

COMO REPRESENTAR REDES DE CONHECIMENTO ESPECIALIZADO DE PROFESSORES DE MATEMÁTICA

How to Represent Specialized Knowledge Networks of Mathematics Teachers

Moriel-Junior, J. G.^a

^aInstituto Federal de Mato Grosso, Brasil

Temática: 3 – MTSK em diferentes temas e etapas

Resumo. O aumento de pesquisadores interessados no marco Mathematics Teachers' Specialized Knowledge (MTSK) e a escassez de ferramentas metodológicas para o trabalho rigoroso de pesquisa associado nos levou ao objetivo deste artigo que é descrever alguns modos de representar redes de conhecimento especializado de professores de Matemática. Adotamos o MTSK e as teorias sobre a construção de mapas conceituais e de redes de conhecimento em uma pesquisa qualitativa, descritiva e exploratória. Analisamos uma amostra intencional não-probabilística de rede ou mapa de conexões entre conhecimentos MTSK extraídas de 6 produções científicas. Os resultados forneceram características emergentes em sete focos: Formato de rede; Abrangência em termos de subdomínios; Descrição de conceitos; Qualidade do conhecimento MTSK; Modos de apresentar e distinguir conceitos; Conectores de conceitos; Síntese textual-explicativa da rede.

Palavras-chave. Rede de conhecimento, Mapa conceitual, Ferramentas metodológica, Rede MTSK.

Abstract. The increase in researchers interested in the Mathematics Teachers' Specialized Knowledge (MTSK) framework and the scarcity of methodological tools for the associated rigorous research work led us to the purpose of this article, which is to describe some ways to represent specialized knowledge networks of mathematics teachers. We adopted the MTSK and theories on the construction of concept maps and knowledge networks in a qualitative, descriptive and exploratory research. We analyzed an intentional non-probabilistic sample of network or map of connections between MTSK knowledge extracted from 6 scientific productions. The results provided emerging features in seven focuses: Network format; Coverage in terms of subdomains; Description of concepts; MTSK knowledge quality; Ways of presenting and distinguishing concepts; Concept connectors; Textual-explanatory synthesis of the network.

Keywords. Knowledge Network, Concept Map, Methodological tools, MTSK Network.

INTRODUÇÃO

A pesquisa científica sobre conhecimento especializado de professores de Matemática com o *Mathematics Teachers' Specialized Knowledge* (MTSK) tem aumentado significativamente em diferentes partes do mundo (Moriel-Junior e Duarte, 2020). Depois da publicação oficial do MTSK (Carrillo et al., 2014), houve novos pesquisadores começando a utilizá-lo, ano após ano, indo de 19 autores em 2014 a 315 em 2019, considerando os 323 trabalhos identificados na base *Google Scholar* (Moriel-Junior e Duarte, 2020). O aumento da disseminação deste marco teórico, gera a necessidade de ferramentas metodológicas que apoiem a aproximação de novos pesquisadores no trabalho de pesquisa rigoroso com o MTSK. Neste sentido, existem por exemplo, o *Quadro de Diferenciação de Conexões KoT e KSM* (Vasco et al., 2017) e o *iMTSK* (Moriel-Junior, 2021), um instrumento de análise de conhecimentos docentes especializados aplicável não só para a Matemática, como também Biologia, Física, Química e outras.

Entretanto, mais importante do que identificar indícios e evidências de conhecimentos (Escudero et al., 2015; Moriel-Junior e Carrillo, 2014), é compreender profundamente como tais elementos são inter-relacionados pelos professores para educar em diferentes etapas educativas. Assim, o objetivo deste artigo é descrever alguns modos de representar redes de conhecimento especializado de professores de Matemática. Este artigo¹ faz parte dos esforços do grupo de pesquisa *TSK Group*² do Brasil liderado pelo autor e está inserido na Rede Ibero-americana de Investigadores MTSK.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conhecimento especializado de professores de Matemática

O *Mathematics Teachers' Specialized Knowledge* - MTSK (Carrillo et al., 2014) é um modelo teórico que descreve um conjunto de conhecimentos especializados que pode ou deve ter um professor para ensinar e fazer aprender Matemática. Ele é representado hexagonalmente com dois domínios (matemática e didático), seis subdomínios e as crenças nucleares (Carrillo-Yañez et al., 2018). Os subdomínios incluem conhecimentos:

- de Tópicos matemáticos, contemplando os objetos matemáticos em si, incluindo quatro categorias: Fenomenologia e aplicações; Definições, propriedades e seus fundamentos; Registros de representação; Procedimentos (quando, como, por que fazer e as características do resultado).
- da Estrutura de Matemática, abrangendo conexões entre os objetos que estruturam a Matemática, incluindo quatro categorias: Conexões de simplificação; Conexões de complexificação; Conexões auxiliares; Conexões transversais.
- da Prática Matemática, relativo aos modos de produzir a matemática em si mesma, ao metaconhecimento relativo ao fazer matemático, incluindo os indicadores associados a definir, demonstrar, usar heurísticas e exemplificar (Sánchez-García et al., 2021).
- das Características de Aprendizagem da Matemática, com foco no aluno, incluindo quatro categorias: Teorias de aprendizagem formais ou pessoais; Potencialidades e dificuldades de aprendizagem matemática; Modos do estudante interagir com o conteúdo; Aspectos emocionais da aprendizagem matemática.
- do Ensino de Matemática, incluindo três categorias: Teorias de ensino formais ou pessoais; Recursos de ensino físicos e digitais; Estratégias, técnicas, tarefas e exemplos.
- de Parâmetros de Aprendizagem da Matemática, incluindo três categorias: Resultados esperados de aprendizagem em determinada etapa educativa; Nível de desenvolvimento conceitual ou procedimental esperado; Sequenciação de tópicos.

Redes de conhecimentos e sua construção

Reunir uma grande quantidade de componentes cognitivos e apresentá-los graficamente suas inter-relações não é algo simples. Isso pode ser denominado de redes de significações (Schlemmer e Neto, 2008), cartografia cognitiva ou redes de conhecimento (Okada, 2008). Sua construção pode ser chamada de mapeamento conceitual e feita por meio de distintas técnicas, processos, softwares e formatos (Okada, 2008). O tipo mais difundido é o Mapa Conceitual (MC), desenvolvido nos anos 1970 por Joe Novak e colaboradores

¹ Contou com apoio da FAPEMAT (FAPEMAT.0204484/2017, Edital Universal 42/2016).

² Sediado no IFMT, *campus* Cuiabá. Acesso em <http://dgp.cnpq.br/dgp/espelhogrupo/529979>

para determinar o progresso de estudantes em seu conhecimento de ciências (Novak e Gowin, 1984). Estudos mostram que a construção de MC tem correlação com as fases da aprendizagem significativa (Moreira, 2006; Rodrigues e Cervantes, 2015).

Os MC são “representações gráficas bidimensionais do conhecimento de uma pessoa (ou grupo de pessoas) sobre um assunto” (Cañas e Carvalho, 2005, p. 10). São compostos por conceitos (geralmente incluídos dentro de círculos ou caixas) ligados por arcos que estabelecem a relação entre eles, formando assim as proposições. No estilo Novakiano, as principais características do MC são: há hierarquia entre conceitos, os mais gerais ficam no topo e os específicos na parte inferior; uma unidade de conhecimento é formada por um par de conceitos unidos por uma frase de conexão, preferencialmente, os mais curtos possíveis; conceitos e frases deve ser interpretados do referido contexto; proposições devem fazer sentido por si só quando lidas separadamente do mapa; o conceito usado na raiz do mapa explicita o foco principal do mapa (Cañas e Carvalho, 2005). É comum o uso do *software* CmapTools na construção de MC.

No caso da pesquisa com MTSK, o investigador é quem elabora o MC para representar o conhecimento de outrem (um grupo ou sujeito da pesquisa, como licenciando, professor ou formador) sobre um determinado assunto (a partir de dados primários ou secundários) dentro de um determinado contexto (como formação, planejamento ou prática docente).

Há uma crítica quanto ao predomínio do uso de construções bidimensionais em mapas conceituais, mesmo havendo desenvolvimento suficiente de tecnologia para a utilização de um espaço pluridimensional com conexões tridimensionais, exploração a partir de hipertexto, realidade aumentada, modelos fractais e outros (Schlemmer e Neto, 2008).

METODOLOGIA

Esta é uma pesquisa qualitativa, descritiva e de caráter exploratório sobre modos de representar redes de conhecimento especializado de professores de Matemática. As fontes de dados foram produções científicas que atendessem os critérios: (i) o objetivo inclui identificação evidências e indícios de conhecimentos com o MTSK; (ii) apresenta rede ou mapa de conexões entre os conhecimentos identificados. Segundo estes critérios, foi selecionada uma amostra intencional não-probabilística de 6 trabalhos, dada a limitação deste artigo, a saber: Escudero (2015); Aguilar (2016); Moriel-Junior e Moral (2017); Zakaryan e Ribeiro (2017); Reyes-Camacho (2018); Moriel-Junior (2021). Para obtenção de dados extraímos uma imagem da rede de conexões mais ampla possível de cada trabalho e realizamos leituras do texto. Na análise dos dados realizamos comparações sistemáticas das imagens e textos entre si e com a literatura revisada, originando categorias emergentes sobre características principais dos tipos de redes MTSK.

RESULTADOS

Identificamos na amostra diferentes modos de representar graficamente as conexões entre conhecimentos MTSK. Há uma multiplicidade de nomenclaturas atribuídas pelos autores a cada representação, que podem ser encontradas nas Figuras a seguir.

Metade da amostra se aproxima de um MC novakiano (Figuras 1, 2 e 3) e a outra afasta-se (Figuras 4, 5 e 6). Neste último grupo há uma simulação de tridimensionalidade quando se usa sobreposições de elementos geométricos (Figura 5) ou uma escala de protagonismo do conhecimento (Figura 6). Isto parece ser um avanço contra a crítica ao predomínio de construções bidimensionais euclidianas (Cañas e Carvalho, 2005). Um ponto importante é que não é relevante o aspecto quantitativo de contagem de conhecimentos na amostra analisada, embora haja uma codificação enumerada de subdomínio nas Figuras 1 e 4. Predominando, portanto, o enfoque qualitativo nos mapeamentos analisados.

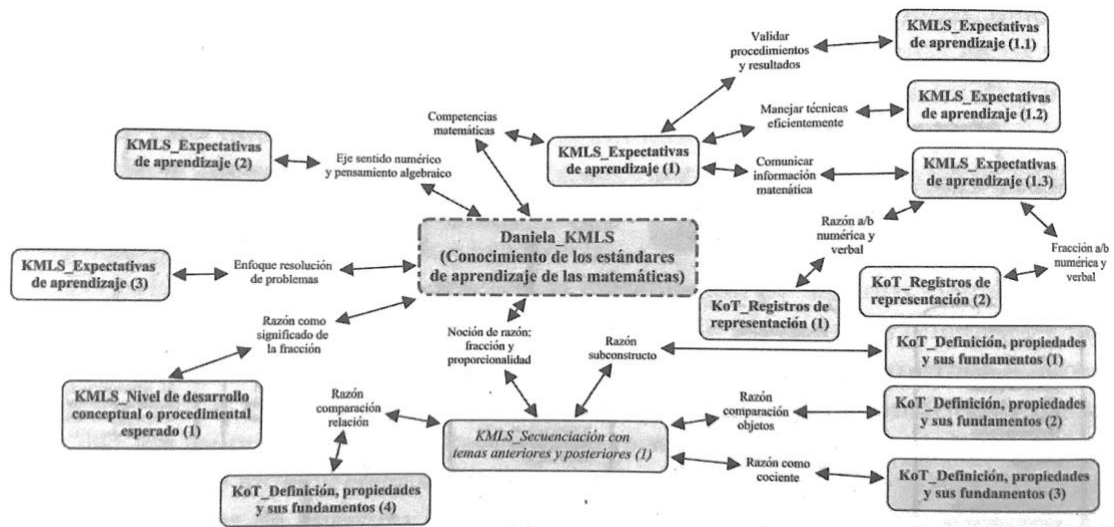


Figura 1. “Relações entre domínios, subdomínios, categorias e indicadores MTSK” (Reyes-Camacho, 2018, p. 94)

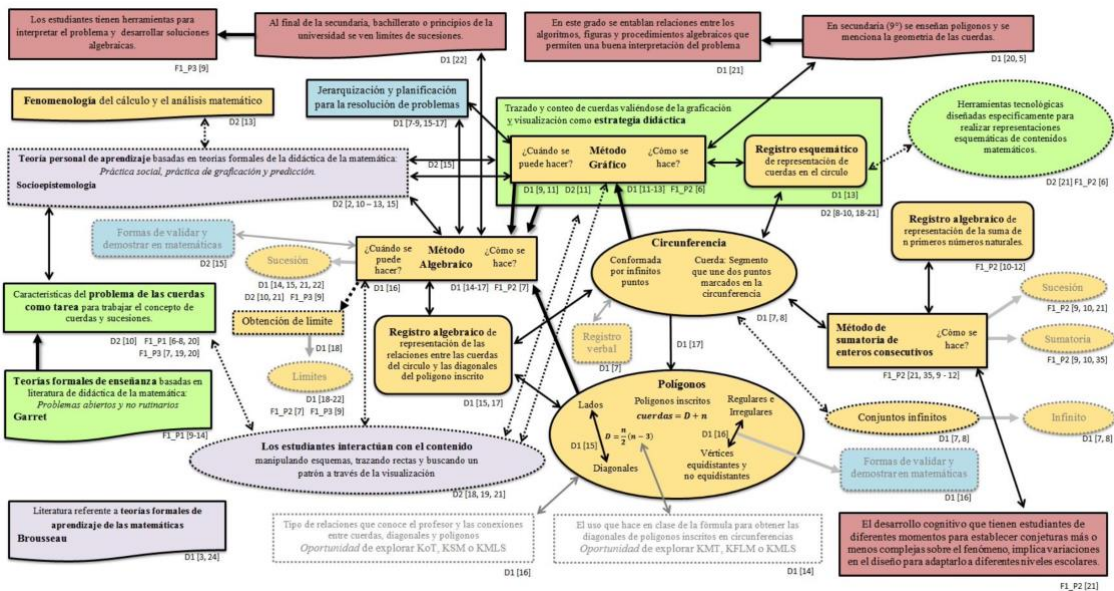


Figura 2. “Fotografía completa do MTSK” do sujeito (Escudero, 2015, p. 169)

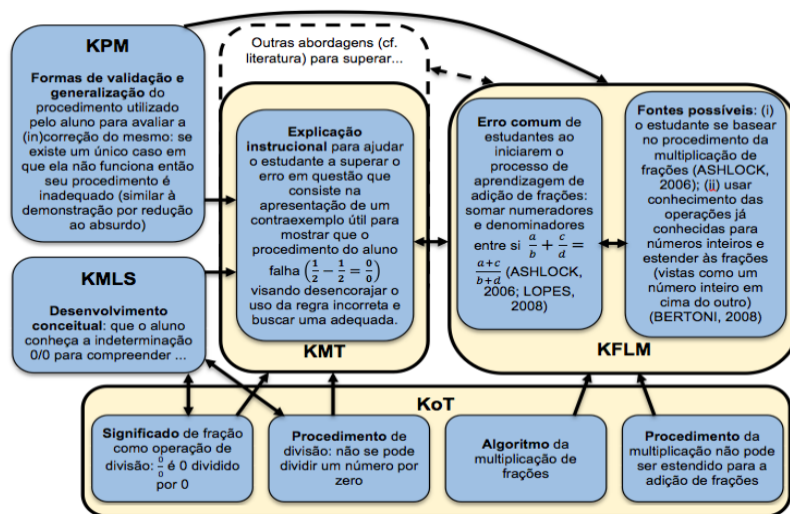


Figura 3. “Esquema de relações entre conhecimentos” (Moriel-Junior e Moral, 2017, p. 10)

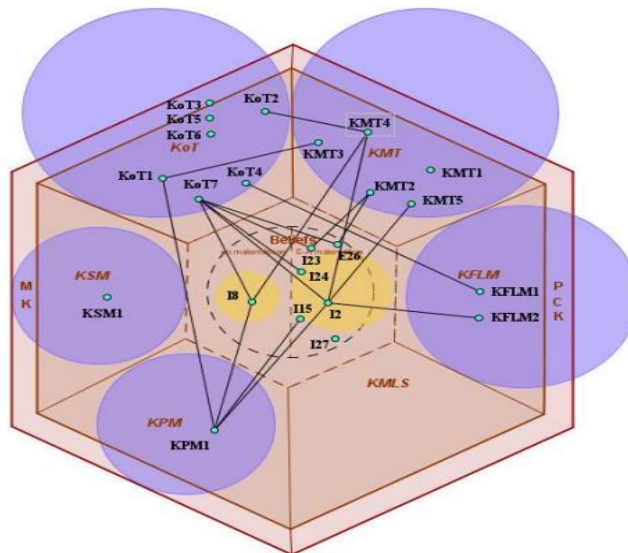


Figura 4. “Gráfico de relações internas” MTSK (Aguilar, 2016, p. 78)



Figura 5. “Mapa de conexões entre subdomínios” (Zakaryan e Ribeiro, 2017, p. 316)

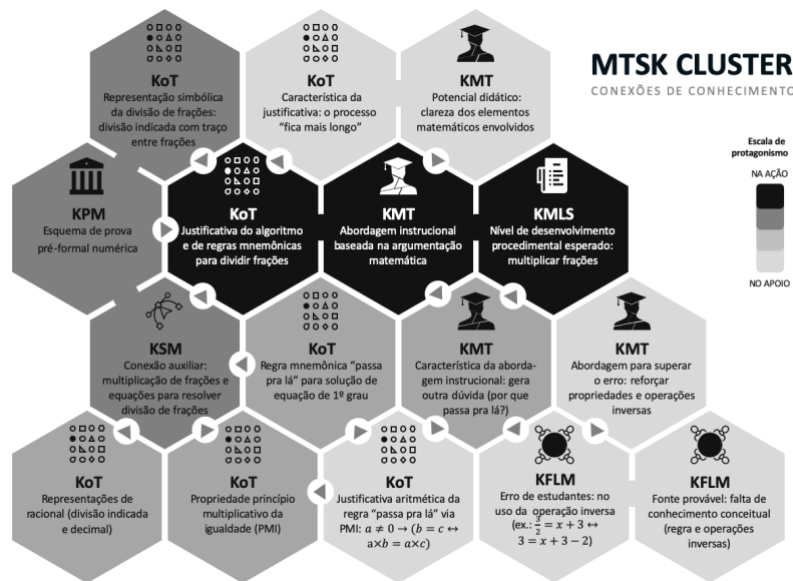


Figura 6. Mapa de conexões “MTSK Cluster” (Moriel-Junior, 2021, p. 210)

As redes de conhecimento supracitadas conectaram vários subdomínios MTSK, embora haja na literatura trabalhos dentro de um único subdomínio (Liñan, Contreras e Barrera, 2015). Todas elas foram acompanhadas, antes ou depois da imagem, de uma síntese textual-explicativa ou resumo descritivo-analítico das conexões, dando ao leitor detalhes que o permitem reconstruir o fenômeno mapeado. A maioria da amostra (Figuras 2, 3, 4 e 6) utilizou o título da figura para descrever o objeto mapeado, ao invés de inserir o conceito raiz dentro mapa conforme as características de um MC novakiano. Isto pode ter ocorrido pelas normas da redação científica ou sido uma escolha dos autores.

Em alguns casos foi inserida no texto uma legenda (em forma de lista ou tabela), complementar a imagem, para explicar o significado de códigos dos subdomínios na Figura 4 e o de cores/formas geométricas para diferenciar subdomínios/categorias MTSK na Figura 2. Neste último caso também há códigos referentes às fontes de dados.

Todos as redes abordam evidências de conhecimento, duas também incluem indícios (em itálico na Figura 1 e formas pontilhadas na Figura 2). Uma delas inclui oportunidades para exploração *a posteriori* de outros conhecimentos (parte inferior da Figura 2). Só uma rede representa conexões entre conhecimentos e crenças nucleares do MTSK (Figura 4).

Em nenhum caso foi informado o *software* ou se detalhou as etapas de construção da rede de conhecimento. *Softwares* como o CmapTools ou ATLAS.ti são úteis na confecção de MC novakianos e permitem inserção frases nas relações entre elementos como: é parte de, é um(a), é causa de, é propriedade de, está associado a, contradiz, dentre outras. Acreditamos que a construção das Figuras 4, 5 e 6 que se afastam do formato tradicional de MC, tenha sido relativamente mais artesanal com apoio de *softwares* para edição de diagramas, formas, imagens e textos, como Microsoft Word ou PowerPoint.

Emergiram da amostra as seguintes categorias de características das redes de conhecimento MTSK: (i) Formato de rede (similar a um Mapa conceitual, Hexágono MTSK, Gráfico de sobreposição, Gráfico de justaposição); (ii) Abrangência (aborda Múltiplos subdomínios ou um Único); (iii) Descrição de conceitos (por meio de Frase curtas, longas, com ou sem Fundamentos baseados em citações ou códigos dos empíricos ou em referenciais teóricos); (iv) Qualidade do conhecimento MTSK (ao tratar de Evidências, Indícios, Oportunidades); (v) Modos de apresentar e distinguir conceitos (com Formas geométricas, Cores, Conjuntos, Frases, Códigos, Siglas, Símbolos, Legenda, Numeração, Escala de protagonismo); (vi) Conectores de conceitos (por meio de Setas, com ou sem Frases, Segmentos de retas, Sobreposição ou Justaposição de elementos); (vii) Síntese explicativa da rede (em formato de texto antes ou depois da imagem). Estes resultados permitiram descrever na Tabela 1 as características de cada mapa de conexões MTSK da amostra. Em seguida, passamos às considerações finais.

Tabela 1. Características de redes de conhecimento MTSK e descrição da amostra

<i>Categoria</i>	<i>Figura 1</i>	<i>Figura 2</i>	<i>Figura 3</i>	<i>Figura 4</i>	<i>Figura 5</i>	<i>Figura 6</i>
Nome da rede	Relações entre elementos MTSK	Fotografia completa do MTSK	Esquema de relações entre conhecimento MTSK	Gráfico de relações internas MTSK	Mapa de conexões entre subdomínios	Mapa de conexões MTSK <i>Cluster</i>
Formato da rede	Mapa conceitual	Mapa conceitual	Mapa conceitual	Hexágono MTSK	Gráfico de sobreposição	Gráfico de justaposição
Abrangência MTSK	Múltiplos subdomínios	Múltiplos subdomínios	Múltiplos subdomínios	Múltiplos subdomínios	Múltiplos subdomínios	Múltiplos subdomínios
Descrição de conceitos	Frase curta	Frase curtas Frase longas Fundamento empírico e teórico	Frase curtas Frase longas Fundamento empírico e teórico	Frases longas fora do hexágono	Frase curtas Frase longas	Frase curtas Frase longas Fundamento empírico e teórico

<i>Categoria</i>	<i>Figura 1</i>	<i>Figura 2</i>	<i>Figura 3</i>	<i>Figura 4</i>	<i>Figura 5</i>	<i>Figura 6</i>
Qualidade do conhecimento MTSK	Evidências Indícios	Evidências Indícios Oportunidades	Só Evidências	Evidências Crenças	Só Evidências	Só Evidências
Modos de apresentar e distinguir conceitos	Formas geométricas Frases Códigos Siglas Numeração	Formas geométricas Cores Conjuntos Frases Códigos Siglas Legenda	Formas geométricas Cores Conjuntos Frases Siglas	Cores Conjuntos Códigos Siglas Legenda	Formas geométricas Cores Conjuntos Frases Siglas	Forma geométrica Cores Frases Siglas Símbolos Escala de protagonismo
Conectores de conceitos	Setas e Frases	Setas	Setas	Segmentos de reta	Sobreposição	Justaposição e Setas
Síntese explicativa	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar mapas de conexões de conhecimentos MTSK da amostra em questão, foi possível avançar no estabelecimento de características importantes que vão determinar os modos de representar redes de conhecimento especializado de professores de Matemática. Estes resultados, em síntese, evidenciam características emergentes em sete focos: (i) Formato de rede; (ii) Abrangência em termos de subdomínios; (iii) Descrição de conceitos; (iv) Qualidade do conhecimento MTSK; (v) Modos de apresentar e distinguir conceitos; (vi) Conectores de conceitos; (vii) Síntese textual-explicativa da rede.

Estes resultados poderão ser úteis a pesquisadores iniciantes e experientes que pretendem realizar com rigor suas pesquisas utilizando o MTSK, bem como, ampliar a compreensão de seus achados e seu impacto na ciência. Assim, o conjunto de características aqui identificados nos parece ser mais um reforço no rol de ferramentas metodológicas voltadas à pesquisa rigorosa com o MTSK, para além das já existentes, como o *Quadro de Diferenciação de Conexões KoT e KSM* (Vasco et al., 2017) e o instrumento de análise *iMTSK* (Moriel-Junior, 2021).

Este trabalho é limitado à amostra analisada, e deve ser ampliado para refinamento dos achados neste estudo exploratório. Portanto, outras pesquisas serão realizadas para responder questões em aberto, como as seguintes: Qual é o melhor modo de representar conexões muito intrincadas? Seria possível unir diferentes mapas de conexões? Que resultado geraria? Seria possível uma representação bidimensional ou exigiria um espaço pluridimensional? Que limitações e potencialidades existem para fazer isso? Como dar uma visão ampla de uma quantidade de conexões muito maior do que as vistas neste estudo (dez vez ou mais)? Como apresentar isso no formato de artigos científicos?

Referências

- Aguilar, A. (2016). *El conocimiento especializado de una maestra sobre la clasificación de las figuras planas. Un estudio de caso*. Tese de doutorado Doutorado. Huelva: Universidad de Huelva. <http://hdl.handle.net/10272/12006>
- Cañas, A. J., e Carvalho, M. M. (2005). Mapas Conceituais e IA: uma união improvável? *Revista Brasileira de Informática na Educação*, 13(1), 9-19.
- Carrillo, J., Climent, N., Contreras, L. C., Montes, M. Á., Escudero, D., e Medrano, E. F. (2014). *Un marco teórico para el Conocimiento especializado del Profesor de Matemáticas*. Huelva: Universidad de Huelva Publicaciones.

- Carrillo-Yañez, J., Climent, N., Montes, M., Contreras, L. C., Flores-Medrano, E., Escudero-Ávila, D., Vasco, D., Rojas, N., Flores, P., Aguilar, Á., Ribeiro, M., e Muñoz-Catalán, M. C. (2018). The mathematics teacher's specialised knowledge (MTSK) model. *Research in Mathematics Education*, 20(3), 236-253. <https://doi.org/10.1080/14794802.2018.1479981>
- Escudero, D. I. (2015). *Una caracterización del conocimiento didáctico del contenido como parte del conocimiento especializado del profesor de matemáticas de secundaria*. Tese Doutorado. Huelva: Universidad de Huelva.
- Escudero, D. I., Moriel-Junior, J. G., Flores, E., Rojas, N., Gonzalez, A. A., Catalan, M. C. M., e Flores, P. (2015). Aportaciones metodológicas de investigaciones con MTSK. *Actas da II Jornadas de Investigación en Didáctica de las Matemáticas* (pp. 60-68). Huelva.
- Liñan, M. M., Contreras, L. C., e Barrera, V. J. (2015). Conocimiento de los temas (KoT). *Actas da II Jornadas de Investigación en Didáctica de las Matemáticas* (pp. 12-20). Huelva.
- Moreira, M. A. (2006). *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: URGs.
- Moriel-Junior, J. G. (2021). Specialised Knowledge Network Activated in Teacher Education to Answer to a Mathematical Why on Fraction Division. *Acta Scientiae*, 23(2), 193-224. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.6205>
- Moriel-Junior, J. G., e Carrillo, J. (2014). Explorando indícios de conhecimento especializado para ensinar matemática com o modelo MTSK. *Anais do Seminário de Investigación en Educación Matemática XVIII* (pp. 465-474). Salamanca, Espanha: SEIEM.
- Moriel-Junior, J. G., e Duarte, E. B. (2020). Mapeamento global da produção sobre Mathematics Teacher's Specialized Knowledge no Google Scholar até 2019. *Research, Society and Development*, 9(11), e71191110526. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.10526>
- Moriel-Junior, J. G., e Moral, G. C. Y. (2017). Conhecimentos especializados para ensinar adição de frações e como se relacionam: um caso sobre erros comuns de estudantes, suas fontes e modos de superá-los. *Anais do CIEM* (pp. 1-12). Canoas.
- Novak, J. D., e Gowin, D. B. (1984). *Learning How to Learn*. New York, NY: Cambridge.
- Okada, A. (2008). O que é cartografia cognitiva e por que mapear redes de conhecimento. In A. Okada (Ed.), *Cartografia cognitiva: mapas do conhecimento para pesquisa, aprendizagem e formação docente*. (pp. 390). KCM.
- Reyes-Camacho, A. M. (2018). Conocimiento especializado de profesor en formación inicial de primaria: enseñanza de la noción de razón. In E. L. Flores, F. J. Hernandez-Gutiérrez, e A. M. Reyes-Camacho (Eds.), *Conocimiento especializado y formación del profesor de Matemáticas* (pp. 215). Taberna.
- Rodrigues, M. R., e Cervantes, B. M. N. (2015). Análise de assunto e mapas conceituais: semelhanças nos processos. *Perspectivas em Ciência da Informação*, 20(4), 35-56.
- Sánchez-García, J. A., Flores-Medrano, E., Hernández Rebollar, L. A., e Juárez-Ruiz, E. (2021). ¿Cómo impacta el conocimiento que tiene un profesor acerca de la teoría APOE sobre su conocimiento especializado? *Revista Multidisciplinar*, 3(1), 55-67.
- Schlemmer, E., e Neto, A. S. (2008). A construção de redes de significações: dos mapas conceituais aos "concept webbing". *Anais do IX Congresso Iberoamericano de Informática Educativa-RIBIE* (pp. 46-56). Caracas, Venezuela: Universidade de Caracas.
- Vasco, D., Moriel-Junior, J. G., e Contreras, L. C. (2017). Subdomínios KoT y KSM del Mathematics Teacher's Specialised Knowledge (MTSK): definición, categorías y ejemplos. *Anais do III Jornadas de Investigación en Didáctica de las Matemáticas* (pp. 29-37). Huelva: Universidad de Huelva. <https://bit.ly/kot-ksm-3emrpcm>
- Zakaryan, D., e Ribeiro, M. (2017). Conocimiento de la enseñanza de números racionales: una ejemplificación de relaciones. *Zetetiké*, 24(3), 301-321.