os trabalhos deveriam ser realizados nas turmas de tempo integral.

A princípio, segundo Schmitt (2018), a regra era experimentar os recursos oferecidos. Ela ainda relata que, como não havia nada de oficial imposto pela direção da escola, ela e outros professores se sentiram livres para utilizarem a plataforma da maneira que achassem melhor: “Tínhamos o aval da direção, o apoio do pessoal de tecnologia educacional, os recursos à nossa disposição e a vontade de atingir novos patamares em nossa prática” (SCHMITT, 2018, p. 86).

Os professores optaram por atuar no segundo e sexto anos do Ensino Fundamental I, pois esses detinham mais maturidade para lidar com as tecnologias, diferentemente dos alunos do primeiro ano. Para unificar a atuação do professor com tecnologias em sala de aula, a ferramenta utilizada foi o *Google Classroom* ou *Google Sala de Aula*. Através dessa ferramenta, o professor dispõe de uma série de recursos para organização da turma, compartilhamento de exercícios, monitoramento das resoluções das tarefas e acompanhamento geral dos alunos.

Para os alunos mais novos, do Ensino Fundamental I, houve uma pequena dificuldade de utilização do *software*, devido à criação de logins de acesso. Essas dificuldades, contudo, foram rapidamente sanadas. Para esses alunos, segundo a autora, um aplicativo que teve grande destaque foi o *MatPlayground*⁹. O aplicativo possui integração com o *Google Sala*

⁷ O *Google for Education* é um serviço que fornece versões personalizáveis de variados produtos do *Google*, usando um nome de domínio dado pelo cliente.

⁸ G Suite é um serviço do *Google* que oferece versões de vários produtos *Google* que podem ser personalizados de forma independente com o nome de domínio do cliente.

de Aula e é gratuito. Ele possui vários jogos e é possível sua utilização por mais de um aluno, tornando o jogo colaborativo e, assim, a experiência mais lúdica.

A abordagem com o Ensino Fundamental II foi outra, segundo a autora.

Eles possuem mais disciplinas e conseqüentemente uma carga horária mais elevada. O importante para eles era instituir uma rotina de estudos diária. Eles precisavam aprender a se organizar e ganhar autonomia. Com isso, começamos a explorar outras ferramentas do pacote GSuite: Documentos Google, Apresentações Google, Formulários Google, dentre outras. (SCHMITT, 2018, p. 8)

A autora relata os benefícios de tornar os estudos mais “digitais” para as crianças através da utilização desses aplicativos. Essa iniciativa e a utilização dessa abordagem digital nas turmas ganhou muita notoriedade. Segundo a autora, nas turmas de 6º ano do período integral, houve grande reconhecimento não somente dentro, mas também fora da escola. Diante desse reconhecimento, o *Google*, em 2016, convidou membros da escola para apresentarem o projeto em palestra em outras escolas de São Paulo. É o sinal de que o caminho percorrido pela autora na implantação das tecnologias digitais, de fato, era promissor.

De acordo com Schmitt (2018), muitos resultados significativos foram alcançados, dentre eles: maior engajamento dos alunos quando os estudos foram feitos pelos aplicativos; enriquecimento da postura colaborativa dos alunos e melhores desempenhos em atividades avaliativas. A autora ressalta que essa avaliação do “sucesso” da implantação das tecnologias foi puramente qualitativa pois ainda não dispunham de um sistema mais preciso que pudesse quantificar o avanço.

Os professores foram auxiliados pela *Central de Treinamento Google*⁹, que é um serviço de formação *online* oferecido pela *Google for Education*. Schmitt (2018) relata que o interesse de muitos professores era grande. Depois de se dedicarem ao domínio dos aplicativos e utilização da plataforma *Google*, obtiveram uma iniciativa de sucesso: o caderno digital. “Foi o primeiro importante passo da escola na renovação de suas práticas.” (SCHMITT, 2018, p. 90)

Com a repercussão do projeto, os outros professores ficaram curiosos e, além disso, os alunos que ainda não participavam de turmas com essa metodologia queriam muito participar, gerando uma certa pressão para adoção em todas as turmas. Contudo, uma parte do corpo docente, especialmente os mais antigos, resistiram à implantação da utilização de tecnologias.

⁹ Disponível em: <<https://www.mathplayground.com/>>. Acesso em: 19 nov. 2018.

¹⁰ Disponível em: <https://edutrainingcenter.withgoogle.com/?hl=pt_BR>. Acesso em 19 nov. 2018.

[...] eram obstáculos muito mais de origem cultural do que prática, paralisando boa parte do corpo docente: para o típico professor com muitos anos de carreira, tradicionalista, próximo de sua aposentadoria, mudar qualquer coisa em sua prática era sinônimo de trabalho desnecessário e questionável para sua carreira tão consolidada, sendo que, em uma postura mista de arrogância e inércia, insistiam em adotar a máxima “sempre dei aula assim e sempre deu certo” – o boicote, por parte desse grupo, era total; para o típico professor pouco proativo, que não via motivos para sair da zona de conforto e assumir riscos, as palavras mais proferidas diante das oportunidades de inovação foram “para quê?” e “por quê?” (SCHMITT, 2018, p. 91)

O restante dos professores tinha receio pela falta de domínio com as ferramentas mas estes, segundo a autora, não se opuseram à implantação do projeto. Diante desse quadro, a direção teve de sistematizar a adoção das ferramentas digitais. No fim do primeiro semestre de 2016, foi firmado um contrato com uma empresa de consultoria parceira da *Google*. A ideia era estender, em caráter oficial, o uso da plataforma em todo Ensino Fundamental.

Schmitt (2018) comenta sobre a importância dos recursos humanos, ou seja, da boa formação do professor para a utilização de tecnologias. A direção da escola apostou na formação continuada dos professores como premissa básica. Foram oferecidas oficinas, ministradas pela empresa de consultoria, com o objetivo de introduzir as novas ferramentas aos professores. Como as oficinas eram noturnas, demandando certa “força de vontade a mais” de quem quisesse obter o conhecimento, muitos boicotavam as aulas. Apenas os já interessados as frequentavam. Devido a esse não interesse de alguns docentes, o curso não teve o resultado esperado. Porém, para os que eram assíduos, foi um tempo muito proveitoso.

Segundo a autora, o grande marco no planejamento da capacitação docente só veio no fim de 2016, com a adoção da certificação *Google*. Essa certificação é obtida por educadores que realizam um exame *online*, não gratuito. Esse exame avalia a capacidade dos educadores em utilizar as ferramentas do *Google* no ambiente escolar. A escola exigiu a certificação do seu corpo docente, o que estreitou o cerco para os que não quiseram aderir ao uso das tecnologias.

No ano seguinte, a pressão em cima do corpo docente já era maior. Passaram da fase de experimentação para a fase de “não é mais possível ensinar sem tecnologia”, segundo a autora. Dentre os professores com maior facilidade foram escolhidos tutores, sendo a autora um deles, e foram realizados encontros de tutoria. Os professores eram auxiliados no planejamento das aulas, dividindo ideias.

O resultado veio. Cerca de 60% do corpo docente do Fundamental I e II já estava certificado no fim do primeiro semestre de 2017. Em concordância com o que foi relatado anteriormente pela autora, que é a colaboração dos conhecimentos tecnicistas com os práticos, ou seja, a vivência profissional.

[...]percebo que meu suporte como tutora teve muito mais sentido quando pude associar um determinado conhecimento tecnológico a um entendimento específico de proposta pedagógica que meu aluno pretendia alcançar como docente, no contexto específico de sua prática. O fato de transitar confortavelmente entre o setor de tecnologia educacional e o mundo dos professores me permitiu planejar aulas tecnológicas de maneira sistêmica, com uma visão global, e não limitada, como geralmente acontece nas instituições em que quem entende de tecnologia não entende de pedagogia e vice-versa. (SCHMITT, 2018, p. 96)

A autora, nesse ponto, discorre acerca dos recursos infraestruturais, que são importantíssimos também para a implantação das tecnologias. A escola em questão era bem estruturada, facilitando a implantação do modelo. Devido à boa condição financeira da escola, os recursos os quais ela não possuía foram adquiridos sem maiores problemas. Sabe-se que essa não é a realidade da maioria do Brasil, onde escolas sofrem cada vez mais com uma infraestrutura precária.

De acordo com Schmitt (2018), não basta apenas investir em equipamentos, deve-se reformular os espaços de aprendizagem, tornando-os mais interativos. Partindo para os recursos pedagógicos, a autora os considera umas das frentes mais importantes para o sucesso do projeto.

Não basta ter a tecnologia como recurso material e o professor como recurso humano, sem que haja o propósito pedagógico por trás, ditando a intenção do uso educativo das TDIC. Não se pode perder de vista que a ferramenta tecnológica é só uma auxiliar do processo pedagógico; este, por sua vez, é o que permite desenvolver metodologias e abordagens diferenciadas, configurando-se assim como a verdadeira força motriz do ensino-aprendizagem – a tecnologia é apenas o fio condutor, que pode torná-lo mais eficiente. (SCHMITT, 2018, p. 98)

Os professores foram estimulados a cada vez mais fugir do padrão das aulas puramente expositivas. Eles poderiam utilizar tablets, aplicativos, *chromebooks* e uma infinidade de recursos. Os professores deveriam fazer diferente, deveriam estimular os alunos a pensar de outras formas. “Estava nas mãos do professor, agora, sair da zona de conforto e fazer diferente.” (SCHMITT, 2018, p.99)

O projeto amadureceu rapidamente em dois anos, de 2015 a 2017. Houve um aumento significativo da motivação dos alunos, afinal eles nativos digitais. Porém, o engajamento e envolvimento dos docentes foi mais complexo, como já relatado. “Pode-se dizer, de uma maneira geral, que o projeto de implementação das TDIC na rotina escolar do Ensino Fundamental, através da parceria com a Google for Education, teve um enorme êxito.” (SCHMITT, 2018, p.114)

A autora ainda ressalta que a escola do *Google* foi apenas um dos caminhos, não sendo a única a oferecer esse tipo de estrutura. A partir desse ponto, Schmitt (2018) disserta acerca da escalabilidade da proposta para a rede pública. Segundo ela, o PNE (Plano Nacional de Educação) cita as TDIC em quatro estratégias para atingir o objetivo

de melhoria do fluxo escolar e da aprendizagem, aumentando as médias nacionais do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB). As tecnologias também aparecem na terceira versão da Base Nacional Comum Curricular (BNCC).

Schmitt (2018, p. 120) então, após ciência das leis que dão respaldo para utilização das tecnologias, foi buscar um embasamento para a questão: “até que ponto o projeto aplicado na escola particular poderia ser replicado, considerando-se a realidade das escolas públicas e estaduais?” Para isso ela formulou um questionário¹¹ para obter informações junto às Secretarias de Educação Municipal e Estadual de São Paulo.

O questionário era composto de quatorze perguntas, divididas em duas seções: infraestrutura e recursos materiais; administração e recursos humanos. Juntamente com as respostas recebidas e com outros dados levantados em pesquisas feitas por organizações relevantes na área de educação no Brasil, seriam analisados os cenários atuais das escolas públicas.

Os dados levantados pela autora indicam que cerca de 20% das escolas não possuem estrutura básica para uso de tecnologias, ou seja, não possuem laboratórios de informática. Schmitt (2018) ainda ressalta que o fato de possuir um laboratório não implica em seu uso de maneira adequada. Ela questionou as Secretarias quanto ao controle de utilização dos laboratórios, mas a resposta que obteve foi que não há esse controle.

Verificou-se também que poucas escolas contam com notebooks e projetores interativos. Com relação ao uso do Wi-Fi, mais de 60% das escolas informaram que o acesso não é liberado aos alunos, sendo bloqueadas por senha. Somando-se a isso, as que possuem a internet liberada aos alunos, não possuem os requisitos mínimos de velocidade estipulados pelo *Google* para uma experiência ótima.

Quando a autora fez a análise dos recursos humanos, ela verificou que:

[...] como a concepção curricular adotada pela SEE-SP não prevê aulas de informática desarticuladas do Currículo Oficial das Escolas Estaduais, não há capacitação de responsável para operar os laboratórios, isto é, não existe no quadro o cargo oficial de monitor de informática, de maneira que cabe ao professor que estiver fazendo uso desse ambiente com seus alunos, o suporte técnico necessário, o que pode ser bem problemático sem o devido treinamento. (SCHMITT, 2018, p. 127)

A autora discutiu sobre as várias iniciativas públicas e privadas para capacitação docente, tais como: e-ProInfo, Aventuras do Currículo+, Oficinas Virtuais Currículo+, Ensino Híbrido (Fundação Lemann), Pilares da Educação Digital, dentre outras. Logo em seguida, a autora teceu os comentários finais e a conclusão da sua dissertação. De acordo com ela, o processo de ensino-aprendizagem deve se modificar para que a distância entre escola e a sociedade seja diminuída. O contexto social das crianças e jovens atualmente é muito diferente do que tinha-se há 10 anos. A tecnologia evolui constantemente e de forma

¹¹ O questionário encontra-se nos Anexos do trabalho de Schmitt (2018).

muito rápida. As escolas devem acompanhar essa evolução e aplicarem nos seus processos de ensino, em sua estrutura e na capacitação dos seus docentes.

Para a integração das tecnologias no processo de ensino, o referencial adotado foi o TPACK, o qual destaca a ação docente como força motriz para a integração das tecnologias. O professor deve integrar as áreas de conhecimento do conteúdo (conteúdo, pedagógico e tecnológico). “O TPACK aplicado ao ensino de matemática fornece um referencial dinâmico para examinar o conhecimento que o professor precisa ter para lidar com a complexidade do ato de ensinar com tecnologia.” (SCHMITT, 2018, p. 150)

Diante da experiência da implantação das tecnologias no processo de ensino da escola privada, percebe-se que, mesmo a escola tendo toda a infraestrutura, muitas dificuldades foram encontradas. A falta de interesse dos professores mais antigos foi uma das principais dificuldades encontradas. Esses obstáculos só foram sanados com a sistematização, por parte da direção, da implantação das tecnologias. De acordo com a autora, o professor deve abraçar a causa e ter força de vontade, procurando mudar o seu método de ensinar.

Ficou evidente, assim, que as mudanças de paradigma na condução de práticas educativas na escola em questão só foram possíveis quando houve aderência significativa de pessoas. Os recursos humanos, muito mais do que a infraestrutura de ponta e os recursos financeiros, pesaram significativamente para o sucesso da iniciativa de implementação das TDIC no ensino-aprendizagem, impactando na criação e consolidação de uma mentalidade e cultura inovadora, atestando-se para a importância de se engajar os envolvidos antes de se preocupar em ter todos os recursos materiais da melhor qualidade à disposição. (SCHMITT, 2018, p. 151)

Schmitt (2018) ainda ressalta a importância da parceria com a *Google*, a qual alavancou o processo. A criação de parcerias entre instituições de cunho educativo e os sistemas de ensino pode ser muito benéfica, trazendo novos modelos e estratégias para planejamento e implantação de políticas públicas inovadoras.

Quando comentada a viabilidade da implantação das tecnologias na rede pública, a autora ressalta que é necessário atentar para as diferenças das realidades socioeconômicas quando comparada à iniciativa privada. Há, na rede pública, limitações infraestruturais e também de capacitação do corpo docente.

O trabalho de Schmitt (2018) contribui grandemente quando pensa-se na implantação de tecnologias em sala de aula. As experiências vividas por ela e relatadas em seu trabalho expõem dificuldades, pontos positivos, negativos e resultados alcançados. O referencial teórico TPACK teve seus conceitos explorados e transportados para o ensino de matemática tornando, assim, o trabalho da autora, além de atual, excelente leitura para quem deseja conhecer um pouco mais desse referencial.

O estudo para a viabilidade na escola da rede pública de São Paulo, embora pouco citado nesse presente trabalho, contribui para entender as dificuldades ainda maiores encontradas no ensino público. Assim, os desafios que terão que ser superados para a

implantação de uma nova metodologia de ensino baseada em TDIC ainda são muitos, mas há caminhos que podem auxiliar nesse processo.

5.4 Trabalho 3

O terceiro trabalho a ser discorrido é o de Idem (2017), que é uma dissertação apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Campus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista. Seu título é “Construcionismo, Conhecimentos Docentes e GeoGebra: uma experiência envolvendo licenciandos em Matemática e professores”.

No trabalho, foi feita uma investigação de um curso de extensão universitária, do qual participaram licenciandos em Matemática e professores. O objetivo foi identificar e analisar conhecimentos que emergiram durante o curso e investigar os contextos em que essa emergência ocorreu. Os objetivos específicos foram analisar o desenvolvimento de atividades sob a perspectiva construcionista e identificar a articulação entre conhecimentos docentes e construcionismo no desenvolvimento do curso.

A pergunta que deu origem a pesquisa foi: “Que conhecimentos docentes emergem quando licenciandos em matemática e professores exploram as atividades de geometria utilizando o Geogebra?” (IDEM, 2017, p. 7).

Para obtenção de informações e dados para responder a essa pergunta, a autora utilizou recursos de filmagens dos encontros do curso, gravação da tela do computador, coleta e atividades escritas dos participantes, desenvolvimento de atividades e entrevistas semiestruturadas. A autora comenta acerca da não evolução do ensino quando comparado às mudanças sociais, culturais, econômicas e principalmente tecnológicas. Ainda faz menção ao modelo de ensino no qual o professor é o centro e os alunos meros espectadores destinados a apenas absorver, ou tentar absorver conteúdo.

A narração, de que o educador é o sujeito, conduz os educandos à memorização mecânica do conteúdo narrado. Mais ainda, a narração os transforma em “vasilhas”, em recipientes a serem “enchidos” pelo educador. Quanto mais vá “enchendo” os recipientes com seus “depósitos”, tanto melhor educador será. Quanto mais se deixem docilmente “encher”, tanto melhores educandos serão. [...] Desta maneira, a educação se torna um ato de depositar, em que os educandos são os depositários e o educador, o depositante. (FREIRE, 2005 apud IDEM, 2017, p. 15)

A autora faz então um breve resumo sobre tecnologia, definindo-a e contando um pouco do seu surgimento. Ela dedica um espaço maior para dissertar e trazer informações acerca dos computadores e seu emprego nos processos de ensino, marcando o início da utilização das tecnologias digitais em sala de aula.

O uso das tecnologias digitais começou com a máquina de ensinar de Skinner e a forma como o computador era utilizado tinha como meio as CAI (*Computer Aided Instruction*). “Com a popularização dos microcomputadores também ocorreu crescente

uso do programa educacional LOGO. Esse software foi idealizado e desenvolvido pelo pesquisador Seymour Papert e seus colaboradores do MIT³ na década de 1970” (IDEM, 2017, p. 17).

Quando o aluno usa o computador para construir o seu conhecimento, o computador passa a ser uma máquina para ser ensinada, propiciando condições para o aluno descrever a resolução de problemas, usando linguagens de programação, refletir sobre os resultados obtidos e depurar suas idéias por intermédio da busca de novos conteúdos e novas estratégias. (VALENTE et al., 1999 apud IDEM, 2017, p. 17)

A autora comenta sobre quatro fases das utilizações das tecnologias. A primeira fase se refere ao uso do *software* LOGO, cujo foco estava na relação entre a programação e o pensamento matemático. A segunda fase se deu com o surgimento de programas de geometria dinâmica e programas gráficos.

Junto com a Geometria Dinâmica, surgiu a ideia da prova do arrastar, na qual a construção geométrica só é considerada “construção” se resiste ao arrastar pelo curso do mouse; os programas mais conhecidos foram o Cabri Géomètre e o Geometricks. Em relação aos programas gráficos, os mais populares foram o Derive, o Winplot e o Graphmatica, os quais inovaram ao potencializar a experimentação matemática. (IDEM, 2017, p. 17)

A terceira fase é caracterizada pelo surgimento da internet, possibilitando a educação à distância. “Nesse período a informação e a comunicação são potencializadas, com a popularização do e-mail, de chats, do Google; é a partir dessa fase que surge o termo Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC)” (IDEM, 2017, p. 17). E por fim a quarta fase, segundo a autora, é caracterizada pelo advento da internet rápida.

[...]essa fase potencializa a Modelagem Matemática e ocorre o surgimento da Performance Matemática Digital (PMD). Dentre todas as inovações dessa fase, talvez a mais marcante seja o advento do GeoGebra, um software gratuito que combina Álgebra, Tabelas, Gráficos, Estatística e Cálculo; além de ser indicado para todos os níveis de ensino, ainda, apresenta uma plataforma amigável e potencializa a exploração, a conjectura e investigação matemática. (IDEM, 2017, p. 18)

Idem (2017) afirma que os professores de matemática são os que possuem maiores dificuldades na integração das tecnologias no ensino. Isso se deve ao fato de a formação inicial dos professores ser baseada no ensino transmissivo e sem o uso de tecnologias digitais. Pesquisas citadas pela autora mostram que mesmo nos grandes centros, como São Paulo e Recife, a integração das tecnologias na formação docente ainda é precária.

Integrar as tecnologias digitais no ensino é possível, mas para isso, é necessário que haja mudança em todos os segmentos educacionais. Além disso, precisamos estar conscientes de que a mudança é lenta. Embora seja lenta, não é impossível. E o primeiro passo para isso, é que os professores reconheçam as potencialidades das tecnologias digitais para o ensino. Os docentes precisam enxergar nas tecnologias digitais possibilidades de ensino e de aprendizagem mais efetivas do que as possibilidades apresentadas pelos métodos transmissivos. (IDEM, 2017, p. 20)

Idem (2017) conta sua história desde aluna à pesquisadora. Ela relata que foi por meio do PIBID que teve sua primeira experiência com tecnologias digitais, ao auxiliar um professor com o *software* Graph para ensino de funções. Relata também sua experiência em um intercâmbio para os EUA, onde teve a oportunidade de cursar disciplinas que envolviam o ensino com tecnologia. De acordo com ela, a mais interessante foi a *Technologies in the Teaching of Mathematics* (Tecnologias no ensino de matemática). Nessa disciplina ela pôde vivenciar situações de aprendizagem por meios de vários programas educacionais.

Fazia parte da disciplina o acompanhamento dos professores na utilização dos recursos tecnológicos e nesses acompanhamentos ela pôde perceber que a maioria dos professores:

[...] apenas adaptaram o ensino transmissivo para ser realizado por meio de lousas digitais, calculadoras gráficas e computadores portáteis; na prática de tais professores a presença ou ausência das tecnologias digitais pouco interferia na maneira como o ensino era desenvolvido. Outros professores, entretanto, desenvolviam sua prática pedagógica aliando materiais concretos e tecnologias digitais, realizavam a investigação matemática e provocava a motivação dos alunos que eram ativos no processo de aprendizagem. (IDEM, 2017, p. 19-20)

Após a experiência no intercâmbio, o objetivo da autora seria de escrever um projeto de mestrado que focava na formação continuada do professor de matemática para a integração de tecnologias digitais, mas como o assunto seria muito amplo, ficou resolvido que o tema seria restringido à área de geometria e a integração com o *software* Geogebra.

Sobre as tecnologias digitais no ensino e aprendizagem da geometria, “A aprendizagem da geometria ocorre por meio da abstração, em um processo de interiorização de experiências espaciais” (IDEM, 2017, p. 37). A autora afirma ainda que as tecnologias digitais potencializaram a aprendizagem da geometria com os Ambientes de Geometria Dinâmica.

A criação de contextos sociais favoráveis à aprendizagem é, ainda, uma das características de um ambiente geométrico dinâmico [...], o que parece³⁶ beneficiar a aquisição de conhecimentos, dada a influência da interação social no desenvolvimento cognitivo, incluindo a produção de provas. (COELHO; SARAIVA, 2000 apud IDEM, 2017, p. 37-38)

A visualização é um elemento importante dos programas de Geometria Dinâmica pois auxilia o aluno a ver os fatos genéricos. O *software Geometric Supposers* foi o pioneiro a Geometria Dinâmica. Nele era possível duplicar construções com as mesmas

propriedades geométricas. A partir disso, “o foco da aprendizagem da geometria tornou-se a experimentação e a facilidade de construir esquemas a partir das conjecturas dos alunos” (IDEM, 2017, p. 39)

Uma das inovações nos programas de geometria foi a possibilidade de arrastar, abrindo novos horizontes para as construções e objetos. Em 2000, Markus Hohenwarter criou o Geogebra, que trouxe muitas inovações.

De acordo com Idem (2017), a formação deve ser um processo contínuo, onde os professores se envolvam em situações de aprendizagem buscando melhorar o ensino. A formação tem início quando o professor ainda está na condição de aluno da educação básica. Já na etapa universitária, os processos de aprender e ensinar a aprender são construídos mais sistematicamente. Logo após a formatura, a formação do docente não se encerra. O professor ainda está em formação, a chamada formação continuada. Ela deve dar ao professor as ferramentas necessárias para enfrentar as mais variadas situações de aprendizagem.

Idem (2017) afirma que o processo de formação dos professores passou a ter importância cultural e política, pois os professores são agentes de condução de processos de socialização e formação de novas gerações por meio da escolaridade. A autora trata sobre o construcionismo, que se relaciona ao ensino e aprendizagem em ambientes computacionais e os conhecimentos docentes, que são os conhecimentos necessários na formação tecnológica e prática pedagógica dos professores.

A tecnologia digital tem um grande potencial para resolver problemas. Para Papert (1993), segundo (IDEM, 2017), a ideia sobre a potencialidade na educação ia contra a ideia de que o computador seria usado para ensinar. De acordo com Papert (1993), as crianças é que ensinariam o computador e aprenderiam com essa interação.

A programação tem um potencial epistemológico evidenciado por Seymour Papert. Ele acreditava que os erros e consertos dos programas desenvolvidos pelas crianças tinham um potencial muito grande ao incentivar o “pensar sobre o pensar”, ato pouco estimulado na escola e que é essencialmente importante para o desenvolvimento cognitivo. (IDEM, 2017, p. 43)

Papert (1993) diferencia o instrucionismo do construcionismo. No instrucionismo, o ensino pode melhorar com uma melhor instrução, “[...] ou seja, nessa perspectiva, o computador melhoraria os meios de instrução, mas a estrutura da escola é a mesma, na qual, o aluno é passivo no processo de aprendizagem” (IDEM, 2017, p. 44). O construcionismo prega que quanto menor a instrução, melhor o aprendizado.

[...] é construída na hipótese que as crianças serão melhores em encontrar por elas mesmas o conhecimento específico que elas precisam; educação organizada ou informal pode ajudar mais ou ter certeza que eles estão apoiados moralmente, psicologicamente, e intelectualmente em suas tentativas. (PAPERT, 1993 apud IDEM, 2017, p. 44)

De acordo com Idem (2017) as pesquisas mostram que o construcionismo pode ser utilizado com muitas mídias, como a Lousa Digital, o notebook, os *softwares* Geometricks e Geogebra, dentre outros. Foi o construcionismo que guiou a perspectiva pedagógica do curso e extensão universitária proposto pela autora e a perspectiva formativa esteve apoiada nos conhecimentos docentes.

Na seção de conhecimentos docentes, Idem (2017) cita alguns tipos: conhecimento de conteúdo, de pedagogia geral, de currículo, pedagógico de conteúdo, dos aprendizes e suas características, do contexto educacional, entre outros. Nessa parte, a autora entra na questão do PCK de (SHULMAN, 1987). A autora fala também sobre a evolução do PCK feito por (MISHRA; KOEHLER, 2006), originando o TPACK. Todos esses conteúdos já foram abordados neste TCC, e serão suprimidos para evitar duplicidade.

Sobre os procedimentos metodológicos, foi desenvolvido um curso de extensão universitária, do qual participaram licenciandos e professores de matemática. A autora se colocou no papel de professora. A pesquisa foi caracterizada como de campo, com a observação direta das atividades do grupo estudado e de entrevistas semiestruturadas, com o objetivo de obter as explicações e interpretações do que ocorreu no grupo estudado.

O curso de extensão foi realizado em junho de 2016 na Universidade Estadual Paulista, no campus de Rio Claro-SP, com o título “Geogebra e Performance Matemática Digital”. Teve como objetivo apresentar as potencialidades do *software* Geogebra para ensino e aprendizagem de Geometrias Plana e Espacial. Após fazer uma apresentação geral do Geogebra, Idem (2017) expõe as atividades que foram exploradas no curso.

A atividade 1 foi a do *Triângulo Equilátero e Tetraedro Regular*, que teve como objetivo estabelecer relações entre a área de um triângulo e de um trapézio formados quando um triângulo equilátero é interseccionado por uma reta paralela a uma de suas bases. A atividade teve dois momentos: o primeiro foi quando os participantes eram solicitados a explorar diferentes formas de construção de um triângulo equilátero no Geogebra; no segundo momento os participantes deveriam utilizar o triângulo equilátero inicial para construir um tetraedro regular.

Na atividade 2, os temas abordados foram a *Reta de Euler e Circunferência de Nove pontos*. Essa atividade teve como propósito a investigação, por parte dos participantes, dos pontos notáveis do triângulo e a percepção da relação entre eles, construindo a Reta de Euler e a Circunferência de Nove pontos. Os participantes foram orientados a começar construindo o baricentro, ortocentro e o circuncentro de forma investigativa. Logo após era solicitado que investigassem a relação entre os pontos notáveis. Por último, solicitava-se a construção da circunferência de nove pontos.

A atividade 3 teve como tema as *Diagonais do Cubo*. Nela, os participantes deveriam construir um cubo e um controle deslizante atrelado a ele que variava o tamanho das arestas. Logo após isso, deveriam ser construídas as diagonais do cubo e encontrar o ângulo entre elas. Visava-se, com essa construção, a observação de que, mesmo havendo a variação

do tamanho da aresta do cubo, o ângulo entre as diagonais se mantém constante.

A atividade 4 foi sobre *Construções Geométricas no Espaço*. Teve como objetivo estimular a construção de poliedros através das suas propriedades geométricas, avaliando sua construção pela prova do arrastar. A princípio, os participantes foram orientados como construir um tetraedro regular e um octaedro regular utilizando as esferas. Posteriormente, os participantes foram deixados livres para explorar as ferramentas do Geogebra, construindo um cubo e um prisma.

Na atividade 5, *Interseção entre Plano e Poliedros*, pretendia-se que os participantes percebessem relações entre o número de faces de um poliedro e o número de lados de um polígono formado pela interseção do poliedro com o plano. Em um primeiro momento, os participantes foram solicitados a construir uma pirâmide e um plano definido por três pontos, cuja altura era determinada por três controles deslizantes. Na segunda parte da atividade, deveria ser feito o mesmo procedimento utilizando um prisma de base pentagonal para realizar a interseção. Por fim, os participantes tinham que construir diferentes poliedros e analisar suas interseções com o plano, estabelecendo uma generalização sobre a relação entre o número de faces do poliedro e o número de lados dos polígonos formados na interseção.

A atividade 6 foi a *Quadratura do Círculo - Método de Ernest Hobson*. Essa atividade teve a proposta de levar os participantes a refletirem sobre os números irracionais. Ao fim da atividade, era possível perceber que o valor da área do quadrado se aproximava grandemente da área do círculo. Em seguida os participantes eram levados a refletir sobre as características dos círculos, sobre o número π e sobre os números irracionais.

Na atividade 7, o tema foi o *Prisma*. O objetivo foi a exploração de vértices, face e arestas de prismas, sua relação com o número de faces de um poliedro cujos vértices são pontos médios das arestas desse prisma e a generalização de tais ideias para um prisma de base qualquer. Os alunos deveriam construir três prismas, um com base triangular, outro com base quadrangular e outro com base pentagonal. Os alunos tinham que encontrar os pontos médios das arestas dos prismas e construir os poliedros cujos vértices seriam esses pontos. Ao fim da atividade, os participantes precisavam generalizar as ideias.

O curso teve duração de 18 horas, sendo realizado no laboratório de informática do Grupo de Pesquisas em Informática, outras Mídias e Educação Matemática (GPIMEM), na Unesp-Rio Claro.

A produção de dados, tendo como contexto principal o curso de extensão universitária, se deu por meio de filmagens do curso, de registros escritos feitos pelos participantes no desenvolvimento das atividades, da construção de atividades por parte dos participantes e da realização de entrevistas semiestruturadas com eles. (IDEM, 2017, p. 80)

As filmagens feitas foram tanto da sala de aula como das telas dos computadores. Para análise das imagens, foi utilizado o modelo de Powell et al. (2003) que consiste em

diferentes etapas de acordo com o quadro abaixo (Fig. 5).

Figura 5 – Modelo de Análise de Vídeo

Etapa	Descrição
Observar	Na primeira etapa, o pesquisador deve assistir o conteúdo de vídeo para que se familiarize com ele.
Descrever	Nesta etapa, o pesquisador assiste as filmagens e descreve os dados da filmagem em determinados intervalos de tempo.
Identificar	Etapa em que o pesquisador identifica momentos significativos das filmagens, considerados eventos críticos, de acordo com seus interesses de pesquisa.
Transcrever	O pesquisador transcreve os momentos críticos que achar relevantes para sua pesquisa. Pode ocorrer a transcrição de falas ou descrição de acontecimentos.
Codificar	Etapa que “[...] objetiva identificar temas que ajudem o pesquisador a interpretar os dados.” ²⁸ (POWELL; FRANCISCO; MAHER, 2013, p. 423, tradução nossa).
Construir enredo	O pesquisador, nesta etapa, conecta os eventos críticos, as transcrições e as codificações através de enredos.
Narrar	Nesta etapa, o pesquisador conecta todos os enredos e compõe uma narrativa da sua interpretação dos dados.

Fonte: Powell et al. (2003 apud IDEM, 2017, p. 81)

A autora relata as atividades realizadas por cada um dos participantes, que exploraram diferentes conteúdos matemáticos com diversas formas de apresentação (Fig. 6).

Figura 6 – Atividades Desenvolvidas pelos Participantes

Participante	Tema	Descrição
Bárbara	Geometria Hiperbólica	Bárbara apresentou o roteiro da atividade e sua construção no GeoGebra. A atividade explora as ferramentas de construção geométrica hiperbólica, que foram construídas pela própria participante, para investigar a soma de ângulos internos de um triângulo.
Gisela	Geometria Plana	A participante apresentou o roteiro de construção e atividade que objetiva a exploração das propriedades de triângulos isósceles.
Nayara	Geometria Plana	Apresentou uma construção no GeoGebra que explora, por meio do controle deslizante, o Teorema dos Ângulos Alternos-Internos.
José	Funções	João apresentou o roteiro da atividade e a construção no GeoGebra, na qual são explorados os coeficientes angulares e lineares de funções afins utilizando o controle deslizante.
Rafael	Geometria Espacial	Apresentou a construção no GeoGebra de uma simulação da órbita ao redor da Terra de um satélite.

Fonte: Idem (2017, p. 83)

Após o término do curso e desenvolvimento das atividades, a autora realizou entrevistas semiestruturadas com os participantes com o objetivo de conhecê-los melhor

em relação a sua formação e experiência no ensino e as impressões que tiveram do curso. Na Fig. 7 seguem as questões base das entrevistas semiestruturadas feitas pela autora.

Figura 7 – Questões das Entrevistas Semiestruturadas

Temas	Questões
Formação	Qual o curso e ano? Onde estudou no ensino básico (escola pública ou particular)? Onde se formou? Em que ano?
Experiência com tecnologia digital	No Ensino Básico, teve a oportunidade de utilizar tecnologia digital nas aulas de matemática? E no ensino superior? Explique.
Geometria	Você acredita que sua formação universitária é suficiente para ensinar Geometria? E Geometria com tecnologia digital? Explique.
Curso	Quais conteúdos explorados no curso você já conhecia e quais foram inéditos? O que mais gostou/ chamou a atenção? O que menos gostou? O que mudaria?
Tecnologia digital e formação	O que foi possível entender sobre o uso de tecnologia digital no ensino, com o curso? Futuramente, no seu trabalho como professor, você utilizaria tecnologia digital em suas aulas? Por quê? Ao utilizar o GeoGebra, qual seria o maior desafio? O que você acredita que é necessário para se ensinar Geometria com o GeoGebra?
Reflexões sobre tecnologia digital no ensino	Existe diferença em ensinar e aprender Geometria com o GeoGebra e sem ele? Explique. Se sim, enumere as diferentes possibilidades.
Atividade	Por que você o optou por explorar tal conceito? Ao final da atividade, o que o aluno deveria saber, ou seja, qual conhecimento é o mais importante na atividade? Qual deveria ser a conduta do professor ao utilizar essa atividade? Qual seu papel? Como você organizaria a sala: os alunos trabalhariam individualmente, em grupos, ou coletivamente? Por quê? Sem o uso do GeoGebra, seria possível abordar os mesmos conceitos? Explique.

Fonte: Idem (2017, p. 85)

Após a exposição da metodologia para coleta de dados, a autora disserta sobre a análise dos mesmos. Após a análise dos dados coletados Idem (2017) observou a existência de dois momentos:

Em um momento houve grande manifestação, principalmente, de Conhecimentos de Conteúdo, Tecnológicos e Tecnológicos de Conteúdo. Esse momento foi caracterizado pela exploração das atividades utilizando o GeoGebra, no qual, o Ciclo de Ações estava muito presente devido a interação dos participantes com o computador. Num segundo momento houve a emergência, principalmente, de Conhecimentos Pedagógicos, Tecnológicos Pedagógicos, Tecnológicos Pedagógicos de Conteúdo e conhecimentos relacionados ao contexto educacional, que não são contemplados pelo modelo TPACK. (IDEM, 2017, p. 87)

Após isso, Idem (2017) faz uma exploração das atividades desenvolvidas no curso de extensão. De acordo com ela emergiram cinco temas após essa análise: Descrição Verbal, Limitação do Processo de Depuração, Ciclos de Ações, Reflexão e Geogebra para Experimentar Ideias.

No tema *Descrição Verbal*, Idem (2017) diz que foram os momentos que os participantes verbalizaram a solução das atividades antes de utilizarem o Geogebra.

Pude perceber que, no início do curso, essa descrição estava carregada de Conhecimentos de Conteúdo e que, com a apropriação da tecnologia digital explorada, os participantes passaram a descrever verbalmente a solução das atividades por meio de Conhecimentos Tecnológicos de Conteúdo. (IDEM, 2017, p. 88)

O tema *Ciclos de Ações e Reflexão* está relacionado à forma que as atividades foram apresentadas e a maneira pela qual eles as desenvolveram. As atividades se dividiram em propor construções para quem já tinha mais familiaridade com o Geogebra e as que ensinavam o passo a passo das construções, para os que tinham menor conhecimento.

O tema *Geogebra para Experimentar Ideias* propunha a utilização das ferramentas do Geogebra para comprovar os conhecimentos de conteúdo. De acordo com Idem (2017), houve a manifestação de conhecimentos de conteúdo, tecnológicos e tecnológicos de conteúdo.

Os Conhecimentos Tecnológicos de Conteúdo se manifestaram de forma significativa devido ao software utilizado no curso de extensão universitária. O GeoGebra propiciou a emergência dessa forma de conhecimento por ser uma tecnologia digital desenvolvida para o ensino e a aprendizagem de Matemática, ou seja, a Matemática é uma característica intrínseca do programa. (IDEM, 2017, p. 90)

Na avaliação da *Descrição Verbal*, a autora pôde verificar que houve uma interação dos grupos, gerando uma troca de ideias e opiniões entre os participantes. Ela também notou que, como os conhecimentos tecnológicos não tinham se desenvolvido ainda, houve uma maior manifestação dos conhecimentos de conteúdo. Os conhecimentos tecnológicos foram sendo construídos na medida que os participantes interagem com o Geogebra.

Segundo Idem (2017), conforme os conhecimentos tecnológicos de conteúdo foram sendo adquiridos, os ciclos de ações ocorriam completamente.

Os Ciclos de Ações foram identificados com maior destaque nas atividades com caráter mais “aberto”, as quais propunham problemas de construção e incentivavam a utilização independente das ferramentas do GeoGebra. (IDEM, 2017, p. 97)

Na parte de *Reflexão*, segundo a autora, grande parte das atividades valorizavam esse processo ao invés das construções. A reflexão era o processo mais importante, produzindo níveis de abstração mudando a estrutura mental do aluno. Idem (2017) relata então como a reflexão ocorreu nas atividades.

Para citar uma delas, o processo ocorreu na exploração do encontro das alturas do triângulo, onde duas alunas exploraram características específicas em determinados triângulos.

No processo de reflexão, fizeram emergir Conhecimentos de Conteúdo referentes ao fato de que as alturas, em um triângulo retângulo, se encontram no vértice cujo ângulo é reto. Nayara disse: “Se for um triângulo retângulo [...]. Faz um triângulo retângulo.”, Letícia fez e observou onde as alturas se encontraram: “Ele vai se encontrar aqui [vértice do ângulo reto], olha”. (IDEM, 2017, p. 103)

Na seção *Geogebra para Experimentar Ideias*, a autora percebeu que os participantes utilizavam o Geogebra como uma espécie de “prova real” para verificar se as ideias estavam certas. Como exemplo ela citou a atividade de exploração das medianas de um triângulo, onde uma aluna manifestou conhecimento de conteúdo. A partir da observação de um participante, outras duas buscaram uma ferramenta no Geogebra para garantir a veracidade do que foi observado.

O tema GeoGebra para Experimentar Ideias não está calcado na concepção de que os participantes realizaram demonstrações, pois elas requerem rigor. Na verdade, o GeoGebra ofereceu subsídios para que os participantes verificassem empiricamente suas ideias, como uma forma de experimentação. (IDEM, 2017, p. 104)

Na seção a seguir, *Discussões sobre Tecnologias Digitais no Ensino*, Idem (2017) disserta acerca dos papéis dos professores, da estrutura da escolas, da visualização, da construção do conhecimento e da dinamicidade proporcionada pelo Geogebra.

O professor, segundo apontado pelos participantes, muitas vezes tem dificuldade no uso das tecnologias digitais pois tiveram uma formação voltada para o ensino meramente expositivo. Uma participante apontou que os professores não podem assumir papel autoritário. “Para que o professor integre as tecnologias digitais em sua prática é necessário que ele se arrisque em uma zona de risco, na qual, diversos fatores podem influenciar o papel autoritário do docente” (IDEM, 2017, p.111).

Na questão da estrutura das escolas, os participantes acreditam que ela impõe obstáculos à implantação das tecnologias no processo de ensino. Mas a estrutura não é só a parte física. Uma participante relatou que muitas vezes o engessamento do currículo dificulta prática docente aliada à utilização de tecnologias.

As questões burocráticas que permeiam o ensino, como planejamento, cronograma e currículo, influenciam negativamente as propostas pedagógicas envolvendo o uso de tecnologias digitais na perspectiva de transformação do ensino. O que, muitas vezes, também desmotivam os professores a optarem por uma prática pedagógica transformadora, os forçando a continuarem a propagar o ensino transmissivo como forma de cumprir com as obrigações burocráticas (IDEM, 2017, p. 112)

O aspecto infraestrutural das escolas também foi abordado.

A ausência de computadores nas escolas ou mesmo a existência de poucos se torna um obstáculo à integração das tecnologias digitais no ensino. Nesse caso, a falta de computador ou falta de uso contribui para a exclusão digital. (IDEM, 2017, p. 114)

De acordo com a autora, o Geogebra amplifica a capacidade de visualização do aluno durante o ensino de Geometria. No relato de um dos participantes pode-se perceber essa amplificação.

Gisela: “No GeoGebra, a gente consegue enxergar, manipulando o GeoGebra, consegue enxergar muitas coisas que se fosse num quadro a gente não conseguiria.”. José: “O GeoGebra ele te dá uma visualização bem legal do tema. A visualização de propriedades, é que acho que se a gente fosse só através da escrita, no caso, demonstração, álgebra, utilizar a álgebra, ou tentar só desenhar no quadro, a gente não teria essa mesma facilidade. A gente não teria a mesma facilidade que no GeoGebra a gente pode ter, no termo da visualização.”. Nayara: “Eu acho que o mais assim é a visualização, porque, principalmente em 3D porque a gente vê desenhos e assim meu Deus, sabe, aí você não sabe qual é a parte de trás do sólido a parte da frente, você não sabe nada, daí quando você vê você pode girar, você pode mexer. Eu acho que a visualização é a melhor parte.”. (IDEM, 2017, p. 114-115)

Na construção do conhecimento, os participantes relataram que o Geogebra, bem como a utilização de tecnologias, potencializam o papel do aluno como protagonista da aprendizagem.

O entendimento de que as tecnologias digitais possibilitam uma aprendizagem por meio da construção de conhecimentos, revela um Conhecimento Tecnológico Pedagógico por parte dos participantes. Esse conhecimento se relaciona à noção de que as tecnologias digitais permitem novas formas de ensinar e aprender, quando comparadas às formas tradicionais em que o processo educativo comumente ocorre. (IDEM, 2017, p. 117)

Outro ponto destacado pela autora foi o papel do professor no ambiente de aprendizagem construcionista. Não basta apenas o aprendiz e o computador, somente isso não produz conhecimento. É necessário um ambiente capaz de motivar o aprendiz a continuar aprendendo, no qual o professor é o regente, cujo papel é fazer com que tudo funcione sem maiores problemas.

Uma outra característica apontada pelos participantes do curso de extensão, foi a dinamicidade do Geogebra. A “prova do arrastar” foi citada como uma excelente possibilitadora dessa dinamicidade, conforme relata a autora na fala de uma participante.

Eu acho que a versatilidade mesmo da coisa, de você não só tá no papel, ou não só falar, você conseguir montar e ver, tipo assim, não provar, mas nem demonstrar, mas você conseguir visualizar isso tudo acontecendo. As propriedades continuarem, a gente movimentar. (IDEM, 2017, p. 120)

Com a leitura do trabalho de Idem (2017), percebe-se que o mesmo é muito rico quando o intuito é se aprofundar nos tipos de conhecimentos que são estimulados na utilização de tecnologias em sala de aula. Pode-se verificar o surgimento de cada tipo de conhecimento do referencial teórico durante a aplicação do curso de extensão. A pesquisa relata muito bem também a teoria aliada à prática, mostrando que é possível a análise

da utilização das tecnologias em conformidade com os referenciais teóricos disponíveis atualmente.

5.5 Trabalho 4

O quarto trabalho aqui exposto é o de Leite (2017), uma dissertação apresentada no Programa de Mestrado Acadêmico em Educação Matemática da PUCSP, sob o título de “Formação de Professores de Matemática e Tecnologias Digitais: Um Estudo Sobre o Teorema de Tales”.

Nesse trabalho, foi desenvolvida uma pesquisa com alunos do último período do curso de licenciatura em matemática da Universidade do Estado do Pará. O autor verificou que professores da rede municipal de Iguapé-Açu, no Pará, não dominavam conteúdos de geometria, em especial, sobre o Teorema de Tales.

Leite (2017) justifica que a geometria é importante no desenvolvimento de inúmeras capacidades nos alunos, permitindo evoluções no aprendizado, levando a um nível maior de abstração. A partir dessa perspectiva, o autor afirma que o suporte de interfaces digitais se torna relevante, promovendo benefícios na aprendizagem matemática. Além disso, é inegável o fato de que “as tecnologias digitais permeiam de maneira intensiva a maior parte das atividades humanas” (LEITE, 2017, p. 16).

É importante destacar ainda o conhecimento do professor no processo de inserção da tecnologia em sala de aula, visto que ele é o orientador das abordagens didáticas com suporte tecnológico. Esse suporte permite fazer experimentações que levam a variadas maneiras de se explorar os conteúdos.

Ao manipular uma construção geométrica a partir de um ponto ou de distintos valores numéricos, professores e estudantes podem alicerçar argumentações sobre condições de existência, generalizações, demonstrações e provas, por exemplo. Evidentemente, será este pensar integrado aqui referido, sob sua responsabilidade, que promoverá este processo, que, por sua vez, culminará em uma demonstração, por exemplo. O que se quer dizer é que pessoas demonstram, usam o conhecimento matemático, expressam seu pensamento com as tecnologias disponíveis. Desta maneira, pode ser possível desenvolver, em relação à Matemática, outras formas de pensar e conjecturar. (OLIVEIRA, 2015 apud LEITE, 2017, p. 18)

A pergunta que o pesquisador propõe que seja respondida é:

[...] de que maneira podem ser evidenciados, de forma integrada, os conhecimentos tecnológico, específico e didático do conteúdo relativo a tópicos de geometria euclidiana plana – e do teorema de Tales, em particular – entre alunos de licenciatura em Matemática a partir de uma abordagem envolvendo atividades com construções em um ambiente de tecnologias digitais? (LEITE, 2017, p. 20)

Após apresentar um histórico sobre o Teorema de Tales, o trabalho disserta sobre a importância da formação de professores. O autor traz dados de pesquisas que mostram

que 20,8% dos estudantes de licenciatura que participaram do ENADE do ano de 2005 optaram fizeram essa opção no caso de não existir uma chance de exercer outro ofício.

Os estudos apresentados por Leite (2017) mostram que grande parte dos estudantes escolhem a licenciatura ainda porque não foram aprovados em outros cursos. Outro dado é que 70% dos alunos vêm da rede pública de ensino, sendo que é conhecido o fato de que a educação ali é precária. Dessa forma, há um ciclo vicioso, em que alunos da rede pública retornam para ela como professores contribuindo, muitas vezes, para a manutenção da baixa qualidade de ensino.

Entre as consequências que impactam diretamente na pesquisa aqui descrita, destaca-se a formação precária, em regime de retroalimentação, que teria sua continuidade a partir de professores formados em condições iniciais precárias na licenciatura. Nestes termos, a efetividade da formação inicial é algo que se pode questionar, de maneira crítica, considerando uma proposição que contemple os tipos de conhecimentos necessários para que o professor venha a superar esta condição. Como se verá mais adiante no estudo ora descrito, alguns equívocos ocorridos nas atividades podem ter suas origens em circunstâncias que extravasam o espaço e o tempo da licenciatura; entretanto, é neste lugar e neste tempo que semelhantes impasses podem ser superados. (LEITE, 2017, p. 47)

Devido a tais fatores, deve-se pensar na formação do professor de matemática, sobre os saberes que devem ser considerados e como se relacionam. Então, o autor explica os trabalhos de Shulman (1986), mostrando os saberes deve possuir para que o aprendizado seja favorecido, como foi visto no Capítulo 3 deste TCC.

A seguir é introduzido então o *framework* TPACK. Usando os trabalhos de Mishra e Koehler (2006), Leite (2017) afirma que a tecnologia não pode ser vista como disjunta do contexto educacional e de formação de professores. Não é suficiente pensar que um professor que saiba utilizar um *software* seja, por isso, capaz de empregá-lo em suas aulas. Para essa finalidade, não deve ser minimizado também o papel do conteúdo e da didática (que é como o autor prefere se referir aos aspectos pedagógicos do TPACK).

Por isso, é necessário o *design* de um sistema que integre os conhecimentos do TPACK, de maneira que eles não sejam vistos isoladamente.

Do ponto de vista da pesquisa aqui apresentada, a questão do *design* integrado permeou a construção das sequências de atividades, considerando a aproximação entre os objetos matemáticos envolvidos e a importância dos mesmos na formação dos professores (conteúdo específico – neste caso, tópicos de geometria euclidiana plana e o teorema de Tales, em particular), os componentes tecnológicos (o uso de computadores com o *software* Geogebra, o desenvolvimento de fluência no uso da interface como elemento de consolidação de um coletivo constituído por pessoas-com-tecnologias-digitais) e as propostas didáticas pensadas pelos licenciandos em Matemática, sujeitos da pesquisa, a partir da experiência com os instrumentos e conteúdos trabalhados. (LEITE, 2017, p. 60)

Leite (2017) cita o uso do *software* Geogebra, que pode colaborar para a formação dos futuros professores, já que auxilia em uma proposta de caráter investigativo e explora-

tória da geometria. A partir desse *software*, pretendia-se que ele fosse utilizado de maneira que ajudasse na reorganização do pensamento dos participantes, e não como um elemento em segundo plano ou acessório.

As sete atividades elaboradas por Leite (2017) foram aplicadas ao longo de cinco sessões (a maior parte delas contou com a presença de 9 alunos). As atividades específicas aqui exibidas serão as de números 1, 3, 5 e 7, de maneira a se obter um panorama de evolução das mesmas e alguns fatos relacionados à resolução feita pelos participantes da pesquisa.

Na primeira sessão foram realizadas atividades para que ocorresse o conhecimento de algumas ferramentas do Geogebra, pois não foi verificada a fluência dos participantes em relação ao *software* previamente. Sobre as atividades específicas, que ocorreram nas sessões seguintes, tem-se a primeira atividade exibida na Fig. 8.

Figura 8 – Primeira atividade proposta.

Atividade 1

As instruções a seguir compõem os passos para a construção contida no arquivo referente à atividade 1.

- *Construa um segmento BC;*
- *Utilizando a ferramenta Semicírculo definido por dois pontos, crie o semicírculo de diâmetro BC;*
- *Utilizando a ferramenta **Ponto**, crie, no semicírculo, o ponto A;*
- *Com a ferramenta **Ponto médio ou centro**, crie o ponto médio O do segmento BC;;*
- *Trace o segmento AO.*

a) *Movimente o ponto A e enuncie uma conjectura com base no que você visualizou;*

b) *Movimente o ponto A após determinar, com uso do Geogebra, as medidas dos ângulos $B\hat{A}O, A\hat{O}B, O\hat{B}A, O\hat{A}C, A\hat{C}O, C\hat{O}A$ e dos segmentos BO, OC, BC e AO. Você deseja adicionar alguma observação à sua resposta anterior, com base em suas novas observações?*

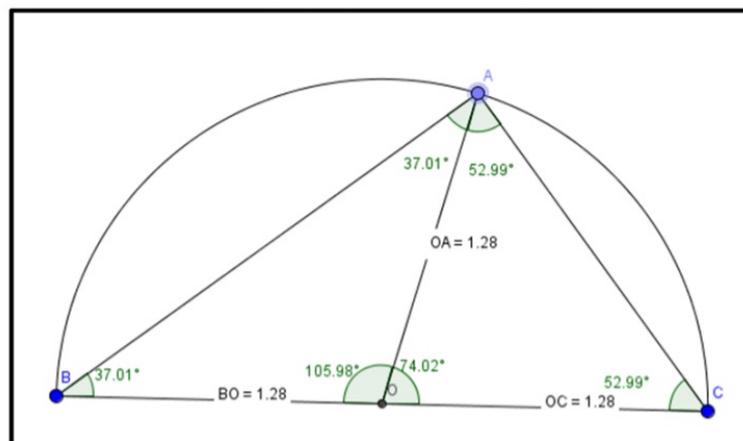
c) *Procure escrever uma sustentação matematicamente válida envolvendo sua descoberta (explicação)¹.*

Fonte: Leite (2017, p. 74)

Nessa construção, deveria ser verificado que a medida do ângulo $C\hat{A}B$ seria sempre igual a 90° , pois ele pertence à semicircunferência de diâmetro BC . Portanto, os triângulos construídos serão sempre retângulos, como exibido na Fig. 9. Todavia, apenas quatro dentre os dez participantes dessa primeira atividade identificar tal propriedade.

Nessa atividade, os alunos mostraram equívocos em relação à terminologia e também referente aos conceitos envolvidos. Um deles disse “que um ponto iria do centro até a extremidade da circunferência” (Leite; 2017, p. 93). Por meio das observações do autor, é possível perceber que o grande problema dos alunos foi a falta de conhecimento matemático adequado, pois não conseguiam exibir argumentos formais para sustentar suas afirmações.

Figura 9 – Triângulo obtido na atividade proposta.



Fonte: Leite (2017, p. 73)

Na atividade 3, o autor queria verificar se os participantes iriam empregar o Geogebra de forma que o *software* os auxiliassem na construção do pensamento. Mais especificamente, investigava-se o conhecimento matemático dos licenciandos e como era a integração desse conhecimento com as tecnologias digitais. Os alunos deveriam construir um triângulo isósceles que, mesmo movimento um de seus pontos, continuasse isósceles. Logo, a partir de um segmento qualquer, deveria ser obtido seu ponto médio, traçada uma perpendicular ao segmento passando por esse ponto médio e tomado um ponto qualquer nessa perpendicular. Assim, o triângulo obtido seria sempre isósceles.

Posteriormente, os participantes deveriam demonstrar, matematicamente, que todo triângulo isósceles possui dois ângulos internos iguais. As instruções para a construção dessa atividade estão apresentadas na Fig. 10, mas não foram dadas aos estudantes.

Figura 10 – Atividade 3.

Atividade 3

As instruções abaixo são os passos para a construção do triângulo isósceles.

- *Crie um segmento AB qualquer. Em AB, determine o ponto médio M e sobre ele trace uma reta g, perpendicular a AB; Sobre a reta g, crie o ponto C e determine os segmentos AC e BC.*
 - *Determine as medidas dos ângulos internos e as medidas dos segmentos do triângulo ABC.*
- a) *Em um arquivo novo do Geogebra, construa um triângulo isósceles, cujas medidas dos segmentos AC e BC sejam iguais, para qualquer ponto movimentado. Considerando apenas sua construção, e manipulando a mesma à vontade, o que pode garantir que o polígono construído representa sempre um triângulo isósceles?*
- b) *Prove matematicamente (demonstre) que dois ângulos internos dos triângulos isósceles são congruentes.*

Fonte: Leite (2017, p. 79-80)

Segundo Leite (2017), foi possível observar que os participantes mostraram uma certa integração entre os conhecimentos matemáticos e tecnológicos. Isso porque, em suas respostas, exibiram afirmações respaldadas pelas interfaces digitais, explorando o recurso de maneira a apoiar seu raciocínio. Apesar disso, o autor afirma que tais conhecimentos ainda eram limitados, pois os alunos não eram muitos familiarizados com o Geogebra e também sustentavam seus argumentos em aspectos mais intuitivos do que formais.

Na atividade 5 (Fig. 11), os licenciandos deveriam mostrar o conhecimento de assuntos relativos à geometria plana e uma integração com o recurso tecnológico na realização da atividade proposta. Os alunos deveriam usar o Teorema de Tales para que identificassem que, em um triângulo qualquer, quando é traçada a bissetriz de um de seus ângulos, então essa bissetriz divide o lado oposto ao ângulo em segmentos cujas medidas são proporcionais às medidas dos lados a eles adjacentes.

Figura 11 – Atividade 5.

Atividade 5

Construa um triângulo ABC qualquer; em seguida, trace a bissetriz em $B\hat{A}C$, determinando, assim, o ponto D sobre o segmento BC . Utilize a ferramenta “distância” para identificar os comprimentos de AB , AC e CD .

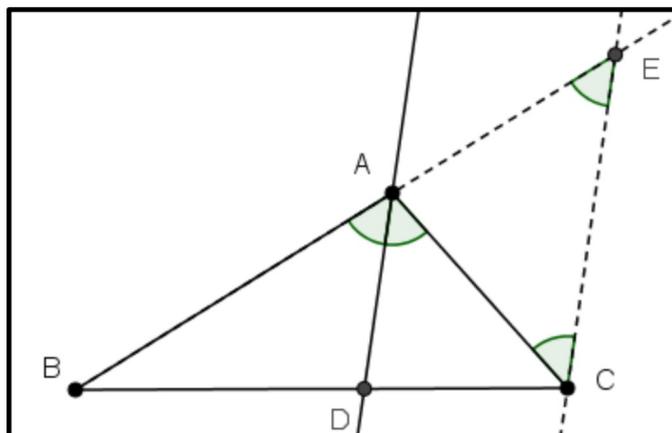
- É possível determinar a medida de BD , tendo as medidas de AC e AB e usando o teorema de Tales?*
- Se a bissetriz fosse traçada nos outros ângulos internos, o teorema de Tales poderia ser usado para determinar um dos segmentos cuja medida não se conhece?*
- Apresente argumentos que possam validar matematicamente suas respostas.*

Fonte: Leite (2017, p. 85-86)

Isso pois, traçando por C uma reta paralela à reta AD , obtém-se um ponto E na semirreta AB , como mostrado na Fig. 12. Logo, os triângulos ABD e EBC são semelhantes. Tem-se que os ângulos $A\hat{E}C$ e $B\hat{A}D$ são ângulos iguais, por serem correspondentes, assim como $E\hat{C}A$ e $D\hat{A}C$, que são alternos internos.

Além disso, como a reta AD é bissetriz do ângulo $B\hat{A}C$, segue que $B\hat{A}D \equiv D\hat{A}C$, donde o triângulo AEC é isósceles. Pelo Teorema de Tales, $\frac{AB}{BD} = \frac{AE}{DC}$ e, como $AE = AC$, pode-se concluir que $\frac{AB}{BD} = \frac{AC}{DC}$.

Figura 12 – Construção relativa à atividade 5.



Fonte: Leite (2017, p. 86)

Segundo Leite (2017), novamente nessa atividade, os alunos exibiram um conhecimento matemático abaixo das expectativas. Apesar da manipulação no *software*, os alunos não conseguiram reformular suas estratégias para solucionarem os itens da questão.

Somente um dos participantes apresentou alguma resposta para o item *c*, afirmando que, por meio do Teorema de Tales, seria possível comprovar a proporcionalidade presente nas figuras. Porém, nenhuma construção no Geogebra nem uma argumentação sólida foi empregada.

Na última atividade (Fig. 13), o autor pretendia analisar como os futuros professores trabalhariam o tema nas escolas. Dessa maneira, poderiam ser verificados a integração entre os conhecimentos tratados no modelo TPACK.

Apenas três dos participantes envolvidos elaboraram propostas com relação ao item *a*, exibindo imagens com feixes de retas, que é usualmente encontrada nos livros didáticos. Os demais participantes não conseguiram apresentar nenhuma proposta com sucesso, inclusive com erros, mostrando retas paralelas seccionadas por outro feixe de retas paralelas.

Leite (2017) observou que a maioria das sugestões dos alunos estavam ligadas ao uso do lápis e papel, apesar de apontarem que *softwares* também poderiam ser empregados. Com relação ao item *d*, sobre as dificuldades ligadas ao ensino de Teorema de Tales, uma resposta chamou a atenção do autor. Um dos participantes da pesquisa declarou que nunca havia estudado tal teorema em sala de aula, que era um fato novo.

Figura 13 – Atividade 7.

- a) *Considerando um cenário de sala de aula, elabore um problema que pode ser resolvido com o teorema de Tales;*
- b) *Discorra sobre quais são os conhecimentos prévios envolvidos na solução do seu problema;*
- c) *A sua atividade é válida apenas para trabalho com a interfaces digitais, ou poderia ser implantada em um ambiente no qual prevaleçam tecnologias mais tradicionais, como régua, compasso, lápis e papel? Justifique sua resposta.*
- d) *Na sua visão, quais elementos seriam possíveis dificuldades para você como docente ao abordar o teorema de Tales? Sua resposta pode incluir elementos matemáticos ou relacionados ao suporte (tecnologias, por exemplo);*
- e) *Quais conhecimentos novos você adquiriu durante o curso?*
- f) *Em que outros conhecimentos matemáticos da escola básica o teorema de Tales está inserido/ligado? Cite um exemplo de atividade em que o mesmo pode ser empregado.*

Fonte: Leite (2017, p. 88-89)

As respostas ao item *e* mostraram que os participantes destacaram a possibilidade de aprender sobre o Geogebra e também sobre o Teorema de Tales. Leite (2017) esperava que os estudantes tivessem o domínio do assunto, por considerar o tema elementar dentro do contexto matemático, mas não foi o que ocorreu. Por isso, apesar de aspectos ligados ao uso do Geogebra terem sido promissores, a integração entre os elementos do TPACK não ocorreu por ausência de apreensão do conteúdo matemático. Houve ainda indicadores de que os alunos desconhecem o contexto de ensino do conteúdo trabalhado, o que é relacionado a uma defasagem nos saberes pedagógicos.

Leite (2017) recomenda que os processos de demonstrações matemáticas sejam ligados a um trabalho mais consistente, assim como aponta que deve haver uma melhor integração entre as disciplinas relativas a conteúdos específicos com as práticas de ensino. Além disso, é necessário um incentivo à utilização, de maneira integrada, de tecnologias digitais com os saberes didáticos e matemáticos. Objetiva-se que os futuros professores consigam usar as tecnologias na reorganização de seus pensamentos, superando os modelos sustentados por repetição.

Com a leitura desse trabalho, pode-se perceber que não há incorporação tecnológica sem os elementos abordados no TPACK. Os participantes da pesquisa, licenciandos do último período do curso de matemática, não conseguiram escrever as demonstrações formais referentes às atividades, mostrando claramente que não dominam conteúdos matemáticos que farão parte de seu trabalho como professor do ensino fundamental. Por isso, torna-se evidente a necessidade de melhora na formação dos professores, sendo que a integração dos componentes do TPACK uma meta nesse processo.

5.6 Trabalho 5

O último trabalho a ser colocado aqui é o de Oliveira (2017b). É uma dissertação apresentada ao programa de pós-Graduação em Educação Matemática da Universidade Anhanguera de São Paulo, sob o título de “Tecnologias Digitais na Formação Continuada: Situações de Ensino Articulando Geometria e Funções”.

O objetivo do trabalho foi verificar possibilidades de expansão dos conhecimentos pedagógicos, curriculares e específicos, por meio de formação continuada que integrasse tecnologia. Os temas envolvidos foram áreas de figuras planas e funções quadráticas.

A pergunta de pesquisas foi: “Quais conhecimentos profissionais são construídos/mobilizados pelos professores ao longo de um processo de formação continuada com foco na articulação entre geometria e funções com recursos tecnológicos?” (OLIVEIRA, 2017b, p. 24).

O autor expõe que, ao fazer um levantamento inicial de referências, não obteve teses ou dissertações que discorressem sobre relações entre funções e geometria plana, com a utilização de tecnologias, dentro de um contexto de formação de professores. Tal fato vem de acordo com o que já foi afirmado anteriormente nesse TCC, sobre o número de trabalhos que tratam sobre a articulação dos conhecimentos necessários à integração tecnológica em aulas de matemática.

Por isso, Oliveira (2017b) teve que subdividir as pesquisas, procurando os temas ensino de funções com tecnologia; área de figuras com auxílio de tecnologia e conhecimento docente e uso de tecnologia. Sobre o emprego de tecnologias digitais no ensino de matemática, o autor alerta que deve ocorrer uma reflexão sobre a prática docente. “[...] toda inserção de tecnologia no ambiente de ensino e aprendizagem requer um repensar da prática docente, pois ela não é neutra e transforma a relação ensino-aprendizagem.” (MALTEMPI, 2008, p. 61 apud OLIVEIRA, 2017b, p. 36).

Apesar de o número de educadores que se preocupam com a inserção de tecnologias aumentar, a formação inicial docente ainda apresenta deficiências referentes ao assunto. Isso faz com que haja uma maior demanda em formação continuada. Não deve ser esquecido, ainda, o fato de que o processo de ensino e aprendizagem sempre acontece com o auxílio de alguma tecnologia.

[...] reformulá-las dentro do contexto de uso de lápis e papel. Perguntamos: será que o aluno deveria evitar o uso intenso de lápis e papel para que não fique dependente dessas mídias? Em geral as pessoas ficam perplexas diante de tal questão. “Como assim?” Parece que não considera o lápis e papel como tecnologias, da mesma forma que o fazem com o computador. Para elas, o conhecimento produzido quando o lápis e papel estão disponíveis não causa dependência. É como se a caneta, por exemplo, fosse “transparente” para que os que advogam essa posição. Para nós, entretanto sempre há uma mídia envolvida na produção do conhecimento (BORBA; PENTEADO, 2016, p. 11-12 apud OLIVEIRA, 2017b, p. 37).

Segundo Oliveira (2017b), o docente deve possuir domínio da tecnologia (seja digital ou não) de maneira a usá-la ao nível TPACK. O autor escolheu desenvolver atividades que envolvessem o Geogebra, por ser um *software* livre e também por ser um aplicativo de geometria dinâmica. Explicou-se ainda os conhecimentos necessários aos docentes, citando Shulman (1986) e Mishra e Koehler (2006), sobre a teoria TPACK.

Esses estudos serviram de fundamentação teórica para o módulo de formação continuada tratado na dissertação, com o nome de “Geogebra no Ensino Médio: Aplicações com Funções Quadráticas”, que fez parte de um projeto intitulado “Educação Continuada do Professor de Matemática do Ensino Médio: Núcleo de Investigações sobre a Reconstrução da Prática Pedagógica”, do Programa Observatório da Educação.

Dos treze participantes do curso, realizado no primeiro semestre de 2016, são acompanhados apenas seis deles, por terem sido os mais assíduos. Todos os seis professores possuíam mais de seis anos de atuação e, na época da pesquisa, davam aulas em escolas públicas do estado de São Paulo. O módulo foi desenvolvido ao longo de trinta horas presenciais (seis encontros) e seis horas a distância, com o uso da plataforma *Moodle*.

As atividades foram pensadas de maneira que os professores pudessem investigar e explorar, propiciando um aprofundamento nos conhecimentos relacionados aos TPACK. Um resumo das atividades e seus objetivos pode ser visto na Fig. 14.

Foi realizado um questionário de entrada para verificar características dos participantes. Dois dos professores disseram não ter utilizado programas de geometria dinâmica, apesar de que todos acreditavam que o emprego de tais ferramentas auxiliavam no processo de ensino e aprendizagem. Dessa forma, o autor verificou que todos estavam abertos à possibilidade de exploração de novas tecnologias.

Na primeira atividade, para investigação das propriedades gráficas da função quadrática $f(x) = ax^2 + bx + c$, onde $a \neq 0$, os professores foram alterando os valores dos coeficientes a , b e c no Geogebra. Dessa forma, puderam revisar conceitos relativos a tais funções.

Figura 14 – Atividades realizadas.

	Atividades a serem desenvolvidas	Objetivos
1º Encontro	<ul style="list-style-type: none"> • Iniciação ao software <i>GeoGebra</i>; • Atividade função quadrática; • Apresentação do AVA. 	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizar ferramentas de construção no software <i>GeoGebra</i>; • Compreender a relação entre os coeficientes da função quadrática e seu respectivo gráfico; • Subsidiar as ações a serem desenvolvidas a distância.
2º Encontro	Atividade no <i>GeoGebra</i> : Função área de um retângulo.	<ul style="list-style-type: none"> • Criar o ponto P correspondente à relação entre medida x da base e a área do retângulo dado; • Determinar a função área do retângulo; • Determinar o domínio da função.
3º Encontro	Atividade no <i>GeoGebra</i> : Função área de um da secção – axial – do carretel.	<ul style="list-style-type: none"> • Construir a figura desejada; • Criar o ponto P correspondente à relação entre a medida x da base e a área da secção – axial – do carretel dado; • Determinar a função área do carretel; • Determinar o domínio da função.
4º Encontro	Atividade no <i>GeoGebra</i> : Função soma das áreas de dois triângulos equiláteros – inspirada em Venant (2015).	<ul style="list-style-type: none"> • Construir a figura desejada; • Criar o ponto P correspondente à relação entre a medida x da base de um dos triângulos e a soma das áreas dos triângulos; • Determinar a função área da soma; • Determinar o domínio da função.
5º Encontro	Atividade no <i>GeoGebra</i> : Função soma das áreas de dois círculos.	<ul style="list-style-type: none"> • Construir a figura desejada; • Criar o ponto P correspondente à relação entre a medida x do raio de um dos círculos e a soma das áreas dos círculos; • Determinar a função área; • Determinar o domínio da função.
6º Encontro	Atividade no <i>GeoGebra</i> : Função área compreendida entre um retângulo e uma circunferência – inspirada em Bianchini e Paccola (2004).	<ul style="list-style-type: none"> • Construir a figura desejada; • Criar o ponto P correspondente à relação entre a medida x do raio da circunferência e a área compreendida entre um retângulo e uma circunferência de dados; • Determinar a função área da região; • Determinar o domínio da função.

Fonte: Oliveira (2017b, p. 62-63)

Sobre essa atividade e as discussões subsequentes no AVA, Oliveira (2017b) relatou que:

Notamos aqui indícios do desenvolvimento do TPACK, pois os participantes reconstruíram o próprio Conhecimento do Conteúdo (CK) ao estabelecerem a forma canônica como caminho para resolver a questão e estabelecer a relação entre os coeficientes b e c ao deslocamento horizontal; bem como o Conhecimento Pedagógico do Conteúdo (PCK) quando discutiram a pertinência da abordagem da forma canônica com os alunos

e esse deslocamento, ou seja, tornando o assunto – o que se deseja, no caso, o deslocamento da parábola – em ensino – forma canônica –; e ainda o Conhecimento Tecnológico do Conteúdo (TCK) ao constatarem como aplicá-lo no software GeoGebra, conforme Mishra e Koehler (2006) preconizam. (OLIVEIRA, 2017b, p. 85)

Na segunda atividade, objetivava-se relacionar conhecimentos geométricos e algébricos. Foi dado um arquivo com um retângulo, onde sua base era o dobro da altura, em que os docentes deveriam deslocar o ponto móvel B , como na Fig. 15.

Figura 15 – Atividades sobre área do retângulo.

Área de um retângulo.

No retângulo da Figura ao lado, temos $AB = x$ e $BC = \frac{x}{2}$.
 B é um ponto móvel sobre a semirreta \overrightarrow{AB} .

- 1 Investigue a variação de x e a correspondente variação da área. O que você descobriu?
- 2 Qual é a expressão que define a área $A(x)$ desse retângulo em função da medida x da base?
- 3 Denominando de ponto $p(x,y)$ de coordenadas $x =$ medida de AB e $y = A(x)$, ou seja, medida da área do retângulo $ABCD$. Determine a relação entre a medida de x desse retângulo e a sua área no *GeoGebra*.
- 4 Desloque o ponto B e observe o que ocorre com o ponto P . O que você descobriu?
- 5 Habilite *exibir rastro* para o ponto P e repita o procedimento anterior. O que você descobriu?
- 6 Construa o gráfico dessa função. Compare com o rastro do ponto P . São equivalentes?
- 7 O rastro do ponto P percorre toda a parábola? Como escrever a função?
- 8 Quais foram as suas observações com relação a esta atividade?

Fonte: Oliveira (2017b, p. 88)

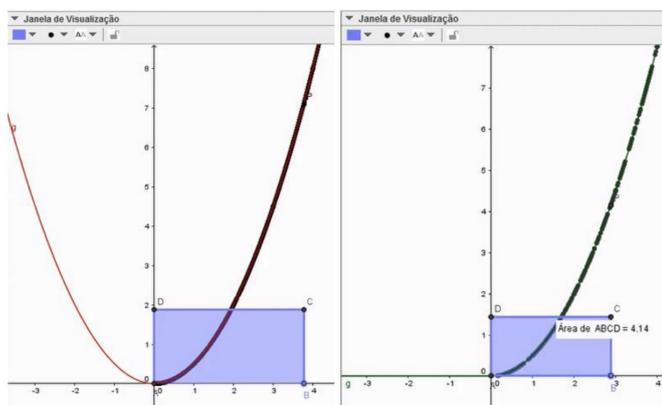
O autor percebeu que os professores, ao longo das investigações, mobilizavam seus conhecimentos pedagógicos de conteúdo (PCK), além de terem seu conhecimento do conteúdo (CK) reconstruído. Os docentes construíram conjecturas e puderam testá-las, obtendo que o rastro do ponto P era o desenho da parte crescente da parábola referente à representação gráfica da função obtida no item 2, $A(x) = \frac{1}{2}x^2$. Um dos professores, no entanto, afirmou que o gráfico obtido era o de uma função exponencial.

No item 6, o autor constatou que dois dos professores ainda não tinham o conhecimento de conteúdo construído, pois afirmaram que o gráfico da função $A(x)$ e o rastro do ponto P eram equivalentes, não notando a restrição referente ao domínio da função, como mostrado na Fig. 16.

Na atividade relacionada à soma da área dos triângulo equiláteros (Fig. 17), houve dificuldades referentes à construção dos triângulos, onde precisou ocorrer o auxílio do

autor e de sua orientadora para que fosse construídos o conhecimento tecnológico.

Figura 16 – Gráfico da parábola e rastro do ponto P .



Fonte: Oliveira (2017b, p. 92)

Figura 17 – Atividade sobre a soma das áreas dos triângulos equiláteros.

Soma das áreas de dois triângulos equiláteros.

Na Figura ao lado, os triângulos ADC e CEB são equiláteros.

O ponto C é móvel sobre o segmento AB .

Seja $AB = a$

Seja $AC = x$

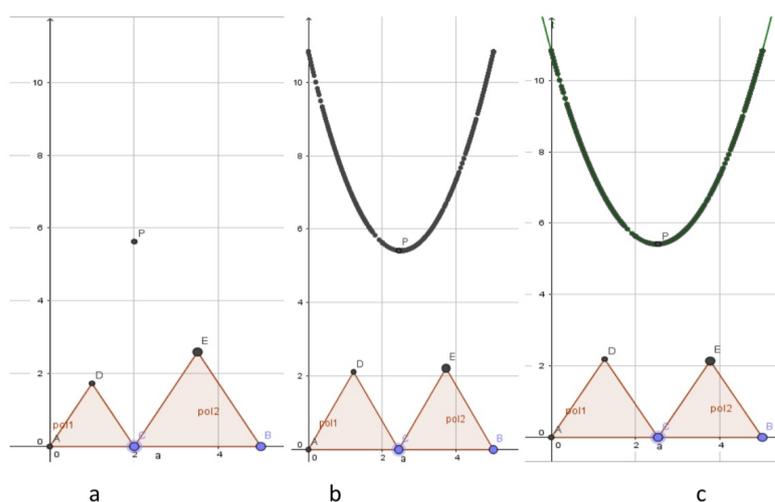
- 1 Determine a soma das áreas dos triângulos em função de AC , denotando essa função por $t(x)$.
- 2 O que acontece quando x é mínimo? E quando x é máximo?
- 3 Denominando de ponto $P(x,y)$ de coordenadas $x = \text{medida de } AC$ e $y = t(x)$, ou seja, medida da soma das áreas dos triângulos ADC e CEB , determine a relação entre a medida da base do triângulo ACD e a sua área, ou seja, $P(x,y)$ no GeoGebra.
- 4 Desloque o ponto C e observe o que ocorre com o ponto P . O que você descobriu?
- 5 Habilite *exibir rastro* para o ponto P e repita o procedimento anterior. O que você descobriu?
- 6 Construa o gráfico dessa função. Compare-o com o rastro do ponto P . São equivalentes?
- 7 O rastro do ponto P percorre toda a parábola? Por quê?
- 8 Quais são os pontos de máximo e mínimo dessa função?
- 9 Desabilite *exibir rastro* do ponto F . Desloque o ponto B e observe o que ocorre com o ponto P . O que você descobriu?
- 10 Habilite *exibir rastro* para o ponto F e mova o ponto C . O que aconteceu? Houve mudança nos triângulos? E na função?
- 11 Quais foram as suas observações com relação a esta atividade?

Fonte: Oliveira (2017b, p. 105)

Foi pedido aos participantes que considerassem $\overline{AB} = 5$, de maneira a obter a área $t(x)$ pedida. A soma das áreas dos triângulos era obtida, então, através da função $A(x) = \frac{\sqrt{3}}{4}(2x^2 - 10x + 25)$, onde x é o comprimento do segmento AC .

Ao habilitarem o rastro do ponto P (Fig. 18), o autor verificou que os participantes desenvolveram o conhecimento tecnológico do conteúdo, pois observaram que o rastro do ponto P era restrito ao comprimento da medida de \overline{AB} , ou seja, de $0 < x < 5$. Dessa forma, os docentes concluíram, corretamente, que a parábola e o rastro do ponto P não eram equivalentes, mostrando seu conhecimento específico de conteúdo.

Figura 18 – Atividade sobre a soma das áreas dos triângulos equiláteros.



Fonte: Oliveira (2017b, p. 107)

Os professores consideraram que essa atividade poderia ser feita junto a seus alunos, apesar de ser notório que eles ainda se encontravam em um processo de desenvolvimento do TPACK.

Na atividade seguinte (Fig. 19), segundo o autor, ocorreram dificuldades novamente na construção da figura, o que demonstrou, segundo ele, que o conhecimento tecnológico de conteúdo ainda precisava ser aprimorado. Como atividades parecidas haviam sido desenvolvidas, os participantes mostraram evolução nos conhecimentos tecnológico de conteúdo e também específicos.

Considerando a medida de $\overline{AC} = x$, obtinha-se que a soma das áreas dos círculos era $A(x) = \pi(2x^2 - 4x + 4)$. Ao habilitarem o rastro do ponto P pedido na questão, apesar de todos afirmarem se tratar de uma parábola, nem todos perceberam se tratar apenas de um trecho dela, ou seja, havia uma restrição no domínio da função quadrática.

Assim, a discussão sobre o domínio da função foi retomada, e os participantes puderam ampliar seus conhecimentos.

Figura 19 – Atividade sobre a soma das áreas dos triângulos equiláteros.

Soma das áreas de dois círculos.

Duas circunferências são tangentes externamente no ponto C, tal como na Figura ao lado.

O ponto C é móvel sobre o segmento AB.

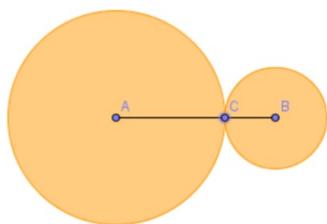
Determine a soma das áreas dos círculos em função de AC.

Seja $AB = a =$ (soma das medidas dos raios).

Seja $AC = x =$ (raio de uma das circunferências).

Considere $AB = 2$, a fim de responder às questões de 1 a 8:

- 1 Determine a soma das áreas dos círculos em função de AC, denotando essa função por $q(x)$.
- 2 O que acontece quando x é mínimo? E quando x é máximo?
- 3 Denominando de ponto $P(x,y)$ de coordenadas $x =$ medida de AC e $y = q(x)$, ou seja, medida da soma das áreas dos círculos, determine a relação entre a medida do raio do círculo de centro A e a soma das áreas, ou seja, $P(x,y)$ no GeoGebra.
- 4 Desloque o ponto C e observe o que ocorre com o ponto P. O que você descobriu?
- 5 Habilite *Exibir Rastro* para o ponto P e repita o procedimento anterior. O que você descobriu?
- 6 Construa o gráfico dessa função. Compare com o rastro do ponto P. São equivalentes?
- 7 O rastro do ponto P percorre toda a parábola? Por quê?
- 8 Quais são os pontos de máximo e mínimo dessa função?
- 9 Desabilite *Exibir Rastro* do ponto P. Desloque o ponto B e observe o que ocorre com o ponto P. O que você descobriu?
- 10 Habilite *exibir rastro* para o ponto P e mova o ponto C. O que aconteceu? houve mudança nos círculos? E na função?
- 11 Quais foram as suas observações com relação a esta atividade?



Fonte: Oliveira (2017b, p. 112)

Oliveira (2017b) destaca a necessidade de que o professor domine o TPACK para que o processo de inserção tecnológica atinja seu potencial. Os alunos devem manipular os *softwares*, elaborando conjecturas e explorando diferentes atividades.

Um dos professores participantes do curso desenvolveu e aplicou uma atividade no Geogebra para seis alunos do segundo ano do ensino médio, que já conheciam funções de primeiro e segundo grau. De acordo com Oliveira (2017b), o fato de o professor ter elaborado tal exercício mostra que ele possui os conhecimentos pedagógico, de conteúdo e tecnológico.

A atividade promoveu a investigação, por parte dos alunos, e as intervenções do professor e reflexões compartilhadas entre eles viabilizou o entendimento dos estudantes. Ao final, quando questionados sobre o que acharam da proposta, os alunos observaram que gostaram muito, e que puderam relembrar o conteúdo. Além disso, o computador

permitia o movimento dos pontos, o que tornou as tarefas mais fáceis e rápidas de serem executadas.

Na leitura desse trabalho, foi possível inferir que os participantes do módulo do curso em questão realmente tiveram seus conhecimentos melhorados, podendo levar tais aprimoramentos para sua prática docente. Um ambiente ideal seria que tais processos ocorressem ao longo de toda a formação do professor, de maneira que houvesse a integração de novas tecnologias, pois elas permitem, por exemplo, melhor visualização de diversos temas matemáticos, como os trabalhados por Oliveira (2017b).

5.7 Observações gerais sobre os trabalhos listados

Após a leitura dos trabalhos selecionados, verificou-se alguns pontos em comum. Todos comentam sobre a má formação dos docentes, tanto de conteúdo, pedagógica e principalmente acerca da deficiência incorporação de tecnologias e suas práticas. Como consequência disso, os cursos de formação continuada têm tido uma demanda maior.

Em relação ao referencial teórico TPACK, pode-se constatar que todos os trabalhos citam as mesmas fontes, Shulman (1986) e Mishra e Koehler (2006). Por outro lado, o TPACK Matemático apenas foi citado no trabalho de Schmitt (2018).

Dos cinco trabalhos, três deles tiveram o Geogebra como *software* escolhido para realização de atividades com licenciandos e professores em exercício. Pode-se notar que, apesar da evolução tecnológica, a incorporação dos recursos disponíveis se sustenta basicamente em *softwares* de geometria dinâmica, mais especificamente o Geogebra.

A sustentação para emprego do Geogebra é que ele melhora a visualização dos conteúdos matemáticos pelos alunos. Apenas um dos trabalhos, o de Oliveira (2017b), exibiu uma atividade que foi desenvolvida com alunos do ensino médio. Tal fato evidencia que ainda há um longo caminho a ser percorrido para que haja um entendimento sobre de que maneira as atuais novas tecnologias, como *softwares* e lousas digitais, podem atuar dentro do ensino.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A entrada das tecnologias em sala de aula é uma realidade que não pode ser negada. A sociedade está cercada por smartphones, notebooks, novos aplicativos e *softwares* em constante desenvolvimento. Porém, apenas a presença dos recursos tecnológicos em sala de aula não garante a sua correta utilização em ambientes educativos.

Por isso, é necessário um modelo que oriente os professores de maneira que essa interação aconteça. Com essa finalidade, foi elaborado o modelo TPACK, que visa nortear a ação docente nesse cenário. O trabalho mais citado referente ao TPACK é de Mishra e Koehler (2006). Vários artigos utilizam dessa referência como marco inicial no estudos sobre esse modelo teórico. Porém, ao longo dessa pesquisa, pôde-se chegar a trabalhos que introduziram o modelo desde 2001, como Pierson (2001).

Logo, esse referencial teórico é ainda recente, havendo muitas questões a serem respondidas acerca do mesmo. Por exemplo: como distinguir, de forma efetiva, os conhecimentos relacionados ao TPACK, inclusive suas interseções? Como avaliar os saberes do professor na aplicação das tecnologias? Como aprimorar os conhecimentos docentes? Como verificar a aprendizagem dos alunos?

O entendimento desse modelo teórico e as questões por ele abordadas motivou a busca por pesquisas que ajudassem a esclarecer alguns pontos relacionados ao seu estudo. Com isso, ideias podem ser desenvolvidas e aprimoradas no sentido de fazer com que os saberes do TPACK sejam alcançados.

Os trabalhos descritos no quinto capítulo desse TCC são de valia para mostrar como o TPACK pode ser utilizado como embasamento teórico para aplicação de tecnologias no ensino. Em quatro dos cinco trabalhos citados houve a elaboração de cursos de formação continuada com o intuito de desenvolver os conhecimentos pedagógicos, tecnológicos e de conteúdo dos participantes.

Pôde-se verificar que existiram barreiras que dificultam o alcance desses saberes pelos professores. Dentre elas encontram-se a deficiência no conhecimento de conteúdo, a falta de interesse de alguns docentes em investir o próprio tempo na aquisição de conhecimentos tecnológicos e a falta de infraestrutura, no sentido físico e curricular, de grande parte das escolas brasileiras.

Vale ressaltar também que o investimento em cursos de formação continuada, visando aprimorar os conhecimentos dos formandos e professores na utilização de tecnologias, mostra que há uma necessidade de se ter maior atenção quanto à formação durante os cursos de licenciatura. Dessa forma, tem-se que o modelo TPACK como um referencial no emprego de tecnologias apresenta muitas limitações para que, de fato, atinja seu potencial.

Portanto, mais pesquisas acerca de como as tecnologias são incorporadas nas aulas

de matemática são indispensáveis. Também é imprescindível que sejam realizados trabalhos que dissertem mais profundamente sobre os tipos de conhecimentos e saberes abordados no modelo, bem como os seus desenvolvimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMTE. **Preparing teachers to use technology to enhance the learning of mathematics**. 2006. Disponível em: <<http://www.amte.net/>>.
- AMTE. **Mathematics TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) Framework**. 2009. Disponível em: <<http://www.amte.net/>>.
- CHAVES, E. O. C. Tecnologia na educação. **Encyclopaedia of Philosophy of Education**, 1999.
- CHIAVENATO, I. **Introdução à Teoria Geral da Administração**. São Paulo: Editora Elsevier, 2011.
- CIBOTTO, R. A. G.; OLIVEIRA, R. M. M. A. Tpack-conhecimento tecnológico e pedagógico do conteúdo: uma revisão teórica. **Imagens da Educação**, Universidade Estadual de Maringá, Programas de Pós-Graduação em Educação da Região Sul, v. 7, n. 2, p. 11, 2017.
- COSTA, L. M. Programa nacional de tecnologia educacional (proinfo) expansão, democratização e inserção das tecnologias na rede pública. **QUANTA-Comunicação e Cultura**, v. 1, n. 1, p. 52–63, 2015.
- EARLE, R. S. The integration of instructional technology into public education: Promises and challenges. **Educational Technology**, JSTOR, v. 42, n. 1, p. 5–13, 2002.
- ESKILDSSSEN, E. **Lousa Digital Interativa Para O Ensino De Matemática Nos Anos Iniciais: Possibilidades Na Formação Docente**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2017.
- FONSECA, D. S. **Formação de Professores de Matemática e as Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação no Contexto do PIBID**. Tese (Doutorado), 2018.
- HARAN, M. **A History of Education Technology**. 2015. Disponível em: <<http://institute-of-progressive-education-and-learning.org/a-history-of-education-technology/>>. Acesso em: 20 de Agosto de 2018.
- HARRIS, J.; MISHRA, P.; KOEHLER, M. Teachers' technological pedagogical content knowledge and learning activity types: Curriculum-based technology integration reframed. **Journal of Research on Technology in Education**, Taylor & Francis, v. 41, n. 4, p. 393–416, 2009.
- HARRIS, J.; PHILLIPS, M.; KOEHLER, M.; ROSENBERG, J. Tpcck/tpack research and development: Past, present, and future directions. **Australasian Journal of Educational Technology**, v. 33, 07 2017.
- IDEM, R. de C. **Construcionismo, Conhecimentos Docentes e GeoGebra: uma experiência envolvendo licenciandos em Matemática e professores**. Dissertação (Mestrado), 2017.

- ISTE. **NETS-S**. 2007. Disponível em: <https://www.iste.org/docs/pdfs/20-14_ISTE_Standards-S_PDF.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2018.
- ISTE. **NETS-T**. 2008. Disponível em: <https://www.iste.org/docs/pdfs/20-14_ISTE_Standards-T_PDF.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2018.
- JOLY, M.; SILVEIRA, M. A. Avaliação preliminar do questionário de informática educacional (qie) em formato eletrônico. **Psicologia em estudo**, SCIELO Brasil, v. 8, n. 1, p. 85–92, 2003.
- KAPUT, J. Technology and mathematics education. In: **Handbook of research on mathematics teaching and learning**. [S.l.]: Macmillan Publishing Company, 1992.
- KENSKI, V. M. Aprendizagem mediada pela tecnologia. **Revista diálogo educacional**, Pontifícia Universidade Católica do Paraná, v. 4, n. 10, 2003.
- KOEHLER, M.; MISHRA, P. Introducing tpck. In: **The handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators**. New York: Routledge for the Americans Association of Colleges for Teacher Education, 2008.
- KOEHLER, M. J.; MISHRA, P.; KERELUIK, K.; SHIN, T. S.; GRAHAM, C. R. The technological pedagogical content knowledge framework. In: **Handbook of research on educational communications and technology**. [S.l.]: Springer, 2014. p. 101–111.
- LEITE, R. da S. **Formação de Professores de Matemática e Tecnologias Digitais: Um Estudo Sobre o Teorema de Tales**. Dissertação (Mestrado), 2017.
- MARTIN, T. S.; HERRERA, T. **Mathematics teaching today: Improving practice, improving student learning**. [S.l.]: National Council of Teachers of Mathematics Reston, VA, 2007.
- MIRANDA, G. L. Limites e possibilidades das tic na educação. **Sísifo. Revista de Ciências da Educação**, v. 3, p. 41–50, 2007.
- MISHRA, P.; KOEHLER, M. J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for teacher knowledge. **Teachers college record**, Citeseer, v. 108, n. 6, p. 1017, 2006.
- MORAES, M. C. Informática educativa no brasil: um pouco de história. **Em Aberto**, v. 12, n. 57, 1993.
- MORAES, M. C. Informática educativa no brasil: uma história vivida, algumas lições aprendidas. **Brazilian Journal of Computers in Education**, v. 1, n. 1, p. 19–44, 1997.
- NAKASHIMA, R. H. R.; PICONEZ, S. C. B. Technological pedagogical content knowledge (tpack): modelo explicativo da ação docente. **Revista Eletrônica de Educação**, v. 10, n. 3, p. 231–250, 2016.
- NASCIMENTO, J. K. F. do. **Informática Aplicada à Educação**. Brasília: Univerdidade de Brasília, 2007.
- NISS, M. Preparing teachers to teach science and mathematics with technology: Developing a technology pedagogical content knowledge. **Teaching and Teacher Education**, v. 21, p. 509–523, 2005.

- NIESS, M.; SADRI, P.; LEE, K. Dynamic spreadsheets as learning technology tools: Developing teachers' technology pedagogical content knowledge (tpck). **American Educational Research Association**, 2007.
- NIESS, M. L. Guest editorial: Preparing teachers to teach mathematics with technology. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, v. 6, n. 2, p. 195–203, 2006.
- NIESS, M. L.; RONAU, R. N.; SHAFER, K. G.; DRISKELL, S. O.; HARPER, S. R.; JOHNSTON, C.; BROWNING, C.; ÖZGÜN-KOCA, S. A.; KERSAINT, G. Mathematics teacher tpack standards and development model. **Contemporary Issues in Technology and Teacher Education**, Association for the Advancement of Computing in Education (AACE), v. 9, n. 1, p. 4–24, 2009.
- NOVOTNY, A. A.; SOKOŁOWSKI, J. **Topological derivatives in shape optimization**. [S.l.]: Springer, 2013. (Interaction of Mechanics and Mathematics).
- OLIVEIRA, D. C. M. de. **Análise da Integração de Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDIC) à Prática Pedagógica de Uma Professora de Ciências dos Anos Finais do Ensino Fundamental**. Tese (Pós-Graduação), 2017.
- OLIVEIRA, G. P. de. Fluência no uso de tecnologias digitais: Uma investigação com professores de matemática do ensino básico. **International Conference on Technology in Mathematics Teaching**, 2015.
- OLIVEIRA, M. M. de. **Conhecimento pedagógico e tecnológico do conteúdo na formação de professores na educação científica e tecnológica**. Dissertação (Mestrado), 2017.
- OLIVEIRA, W. A. de. **Tecnologias Digitais na Formação Continuada: Situações de Ensino Articulando Geometria e Funções**. Dissertação (Mestrado), 2017.
- PALIS, G. d. L. R. O conhecimento tecnológico, pedagógico e do conteúdo do professor de matemática. **Educação Matemática Pesquisa: Revista do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática**, v. 12, n. 3, 2010.
- PIERSON, M. E. Technology integration practice as a function of pedagogical expertise. **Journal of research on computing in education**, Taylor & Francis, v. 33, n. 4, p. 413–430, 2001.
- RICHIT, A. **Formação de professores de matemática da educação superior e as tecnologias digitais: aspectos do conhecimento revelados no contexto de uma comunidade de prática online**. Tese (Doutorado) — Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2015.
- ROGERS, E. M. **Diffusion of Innovations**. New York: Free Press, 1995.
- ROLANDO, L. G. R. **Um exame da percepção de professores de Biologia acerca de suas bases de Conhecimento Tecnológico Pedagógico do Conteúdo**. Tese (Doutorado), 2017.
- RUSSELL, M. **Technology and assessment: The tale of two interpretations**. [S.l.]: IAP, 2006.

- SAMPAIO, P. A. d. S. R.; COUTINHO, C. M. G. F. P. Ensinar matemática com tic: em busca de um referencial teórico. **Imprensa da Universidade de Coimbra**, 2012.
- SAMPAIO, P. A. d. S. R.; COUTINHO, C. P. Integração do tpack no processo de ensino/aprendizagem da matemática. **Revista Paideia**, Unimes Virtual, v. 6, n. 10, 2014.
- SANTOS, L. R. dos. **O Ensino de Ciências e a Formação de Professores: uma investigação sobre o uso das TIC no contexto de duas escolas públicas da cidade de São Paulo**. Dissertação (Mestrado), 2017.
- SCHMIDT, D. A.; BARAN, E.; THOMPSON, A. D.; MISHRA, P.; KOEHLER, M. J.; SHIN, T. S. Technological pedagogical content knowledge (tpack) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. **Journal of research on Technology in Education**, Taylor & Francis, v. 42, n. 2, p. 123–149, 2009.
- SCHMITT, C. **A Integração das TDIC à Educação Matemática - Um estudo sobre o uso de ferramentas digitais e metodologias ativas no ensino e aprendizagem de Matemática**. Dissertação (Mestrado) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, 2018.
- SHULMAN, L. Knowledge and teaching: Foundations of the new reform. **Harvard educational review**, Harvard Education Publishing Group, v. 57, n. 1, p. 1–23, 1987.
- SHULMAN, L. S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. **Educational researcher**, Sage Publications Sage CA: Thousand Oaks, CA, v. 15, n. 2, p. 4–14, 1986.
- TIGRE, P. B. **Gestão da Inovação**. São Paulo: Editora Campus, 2006.
- VALENTE, J. A. Diferentes usos do computador na educação. **Em Aberto**, v. 12, n. 57, 1993.
- VALENTE, J. A. Visão analítica da informática na educação no brasil: A visão do professor. **Revista Brasileira de Informática na Educação**, 1997.
- WHEELER, M.; RENCHLER, R.; CONLEY, K.; SUMMERLIGHT, S. **National Educational Technology Standards for Students: Connecting Curriculum and Technology**. [S.l.]: International Society for Technology in Education, 2000.