

Programa Teoria da Educação Matemática (TEM) de Hans-Georg Steiner: aspectos filosóficos e epistemológicos

Theory of mathematics education (TME) program by Hans-Georg Steiner: philosophical and epistemological aspects

Programa Teoría de la Educación Matemática (TEM) de Hans-Georg Steiner: aspectos filosóficos y epistemológicos

Programme Théorie de l'Éducation Mathématiques (TEM) de Hans-Georg Steiner : aspects philosophiques et épistémologiques

Marluce Alves dos Santos¹
Universidade do Estado da Bahia
<https://orcid.org/0000-0002-5935-5901>

Saddo Ag Almouloud²
Universidade Federal da Bahia
<https://orcid.org/0000-0002-8391-7054>

Resumo

Discute-se sobre o Programa Teoria da Educação Matemática (TEM), criado por Hans-Georg Steiner, em seus aspectos filosóficos e epistemológicos, e nove ideias e seis teses que nasceram da preocupação em sistematizar teorias e metodologias para a pesquisa em Educação Matemática, e o seu estabelecimento como disciplina científica. O percurso metodológico realizado foi a revisão bibliográfica nos textos escritos pelo autor. Conclui-se que nos últimos 10 anos não parece ter havido muito progresso sobre o pensamento expresso nas pesquisas delineadas por Hans-Georg Steiner para o Programa Teoria da Educação Matemática. Entretanto, destaca-se que há breve discussão sobre a construção de quadro comparativo das visões da Educação Matemática como disciplina científica e como seria este desenvolvimento diante da possibilidade de casos produzidos por meta pesquisas.

¹ alvesmarluce20@gmail.com

² saddoag@gmail.com

Palavras-chave: Programa Teoria da Educação Matemática, aspectos filosóficos, aspectos epistemológicos, Educação Matemática, Disciplina Científica.

Abstract

The Theory of Mathematics Education (TEM) program, created by Hans-Georg Steiner, is discussed in its philosophical and epistemological aspects, and nine ideas and six theses that arose from the concern to systematize theories and methodologies for research in mathematics education, and its establishment as a scientific discipline. The methodological path taken was the bibliographic review of the texts written by the author. We conclude that in the last 10 years, there does not seem to have been much progress on the thinking expressed in the research outlined by Hans-Georg Steiner for the Theory of Mathematics Education Program. However, the research emphasizes that there is some discussion about the construction of the comparative chart of the views of mathematics education as a scientific discipline and how this development would be in the face of the possible cases produced by meta research.

Keywords: Theory of mathematics education program, Philosophical aspects, Epistemological aspects, Mathematics education, Scientific discipline.

Resumen

Se discute el Programa Teoría de la Educación Matemática (TEM), creado por Hans-Georg Steiner, en sus aspectos filosóficos y epistemológicos, y nueve ideas y seis tesis que nacieron de la inquietud por sistematizar teorías y metodologías para la investigación en Educación Matemática, y su establecimiento como disciplina científica. El camino metodológico seguido fue la revisión bibliográfica de los textos escritos por el autor. Se concluye que en los últimos 10 años no parece haber habido mucho progreso en el pensamiento expresado en las investigaciones esbozadas por Hans-Georg Steiner para el Programa de Teoría de la Educación Matemática. Sin embargo, es de destacar que existe una breve discusión sobre la construcción

de un cuadro comparativo de las visiones de la Educación Matemática como disciplina científica y cómo sería este desarrollo ante la posibilidad de casos producidos por la meta-investigación.

Palabras clave: Programa de teoría de la educación matemática, Aspectos filosóficos, Aspectos epistemológicos, Educación matemática, Disciplina científica.

Résumé

Le programme Théorie de l'Éducation Mathématique (TEM), créé par Hans-Georg Steiner, est abordé dans ses aspects philosophiques et épistémologiques, ainsi que neuf idées et six thèses nées du souci de systématiser les théories et les méthodologies de recherche dans l'enseignement des mathématiques, et de son établissement en tant que discipline scientifique. La voie méthodologique empruntée a été la revue bibliographique dans les textes écrits par l'auteur. Il est conclu qu'au cours des 10 dernières années, il ne semble pas y avoir eu beaucoup de progrès sur la pensée exprimée dans les recherches exposées par Hans-Georg Steiner pour le programme de théorie de l'Éducation Mathématiques. Cependant, il est souligné qu'il y a une brève discussion sur la construction du cadre comparatif des visions de l'Éducation Mathématique en tant que discipline scientifique et comment ce développement serait face à la possibilité de cas produits par la méta recherche.

Mots clés : Programme théorique d'Éducation Mathématique, Aspects philosophiques, Aspects épistémologiques, Éducation Mathématique, Discipline scientifique.

Programa Teoria da Educação Matemática (TEM) de Hans-Georg Steiner: aspectos filosóficos e epistemológicos

A limitação deste texto está no delineamento de nove ideias e seis teses propostas por H-G Steiner (1928-2004) para a construção do Programa Teoria da Educação Matemática – doravante Programa TEM. H-G Steiner foi um dos fundadores do Institut für Didaktik der Mathematik, além de ser um influente matemático alemão, professor da Universidade de Bielefeld, e um dos pioneiros a discutir sobre o desenvolvimento da Educação Matemática. A pesquisa do autor tinha como objetivo propor um programa para a área da Educação Matemática, e as relações profícuas que poderiam vir a ser estabelecidas no ensino e na pesquisa, bem como as consequências do seu estabelecimento como disciplina científica.

O estabelecimento da ideia sobre o Programa TEM ocorreu em 1985. Para este fim, neste texto discutem-se nove ideias e seis teses por meio das conferências proferidas e artigos escritos por H-G Steiner, bem como livros que têm como base a formação do Grupo de Trabalho TEM, que serviram como ponto de partida para reflexões, proposições e considerações sobre o desenvolvimento da Educação Matemática como disciplina científica, tal como pensado por H-G Steiner.

Este trabalho é de cunho qualitativo, apoiado em uma revisão bibliográfica delineada a partir do Programa TEM de H-G Steiner. O delineamento tem relação com planejamento de uma pesquisa desde a leitura e a interpretação dos dados coletados, até a explicação dos fenômenos estudados. A função do delineamento é criar condições para responder aos problemas de forma mais prática, em condições lógicas e teóricas. De natureza sistemática, a relevância está na escolha do procedimento para realização da coleta. Neste sentido, após a escolha da pesquisa bibliográfica com material já disponibilizado, fez-se um levantamento do material, a saber, artigos, livros e jornais. Este material foi revisado, selecionado e seus resultados foram resumidos neste artigo. Desta forma, apresentamos as evidências desta pesquisa em termos dos aspectos filosóficos e epistemológicos do Programa TEM.

O conceito comum que se tem conhecimento é como o produto das tradições epistemológicas do passado. Entre os filósofos, de Platão até o presente, existe, mais ou menos, um conceito de que o conhecimento exclui a ignorância, o erro e a opinião. Em uma demarcação epistemológica, há utilização de critérios que envolvem algumas reivindicações. Neste sentido, o conhecimento não seria apenas como um estado factual ou uma condição, mas um status que depende de normas, padrões que o definem. Trata-se não do que se deve fazer, mas das possibilidades de fazê-lo. Ao delinear nove ideias e seis teses, H-G Steiner (1985) demarcou epistemologicamente os fundamentos de validade do que denominou de Programa Teoria da Educação Matemática.

No que segue, tecemos algumas reflexões sobre essas nove ideias e seis teses. Além dessas ideias, realizamos um estudo sintético da Teoria de Educação Matemática de acordo com H-G Steiner, com base em diferentes pesquisas.

Programa TEM: nove ideias e seis teses

Em 1984, H-G Steiner escreve para área temática: “Teoria da Educação Matemática (TEM)” que foi apresentada e publicada em 1986 no International Commission on Mathematical – ICME – 5, com o subtítulo de “Uma abordagem abrangente dos problemas básicos na orientação, fundamento, metodologia e organização do ensino de matemática como um sistema interativo que compreende pesquisa, desenvolvimento e prática.” No referido artigo, o autor enfatiza que a

[...] Educação Matemática é um campo cujo domínio de referência e ação são caracterizados por extrema complexidade, como por exemplo: o complexo fenômeno “matemática” em seu desenvolvimento histórico e atual e suas inter-relações com outras ciências, áreas de prática, tecnologia e cultura; a complexa estrutura do ensino e escolaridade dentro de nossa sociedade; a alta diferenciação de fatores e condições do desenvolvimento do aluno individual cognitivo e social, e assim por diante. (Steiner, 1984, p. 293; 1985, p. 11) (tradução nossa)

Em cada ideia descrita na citação acima, existe uma variedade de ideias e diferentes públicos-alvo envolvidos, que além de representar um papel importante na discussão sobre a

TEM, revela outro aspecto específico da complexidade – na totalidade dos acontecimentos possíveis. Significa dizer que cada ideia acima delineada é um sistema e dentro de cada sistema, vários subsistemas evoluíram, podendo ter seu desenvolvimento eficaz ou não. A eficácia está intimamente relacionada com a interconexão e cooperação mútuas de trabalho dentro de cada subsistema. E a própria Educação Matemática, por um lado, como disciplina científica e campo profissional, é um desses subsistemas. Por outro lado, é também o único campo científico que se preocupa com o sistema total (Steiner, 1984).

Para elucidar a Educação Matemática como uma disciplina científica, em 1984, H-G Steiner concentrou sua argumentação em quatro ideias principais:

- a primeira ideia trata da visão sistemática, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade;

- a segunda é o questionamento: a Educação Matemática estaria em direção à Ciência Normal?

- na terceira, o autor trabalha a constituição de micro e macro modelos, meta paradigma, e o lugar da Educação Matemática como uma disciplina da Universidade;

- a quarta envolve as estratégias necessárias para o desenvolvimento do Programa TEM.

H-G Steiner, em 1985, escreve um artigo intitulado “Teoria da Educação Matemática: uma introdução”. Este artigo foi escrito tomando como base o tópico introdutório, organizado por este autor, para área temática da TEM, em Steiner (1984). Neste artigo, o delineamento do Programa TEM, as quatro ideias em Steiner (1984) foram ampliadas para nove:

- a primeira diz respeito à complexidade, às inter-relações e uma visão sistêmica para a Educação Matemática;

- a segunda se refere a diferentes visões da Educação Matemática como ciência;

- a terceira está voltada para Educação Matemática no caminho para “ciência normal”;

- a quarta foca as tarefas de integração da Educação Matemática: seu papel como ciência na universidade;

- a quinta enfoca os micro e macro modelos;

- a sexta discursa sobre as teorias familiares versus a interdisciplinaridade;

- a sétima trata da abordagem sistêmica, dos valores e do “Management Philosophy of Science”;

- a oitava focaliza a complementariedade, a atividade humana e meta-conhecimento: o papel da prática;

- a nona considera a TME como um programa em desenvolvimento com três componentes inter-relacionados: meta-pesquisa e desenvolvimento do meta-conhecimento; visão compreensiva envolvendo pesquisa, desenvolvimento e a prática por meio de abordagem sistêmica; desenvolvimento de um papel regulador dinâmico.

Considerando que as quatro ideias presentes no texto de Steiner (1984) estão contidas em Steiner (1985), discute-se o delineamento das nove ideias do Programa TEM.

A primeira ideia, Complexidade, as inter-relações, e uma visão sistêmica para a Educação Matemática (Steiner 1984;1985;1986;1987), tem inspiração em Niklas Luhmann (1984), sociólogo de Bielefeld – cidade onde nasceu -, um importante teórico alemão da contemporaneidade, que renova a ideia sobre a teoria dos sistemas baseada em uma mudança fundamental quando da distinção do todo e das partes, do sistema e entornos tendo como referência o conceito de complexidade. A obra de Niklas Luhmann (1984) retrata sua ambição teórica, e requer que o leitor tenha uma prática interdisciplinar e reflexão teórica avançada pela amplitude e multiplicidade de seu pensamento e dos objetos por eles estudados e apresentados em suas obras e, sobretudo, a universalidade teórica e metodológica, cuja incidência está presente em praticamente todas as disciplinas das ciências sociais e humanas, para além, portanto, da sociologia, por ele proposta (Santos, 2005).

Na perspectiva da teoria dos sistemas de Niklas Luhmann (1984), os sistemas tornam a teoria transparente, limitando-se a gerir o dia-a-dia da complexidade do mundo (Santos, 2005). O interesse de H-G Steiner, pela ideia de Niklas Luhmann (1984) reside em situar a teoria dos sistemas em uma perspectiva de disciplina científica que possibilita uma interessante reflexão sobre a primeira ideia, a complexidade. Nesta perspectiva, o autor assevera que

Uma abordagem sistêmica com as suas tarefas autorreferentes pode ser compreendida como um meta-paradigma organizativo para a Educação Matemática. Parece ser uma necessidade a fim, não só de lidar com a complexidade geral, mas também porque o caráter sistêmico se revela em todos os problemas particulares do campo [...] (Steiner, 1985, p.11. Tradução nossa)

Uma vez observados o fenômeno e as circunstâncias envolvidas, entender a sua complexidade significa perceber que existe a área Educação Matemática que é o todo, compreendido aqui como um sistema, e que esta área tem partes que a constituem que são os subsistemas e suas inter-relações. Pensar sobre uma visão sistêmica para a área possibilitaria olhar este sistema, ou seja, a área como um todo, e seus subsistemas. Neste caso, seria preciso levar em consideração a sua complexidade. Entretanto, não há garantia que os subsistemas atuem bem, pode faltar interconexão e cooperação mútua entre eles. Neste sentido, a área da Educação Matemática é caracterizada por extrema complexidade. Explicá-la como área complexa, perpassa, por certo, o oposto do significado do que vem a ser linear, ou do significado de determinismo. Seria admitir a Educação Matemática como disciplina científica e, ao mesmo tempo, um sistema social que compreende teoria, desenvolvimento e prática (Steiner, 1985).

Na segunda ideia, diferentes visões da Educação Matemática como ciência estão em jogo. As ideias de Steiner (1984;1985;1986;1987) levam em consideração, na pesquisa, os contextos em que acontecem a aprendizagem matemática e o pensamento matemático. Ambos estão incorporados ao sistema cognitivo do estudante, ao tema a ser estudado, e ao contexto em questão. Geralmente, o pesquisador concentra sua pesquisa ou na aprendizagem do

estudante ou no pensamento do estudante, e deixa de lado as interações entre a aprendizagem e o pensamento do estudante. O autor assevera que

[...] a educação matemática como ciência é possível e existe, encontra-se uma variedade de definições diferentes, por exemplo, o estudo das relações entre matemática, indivíduo e sociedade; a reconstrução da matemática do tempo presente em um nível elementar; o desenvolvimento e avaliação de cursos de matemática ensináveis; o estudo do conhecimento matemático, seus tipos, representação e crescimento; o estudo do comportamento matemático de aprendizagem das crianças; o estudo e desenvolvimento de competências de professores; o estudo de comunicação e interações na sala de aula, etc. conexão com essas e outras interpretações a educação matemática é diferentemente diferenciada: como um campo especial de matemática, como um ramo especial da epistemologia, como um ciência da engenharia, como subdomínio da pedagogia ou didática geral, como ciência social, como ciência de fronteira, como uma ciência aplicada, como uma ciência fundamental etc. [...]. (Steiner, 1985, p. 11. Tradução nossa)

Esta ideia das diferentes visões da Educação Matemática como ciência reflete também na reação à complexidade, nos problemas relacionados à pesquisa e ao ensino. A Educação Matemática admite uma interpretação dialética como disciplina científica e como sistema social interativo que compreende o desenvolvimento da teoria e prática. H-G Steiner (1985) volta a trabalhar com as ideias de Niklas Luhmann (1984) ao propor a ideia de complementaridade para compreender as diversas visões da Educação Matemática como ciência.

Paralelo e complementar ao esforço para elaborar a Educação Matemática como disciplina científica, H-G Steiner depara-se com a multiplicidade de visões da ciência. Por este motivo, o desafio é reduzir a complexidade nos problemas relacionados à pesquisa e ao ensino, por meio da complementariedade. A decisão, neste sentido, é componente essencial na concepção de ciência que se tem, por exigir mecanismos de redução eficazes, restritos à investigação científica em relação ao uso de estratégias para solucionar problemas na prática de pesquisa.

Niklas Luhmann (1984) propõe a manutenção das diferentes concepções de referências dos conceitos fundamentais, a diversidade de estilo de argumentação das teorias a ponto de

intensificar a realização de trabalho comum que reduza a complexidade. Neste sentido, os sistemas poderiam evoluir para solucionar os problemas, e constituir subsistemas e seus problemas condicionalmente ligados entre si e suas possibilidades de solução. A complementariedade é a própria especificação de tornar possível e dar sentido aos problemas relacionados à pesquisa e ao ensino, sugerindo, portanto, em um contexto científico pluralista, a possibilidade, ou até a probabilidade, de diferentes teorias, e mais ainda, em diferentes disciplinas, determinar o seu objeto de maneira diferente (Santos, 2005).

Em um entendimento mínimo, pode transparecer que não é importante discutir a natureza (ou a essência) do objeto, mas sua(s) fronteira(s). Esta ideia leva a refletir sobre o lugar da metodologia na prática de pesquisa. Pensando em sistemas, a metodologia poderia ser um sistema complementar cujos procedimentos foram elencados para interpretar e pontuar uma formulação específica do modelo a partir da descrição dos fenômenos observados dentro do sistema ou subsistema.

A proposta de H-G Steiner (1985), inspirada pelo modelo de Niklas Luhmann (1984), possibilita evidenciar que pensar em sistemas ou subsistemas consistiria na articulação operatória entre a visão de ciência e o desenvolvimento da prática de pesquisa e do ensino, podendo reduzir a complexidade por meio da complementariedade, e assim adquirir o caráter de generalidade. O caráter de generalidade suscita algumas dúvidas em relação aos problemas de natureza empírica, como por exemplo, a interferência dos atores quando interpretada na pesquisa. Neste sentido, segundo Niklas Luhmann, (1984) uma vez que os sistemas nunca funcionam como agentes de racionalidade, sugere o uso de uma teoria que estimule a complexidade. Esta ideia remete a processos de negociação do limite do processo de decisão e adoção de critérios que implicam na regularização do sistema e sua estabilização.

A reação à complexidade do ensino de matemática, seja por pragmatismo não científico ou por redução da complexidade, favoreceu aspectos e paradigmas de pesquisa de disciplinas

próximas, chegando perto da Ciência Normal (Steiner, 1987). Esta é a terceira ideia, Educação Matemática no caminho para “ciência normal.” Para entender as ideias de H-G Steiner sobre o status da Educação Matemática que se aproxima da ciência normal, como Thomas Kuhn (1922-1996) apresenta, é preciso compreender a relação entre teoria e a prática.

Segundo Steiner (1985, p.15, *apud* Kuhn, 1998, p.24), a ciência normal, atividade na qual a maioria dos cientistas empregam inevitavelmente quase todo o seu tempo, é baseada no pressuposto de que a comunidade científica sabe como é o mundo. A posição da ciência normal significa que a pesquisa está

[...] firmemente baseada em uma ou mais realizações científicas passadas. Essas realizações são reconhecidas durante algum tempo por alguma comunidade científica específica proporcionando os fundamentos para sua prática posterior. O termo realizações também está delineado no modelo de Niklas Luhmann. (Santos, 2005)

As realizações são as possibilidades de estipulação e clarificação da origem do sistema, e onde é possível fazer enunciados sobre a estrutura do sistema. A depender da visão e concepção de ciência, o pesquisador terá uma visão complexa da sua prática, e como consequência, não terá sua prática de pesquisa finalizada.

O esforço de análise revela-se na prática de pesquisa no momento de pensar sobre a necessidade de realizações, sobre a abstração do conceito de sistema como conceito fundamentalmente teórico trabalhado pelo pesquisador, e todas as determinações que podem levar as pesquisas para várias proposições, resultados, aparatos metodológicos diferentes e reciprocamente permutáveis. Por certo, a complexidade seria reduzida em virtude da necessidade da seletividade do comportamento da prática de pesquisa do educador matemático. Mas, por causa do sistema, a informação poderia ser ordenada, o que justificaria um processo seletivo como reforço de que não desintegram todas as informações coletadas e que se tenha que começar tudo novamente. Pontua-se, entretanto que, os mecanismos de seleção escolhem realizações úteis, o que acaba definindo o limite da pesquisa.

A teoria proposta por Thomas Kuhn (1998) para explicar o desenvolvimento das ciências da natureza aplicada à Educação Matemática é controversa e contestável. Por certo, esta forma de pensar deve-se ao fato de que, entendendo paradigma como um artefato para solução de enigmas ou quebra-cabeças, seria um manual de instrução para que a resolução do problema tenha êxito. Neste sentido, a Educação Matemática precisaria seguir determinadas regras e padrões advindos de outras áreas, correndo o risco de ser reduzida. Entretanto, isso não significa dizer que não devam existir diálogos entre as áreas. Mas, para os fenômenos próprios da área, seria preciso constituir um esforço com a pretensa oposição entre a aproximação entre os métodos da ciência social e das ciências naturais, mostrando que as metodologias de pesquisas não são excludentes ou antagônicas (Miguel, 2003), e comparar a Educação Matemática com ciência estabilizada e com desenvolvimento em direção à “ciência normal.”

As tarefas de integração da Educação Matemática, seu papel como ciência na universidade é a quarta ideia delineada por Steiner (1985). Niklas Luhmann (1984) trabalha o conceito de tarefa como as elaborações de informações em que há soluções corretas que eliminam um determinado problema. Por um lado, o papel da Educação Matemática na universidade, em geral, tem como proposta providenciar tipos de pesquisas especializadas. Portanto, o papel da ciência na sociedade e na universidade não seria adequadamente descrita somente como campo de pesquisa. Neste sentido, pode-se propor como “aspecto constitutivo” da área como campo de pesquisa, no qual muitos pesquisadores em Educação Matemática, altamente qualificados, além de trocar informações entre instituições, programam em suas universidades diferentes modelos de formação de futuros pesquisadores para área.

Por outro lado, a Educação Matemática tem desenvolvido uma sensibilidade considerável com respeito aos objetivos sociais subjacentes, atualização de muitas dimensões negligenciadas na matemática: a filosófica, a histórica, a humana, o social e a didática. Isso

implica que a Educação Matemática não deve ser exclusivamente determinada pelo papel da formação do professor, mas tem uma tarefa didática mais ampla como uma orientação para ambos: pesquisa e ensino. Ou seja, “aspecto formativo” como consequência do “aspecto constitutivo,” por se referir aos caminhos que podem e devem ser traçados para a formação dos novos pesquisadores da área.

A crítica em relação à orientação da Educação Matemática em direção à “ciência normal” favorece a necessidade de uma compreensão abrangente de inter-relação entre os vários aspectos e contextos, e como consequência, a necessidade de um quadro teórico ou de um meta-paradigma – reflexão sobre um conjunto de conceitos -, que combine seletividade e unidade – objeto de estudo. (Steiner, 1985). No pensamento de Niklas Luhmann (1984), encontra-se a explicação sobre seletividade. Para este autor, o conceito de processo caracteriza a facticidade de acontecer a seletividade, ou seja, o estabelecimento de fronteiras. O conceito de sistema designa o necessário estabelecimento de fronteiras. Logo, os processos são sistemas que, com o reforço da seletividade, reduzem a complexidade e, assim, definem a fronteira e determinam sua existência.

A quinta ideia delineada por Steiner (1985) tem inspiração em Niklas Luhmann (1984), onde o autor descreve a Educação Matemática como um sistema que se decompõe em subsistemas, elementos (são acontecimentos) e relações (relacionamento). A noção de sistema é central no pensamento de Niklas Luhmann (1984), que transporta das Ciências Sociais conceitos de diversas disciplinas científicas. Neste sentido, os subsistemas da Educação Matemática, para H-G Steiner no Programa TEM são a Matemática, a História, a Sociologia, a Psicologia, dentre outras que possam vir a incorporar novos conceitos e significados para a Educação Matemática.

A leitura sobre as ideias de H-G Steiner da Educação Matemática como disciplina científica, é que faltaria à Educação Matemática uma concepção teórica global, conjunta que

reflita a unidade da sua especialidade, enquanto área. H-G Steiner (1985) explica a Educação Matemática como disciplina científica tal como sistemas que possuem determinadas estruturas – com todos os aspectos que envolvem a realização de uma pesquisa -, em seguida as realizações que são produzidas para manter o próprio sistema. Neste sentido, os sistemas têm subsistemas que são intrínsecos ao sistema que concerne à relação entre a parte e o todo. Portanto, esta ideia evidencia que a diversidade dos processos de ensino e aprendizagem (subsistemas) constituem a multiplicidade dos problemas que neles ocorrem, e a multiplicidade dos meios de solução. Isto significa dizer que em mão dupla, estabelece as suas fronteiras do ponto de vista do observador, que é aquele que é capaz de decompor a unidade de uma multiplicidade em elementos e relações. Ou seja, desta forma, H-G Steiner (1985) explica o Programa TEM.

Inspirado em Richard Skemp (1989), H-G Steiner também trabalha a noção de seletividade como forma de evitar que partes não faltosas do sistema sejam esquecidas indevidamente. A ideia de unidade e seletividade liga-se à quinta ideia de micro e macromodelos inspirada no educador matemático Richard Skemp (1989, apud Steiner, 1985). Richard Skemp (1989) considerou que para resolver a dificuldade de aprendizagem matemática do estudante, são necessárias investigações que conduzam a micromodelos, detalhes do conhecimento a ser aprendido, que possam trabalhar pormenores (unidade) da aprendizagem matemática, e macromodelos, onde os micromodelos se ajustam e em algum ponto garantam interioridade (seletividade). (Skemp, 1989 *apud* Steiner, 1985). O autor afirma que há

[...] duas maneiras complementares pelas quais isso pode acontecer. O primeiro é o fornecimento de uma macro-framework, relacionando significativamente os muitos aspectos da educação matemática: cognitiva, emocional, interpessoal e os objetivos dos alunos, os objetivos dos professores, pais, contribuintes, empregadores. O segundo é por mútua assimilação desses micromodelos. Como contribuição para ajudar a isso, gostaria de explicitar o que considero três requisitos, necessários, mas não suficientes. São eles: modelos são do mesmo tipo; os pesquisadores têm objetivos semelhantes; pesquisadores se reúnem e discutem. (Skemp, 1989 *apud* Steiner, 1985, p. 13, tradução nossa)

Portanto, os pesquisadores devem investigar quais os exemplos de macromodelos que existem em Educação Matemática, quais os seus propósitos, se existem tipos análogos, se objetivos similares são condições necessárias quando se opõem às formas dialéticas e complementarísticas de lidar com modelos aparentemente contraditórios e com posição controversa, e se os diálogos entre os pesquisadores apontam para uma perspectiva sistêmica (Steiner, 1985). A distinção entre micro e macromodelo especifica a autonomia conceitual e relações interdisciplinares dentro do sistema.

As Teorias familiares versus a interdisciplinaridade constituem a sexta ideia trabalhada por H-G Steiner (1985), que se inspirou na fala de Jeremy Kilpatrick (1981) sobre Pesquisa em Aprendizagem Matemática, na conferência do Psychology of Mathematics Education em 1981, que discutiu a falta de atenção a teoria nas investigações desenvolvidas nos EUA, a apropriação de teorias de outras disciplinas, e a falta de teorias internas. Neste sentido, H-G Steiner (1985, p. 13, tradução nossa) afirma:

[...] Eu acho que haveria o risco de restrições inadequadas em insistir no ensino de matemática no uso de teorias caseiras. A natureza do assunto e seus problemas exigem abordagens interdisciplinares e seria errado não fazer uso significativo do conhecimento que outras disciplinas já produziram sobre aspectos específicos desses problemas ou seria capaz de contribuir em uma cooperação interdisciplinar. Na verdade, a interdisciplinaridade não significa primariamente emprestar teorias prontas do exterior e adaptá-las à condição de disciplina escolar matemática. Existem interrelações muito mais profundas entre as disciplinas.

Ao trabalhar a ideia sobre a Epistemologia das Relações Interdisciplinares baseada na filosofia estruturalista de Jean Piaget (1979), a interdisciplinaridade é como pré-requisito do progresso de investigação, uma vez que a ciência não se desenvolve em um nível apenas, mais cedo ou mais tarde, irá desenvolver sua própria epistemologia. Em Educação Matemática, existem várias disciplinas referenciais que são ou deveriam estar inter-relacionadas. Para

identificar o problema do trabalho interdisciplinar, a Educação Matemática possui uma função reguladora e organizacional essencial denominada por Jean Piaget (1979) de transdisciplinaridade. (Steiner, 1985)

[...] Finalmente, podemos esperar ver um estágio superior sucedendo o estágio das relações interdisciplinares. Isso seria "transdisciplinaridade", que não apenas cobriria interações ou reciprocidades entre projetos de pesquisa especializados, mas colocaria essas relações dentro de um sistema total, sem limites firmes entre as disciplinas. Quanto à definição do que esse conceito deveria cobrir, obviamente seria uma teoria geral de sistemas ou estruturas, incluindo estruturas operativas e sistemas probabilistas, e ligando essas várias possibilidades por meio de transformações reguladas e definidas. [...]. (Piaget, 1979, *apud* Steiner, 1985, p. 14, tradução nossa)

Existe uma prática já estabelecida que, dada uma determinada terminologia, deve-se começar definindo-a, bem como suas possíveis distinções. Um exemplo disso, é a palavra interdisciplinaridade, que possui definição próxima da transdisciplinaridade.

Segundo Piaget (1979), para entender a natureza da interdisciplinaridade é necessário distinguir três níveis, dependendo do grau de interação entre seus componentes. A multidisciplinaridade é o nível inferior, e ocorre quando o problema requer obtenção de informações de uma ou mais ciências sem que as disciplinas envolvidas sofram alterações. No segundo nível, o termo interdisciplinaridade é utilizado para designar a cooperação entre várias disciplinas e setores homogêneos de uma mesma ciência, que levam a interações reais produzindo reciprocidade, intercâmbio e enriquecimento mútuo, em que a fragmentação da ciência depende dos limites da observação do contexto. O terceiro nível diz respeito às relações interdisciplinares situadas em uma etapa superior que transporta a transdisciplinaridade que não apenas cobriria as investigações entre projetos de pesquisa, mas colocaria as relações dentro de um sistema que não tem fronteiras sólidas entre as disciplinas científicas.

Neste sentido, falar sobre a epistemologia das relações interdisciplinares é analisar a forma como a teoria foi formulada, especificadamente em Educação Matemática, verificando no seu interior as condições de estabelecer trocas com outras disciplinas. Esta proposta de H-

G Steiner (1985) evidencia que podem existir formulações reconhecidas como interdisciplinares que determinam a produção de conhecimentos em Educação Matemática como aporte epistemológico, reduzindo a complexidade e evolução do sistema. Ou seja, por meio de relações interdisciplinares, as disciplinas dão suporte à Educação Matemática no estabelecimento de critérios, métodos, conceitos, que se incorporam em seu interior, em uma constante dialogicidade.

Concorda-se com H-G Steiner (1985) quando se observa que a Educação Matemática poderia, ao invés de restringir a sua base teórica própria e interna, formular exigência interna às disciplinas cooperantes. Isso significa dizer que a Educação Matemática teria uma função reguladora transdisciplinar, uma meta-competência na relação com estas disciplinas cooperantes.

A Educação Matemática como sistema não estaria baseada nas relações de vizinhança com determinada disciplina, mas na intensificação das relações interdisciplinares nascidas dentro do sistema. A interdisciplinaridade tem como propósito responder à complexidade dos problemas. O termo transdisciplinar, historicamente, significa a busca pela integração sistemática de conhecimentos, mas pode denotar a busca por unidade de um determinado conhecimento, ou os caminhos possíveis para integrar um determinado conhecimento que é considerado como fragmentado, a pesquisa em Educação Matemática.

A sétima ideia trabalha a abordagem sistêmica, os valores, e o “management philosophy of Science.” Jean Piaget (1979) discute a transdisciplinaridade nas ideias adotadas por Erich Jantsch (1972) em uma “perspectiva sistêmica integrada da ciência, educação e inovação.” Jantsch (1972 apud Steiner 1985) utiliza a noção de “criar um mundo antropomórfico” como um valor objetivo e base para este sistema dinâmico. Para que estes valores e objetivos possam ser instaurados, as ciências e suas relações internas e externas devem ser compreendidas de forma não independente dos processos sociais de transmissão e decisão.

Esta ideia refere-se à *management philosophy* de Charles West Churchman (1968) como verdadeiro fundamento da ciência, reforçada por Steiner, quando afirma que

Uma abordagem sistêmica [...] teria em consideração a ciência, a educação e a inovação, acima de tudo como exemplos gerais de atividade humana deliberada, cujas interações dinâmicas têm vindo a exercer uma influência dominante no desenvolvimento da sociedade e do seu ambiente. O conhecimento seria visto aqui como uma forma de proceder, certo modo de gerir as atividades. (Jantsch, 1972, *apud* Steiner, 1985, p.16)

Erich Jantsch (1972) propõe uma orientação por valores e objetivos, e por este motivo, o pensamento é um fator importante para uma perspectiva sistêmica da Educação Matemática, partindo do pressuposto que a Matemática, como outras ciências, não é uma atividade humana independente de valores.

A outra questão é que a *management philosophy of science* de Charles West Churchman (1968) se aplica à Educação Matemática como disciplina autorreflexiva que desempenha uma função reguladora na pesquisa interdisciplinar e na interação entre a teoria e a prática. (Steiner, 1985)

Charles West Churchman (1968) é um pioneiro na área de pesquisa operacional. Trabalha a ideia de sistema como um todo organizado complexo, um conjunto de partes para realizar uma determinada finalidade. Enxergar a organização como sendo processos é trabalhar com o enfoque sistêmico. O autor trabalha um sistema contando a história de cegos que tocam o elefante em diferentes partes para tentar descrevê-los. Cada cego, ao tocar um elefante, coloca o tom das diferentes reflexões e compreensões que se pode ter para captar a realidade. Das várias reflexões que surgiram dos cegos ao descrever o elefante, cabe enfatizar que cada um descreve uma parte, e por percorrer apenas aquela parte do elefante, a sua reflexão é limitada. Logo, a sensatez obrigaria a levar em consideração a experiência do outro (Oliveira, 2013).

Em 1987, H-G Steiner escreve o artigo intitulado “Aspectos filosóficos e epistemológicos da matemática e suas interações com teoria e prática em Educação

Matemática.” O artigo é baseado na Conferência Internacional do grupo Psychology of Mathematics Education – PME, que aconteceu em 1985. Neste texto, o autor evidencia que posições filosóficas e teorias epistemológicas relacionadas com o logicismo, formalismo, construtivismo, estruturalismo e empirismo têm influência significativa em Educação Matemática. Mas esta influência não se aplica ao desenvolvimento do currículo, à metodologia de ensino, ao trabalho teórico e à pesquisa empírica relacionada ao processo de aprendizagem de matemática. Esta é a oitava ideia que diz respeito à complementariedade, atividade humana, meta-conhecimento e o papel da prática.

Segundo H-G Steiner (1987, p. 7), Seymour Papert (1928-2016) , por meio de uma tempestade de ideias, escreve que a estrutura mãe da teoria Bourbaki (1935-?) é a teoria da aprendizagem, cuja afirmação pode não ser verdadeira. Porém, em um caminho similar à filosofia de Platão (428 a.C.) e Proclus (?), os Elementos de Euclides, com ontologia idealista e sua ênfase na dialética entre análise e síntese, começam como “Pedra angular da ciência matemática” para compreender os elementos do pedagógico matemático e a teoria da aprendizagem. Esta ideia pode ser tratada por meio da História da Matemática e sua filosofia concomitante. H-G Steiner (1985, p. 7) pontua que, por certo, não só vale para filosofias matemáticas globais, “mas parte de uma visão epistemológica de conceitos matemáticos, tal como a fundamentação teórica do conceito de função, a interpretação lógica de variáveis como espaços reservados, a interpretação da Geometria em termos do Felix e o programa Erlanger.”

O princípio de complementariedade é inspirado em Niels Henrik David Bohr (1885-1962), um físico que buscou explicar que um fenômeno é a descrição daquilo que deve ser observado, e do equipamento usado para obter a observação. Ou seja, a essência da ideia de Niels Bohr é que não é possível acomodar as dicotomias, mas descobrir as complementariedades das representações dos eventos em linguagens tão diferentes. A complementariedade seria, então, uma estratégia metodológica para

[...] enfatizar o conflito conceptual, como uma preparação necessária para sua resolução. Niels Bohr queria entender a unidade do conhecimento baseada na complementariedade vista como a realização de descoberta da inter-relação entre todas as áreas do conhecimento. (Jantsch, 1972, p. 21)

A maioria das falsas dicotomias, tais como técnica e compreensão, desenvolvimento de estruturas e resolução de problemas, axiomática e construtivismo, matemática pura e aplicada, representam pares de posições aparentemente opostas que podem ser seguidas ao longo da história da Matemática e da Educação Matemática. A teoria e a prática têm sido tratadas de forma reducionista, ou atribuí-se domínio absoluto para um ou para o outro polo, ou se adota uma posição multipolar, sem compreensão da operacionalização das relações antagônicas subjacentes relacionadas com o problema epistemológico na relação entre conhecimento e atividade, que é o cerne das complementariedades (Steiner, 1985).

A complementariedade acaba por ser uma adequada ferramenta que compreende as diferentes relações entre os diferentes tipos e níveis de conhecimento e atividade, como aparece na contraposição: “teoria científica vs. conhecimento cotidiano,” “meta-conhecimento vs. conhecimento primário,” “empírica vs. formal,” “o pessoal vs. o social,” “percepção vs. cognição” etc., e como eles regulam e controlam problemas do sistema de teorias. O conceito de complementariedade tem papel nos fundamentos da Psicologia Cognitiva.

No V International Congress on Mathematical Education – ICME, H-G Steiner apresentou a nona ideia, a TEM e os três componentes inter-relacionados (Steiner, 1987, p. 46):

1. A identificação e a elaboração de problemas básicos na orientação, na fundamentação, na metodologia, e na organização da Educação Matemática como disciplina;
2. O desenvolvimento de uma abordagem abrangente para a Educação Matemática em sua totalidade quando visto como um sistema interativo compreendendo a pesquisa, o seu desenvolvimento e a prática;

3. Investigação autorreferente e a meta-investigação relacionada com a Educação Matemática fornecem informações sobre o estado da arte, sobre situações problemas, e as necessidades da disciplina em respeito às diferenças regionais e nacionais.

H-G Steiner argumentou de forma convincente por uma abordagem interdisciplinar e transdisciplinar do ensino da matemática e por uma integração da educação matemática; a filosofia e história da matemática; análises didáticas específicas do assunto; pesquisa curricular; formulário de pesquisa psicologia cognitiva; e teorias de ensino e aprendizagem. A criação do grupo de estudos e do programa teve como objetivo apoiar esse desenvolvimento (por exemplo, ver STEINER, 1987). Ao fundar o grupo internacional "Teorias da Educação Matemática (TEM)" em Adelaide em 1984, o autor preocupava-se com a pesquisa em uma visão sistêmica, como anteriormente descrito, sobre os três componentes inter-relacionados, delineados acima.

Em 1987, no artigo, "Um Sistema de abordagem para Educação Matemática," H-G Steiner trabalha o segundo componente inter-relacionado. O autor assume uma visão abrangente da educação matemática - ou seja, um tipo de meta-paradigma para ajudar a elaborar e coordenar suas interdependências características – que pode ser encontrada em uma abordagem sistêmica que seria construída sobre os conceitos de atividade humana e interação social. Inspirado em Churchman (1968), que se inspirou em Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716), H-G Steiner (1987, p.7) assevera que o conhecimento é “uma maneira de fazer, uma certa maneira de administrar as coisas,” e quando o homem sabe usá-lo consegue melhorar o sistema. Discute sobre o conhecimento e o insight que deve emergir do programa TEM: um meta-conhecimento sobre o conhecimento atual e sua prática de pesquisa.

H-G Steiner, ao discutir sobre o princípio da complementaridade aplica esta ideia à relação entre conhecimento e meta-conhecimento na pesquisa em Educação Matemática. Um conceito matemático, por exemplo, é parte de uma teoria, e por certo existe uma

complementaridade entre o conceito como um objeto e o conceito como ferramenta. Ou seja, um processo cíclico durante o qual o conceito pode tomar o papel ora como ferramenta para resolver um problema, ora como um objeto dentro de um determinado saber. Elaborou uma visão compreensiva da Educação Matemática, um tipo de meta-paradigma, para coordenar um sistema com características interdependentes, mas que se inter-relacionam na construção do Programa da TEM. Uma visão compreensiva da área envolve pesquisa, seu desenvolvimento e a prática por meio de visão sistêmica.

Em seus escritos, H-G Steiner (1987) enfatizava a importância da análise teórica de sistemas e estruturas conceituais de uma disciplina. Neste sentido, inspirava-se em Churchman (1968), que filosoficamente apontava, por um lado, para os desenvolvimentos recentes nos fundamentos e na epistemologia das ciências, em particular da matemática. E, por outro lado, os assuntos que integram uma ciência em um sistema de decisão devem incluir problemas de valores e ética.

O terceiro componente interrelacionado, está delineado no artigo intitulado “Teoria da Educação Matemática: uma introdução,” de 1985. Este componente estava em construção por Lilpatrick (Steiner, 1985). Para este autor, existe uma necessidade de a academia dedicar atenção à investigação sobre a reflexão do pesquisador sobre as suas próprias atividades de investigação. Investigação autorreferente assim é definida (Scriven, 1980 apud Steiner 1985). A reação para esta questão é considerar a Educação Matemática como um campo subjetivo, pragmático, limitado à uma interpretação do ensino da matemática como arte, e neste sentido, nunca se tornaria uma ciência.

Outra reação seria reduzir de forma sistemática a complexidade da área selecionando um determinado aspecto, como análise de conteúdo, currículo, métodos de ensino e desenvolvimento de capacidades nas crianças como especificidades determinantes da área. Isto acontece quando as várias disciplinas de referência como matemática, epistemologia,

pedagogia, psicologia, sociologia, ou teorias, métodos em uma destas disciplinas, buscam um papel preferido e dominante para estabilizar orientações básicas e métodos de pesquisa em Educação Matemática (Steiner, 1985).

Tomada como esforço científico para descrever e analisar o ensino e a aprendizagem de matemática, H-G Steiner tinha em mente que a Educação Matemática, recorrendo às mais variadas áreas, traria como consequência uma variedade de abordagens metodológicas, tanto de ensino quanto de pesquisa. Neste sentido, a Educação Matemática precisava organizar sua própria abordagem para o problema e explorar o conhecimento disponível das áreas vizinhas.

Panorama da TEM de H-G Steiner: outras pesquisas

Em 1994, Rolf Biehler, Roland W. Scholz, Rudolf Strässer e Bernard Winkelmann foram os editores do livro “Didática da Matemática como disciplina científica,” dedicado aos 65 anos de vida de H-G Steiner, como também aos seus 20 anos no Instituto IDM. Os artigos oferecem um estado da arte, com contribuições originais que buscam contemplar o objeto do trabalho de H-G Steiner, a saber, a Educação Matemática como disciplina científica. Está dividido nos seguintes capítulos: Preparando Matemática para Estudantes; Formação de Professores e Pesquisa em Ensino; Interação na sala de aula; Educação Tecnológica e Matemática; Psicologia do Pensamento Matemático; Didática Diferencial História e Epistemologia da Matemática e Educação Matemática; Enquadramento Cultural do Ensino e Aprendizagem de Matemática.

Os primeiros cinco capítulos, citados no parágrafo anterior, foram aceitos como subdisciplinas, diante da diversidade de referências e objetos de estudos comuns. Os autores criaram o conceito de Didática Diferencial, em analogia à Psicologia Diferencial, colocando o foco sobre as pesquisas de gênero, minorias culturais e diferentes grupos de alunos. Os quatro primeiros capítulos foram construídos para tratar as práticas que exigem trabalho de elaboração e construção, como por exemplo: currículo, livro didático, programa de formação de

professores, desenvolvimento de software, entre outros. Houve uma tentativa, nos quatro capítulos iniciais, de aprofundar a compreensão sobre a teorização, reflexões sobre a metodologia de pesquisa, reflexões destas práticas e racionalização, que, em sentido duplo, é refletir sobre os objetivos, como também tornar eficiente os instrumentos metodológicos (Biehler, et.al. 1994).

Os capítulos do 1 ao 4 estão mais próximos do ensino e aprendizagem em sala de aula, e são trabalhos que variam de posições analíticas até as posições baseadas em pesquisa. Os capítulos 5 ao 8 enfatizam os aspectos analíticos, e são trabalhos que refletem problemas de aprendizado, conhecimento e cultura relacionados ao ensino de matemática. Neste sentido, de um ponto de vista sistêmico, os capítulos concentram-se em subsistemas, partindo do conhecimento a ser ensinado: matemática (Biehler et.al., 1994).

A Educação Matemática recorre as várias disciplinas, como a ciências da educação, psicologia, epistemologia, história, entre outras, e como consequência uma variedade de abordagem metodológica tanto de ensino, quanto de pesquisa, dentre outros assuntos relacionados à área. H-G Steiner (1984;1985;1986;1987), ao aprofundar sua pesquisa sobre a área, buscou, em um esforço científico, explorar o conhecimento disponível nas outras ciências para construção de uma abordagem sistematizada própria para a Educação Matemática. A autorreflexão sistemática sobre a Educação Matemática como disciplina científica era uma ação inadiável para o crescimento e amadurecimento da área. Outros textos foram publicados em todo mundo, apresentando a complexidade dos problemas da área, mostrando a variedade de tradições de pesquisa.

Em 2005, Bharath Sriraman e Lyn English escrevem um artigo intitulado “Teorias da Educação Matemática: uma pesquisa global de referenciais teóricos/tendências na pesquisa em educação matemática.” Os autores dialogam sobre o papel das teorias em Educação Matemática, a contribuição de H-G Steiner (1985), e as atividades de vários grupos intencionais

descrevendo as posições e questões abordadas pelos pesquisadores da educação matemática no fórum de pesquisa sobre Psicologia da Educação Matemática que aconteceu em 2005 em Melbourne, na Austrália.

Os autores afirmam que a concepção e preferência por uma TEM influenciam a estrutura da pesquisa, do pesquisador, bem como os cursos universitários promovidos por Educadores Matemáticos. Uma pergunta recorrente na comunidade é se a pesquisa em Educação Matemática é ou não uma disciplina científica, semelhante às ciências exatas. Para este fim, existe uma proposição para que um dos objetivos da pesquisa em Educação Matemática venha a ser o de gerar modelos, e desta forma muitos estudos possam contribuir para o desenvolvimento de uma teoria (Sriraman; English, 2010). A visão abrangente de H-G Steiner pode vir a fazer pontes entre tradições teóricas que são independentes em diferentes regiões do mundo.

Günter Törner e Bharath Sriraman escreveram, em 2006, o artigo intitulado “O programa TEM Steiner de 1987: onde estamos hoje?” E, em 2007, o artigo intitulado “Uma análise contemporânea das seis teses teóricas da Educação Matemática de H-G Steiner.” Em ambos os textos, os autores discutem sobre as seis teses apresentadas por H-G Steiner (1987) que são fundamentais para quem se interessa em teorias e filosofias da Educação Matemática. H-G Steiner (1987) enfatizou que a filosofia é parte integrante da Matemática como subdisciplina, e que posições filosóficas são aceitas amplamente, por influenciar a visão do docente ou pesquisador de matemática e seu ensino.

Em 1987, H-G Steiner escreveu que teria 12 teses para apresentar, mas que por hora discutiria seis. Neste sentido, ao escrever as seis teses, H-G Steiner destacou sobretudo a ênfase pela sua tentativa de organizar os aportes filosóficos na estrutura do ensino e aprendizagem da matemática.

Na Tese 1, H-G Steiner (1987, p. 8) afirma que “[...] concepções, epistemologias, metodologias, filosofias da matemática mais ou menos elaboradas contêm, muitas vezes, de maneira implícita, ideias, orientações ou origem para temas relacionados ao ensino e aprendizagem da matemática.” Esta tese revela que H-G Steiner (1987) estaria interessado em sistematizar historicamente as filosofias da matemática que determinaram as abordagens didáticas do ensino e aprendizagem da matemática. Seu interesse estava também em avaliar as teorias sobre o ensino e aprendizagem da matemática e descobrir quais as adequações filosóficas que dariam a base, como elemento fundador, da construção de uma matemática pedagogicamente orientada. Na tese 2, o autor afirma que:

Conceitos para o ensino e aprendizagem de matemática - mais especificamente: metas e objetivos (taxonomias), programas de estudos, livros didáticos, currículo, metodologias de ensino, princípios didáticos, teorias de aprendizagem, projetos de pesquisa em educação matemática (modelos, paradigmas, teorias, etc.), mas também as concepções dos professores sobre matemática e ensino de matemática, bem como as percepções dos alunos sobre matemática - podem estar com eles ou até mesmo descansar (muitas vezes de maneira implícita) em visões filosóficas e epistemológicas particulares da matemática. (Steiner, 1987, p. 8, tradução nossa)

A Tese 2 é um tipo de inversão da Tese 1, cuja ligação é uma correspondência profunda entre percepção intelectual e aprendizado, entre estruturas de ensino e aprendizado e a estrutura de conhecimento. Trata-se de uma tese sobre a pesquisa, concepções e crenças que os professores têm da matemática e do ensino de matemática, as origens dessas concepções e como elas estão relacionadas ao trabalho e à prática dos professores. A ênfase as metas e objetivos da Educação Matemática em conexão com as habilidades ou competências matemáticas (Steiner, 1987).

Na Tese 3, ainda afirma que “[...] não existe uma filosofia distinta, constante e universal da matemática, deve-se avaliar as filosofias da matemática de acordo com sua inadequação para objetivos e propósitos específicos e desenvolver critérios para avaliação. [...]” (p.10). Refere-se à identificação e elaboração de relações entre diferentes filosofias, em particular, à

complementariedade, alguns de natureza epistemológica bastante geral, enquanto outros parecem estar mais relacionados a domínios específicos do ensino e aprendizagem (Steiner, 1987, p. 10).

A Tese 4, é consequência das teses anteriores. O autor afirma que

Para a educação matemática, deve-se preferir e elaborar filosofias da matemática que respeitem especialmente os seguintes aspectos: diferentes formas e condicionalidades do conhecimento matemático, meios e modos de representação e atividades, relações entre desenvolvimentos subjetivos e objetivos do conhecimento (complementariedade, obstáculos, dinâmica), relação do conhecimento matemático com outro conhecimento, campos e aplicações especiais; a dimensão pessoal, social e política da matemática. (Steiner, 1987, p.11)

Tratando-se de aspectos filosóficos, a meta-teoria seria teorizar sobre a própria teoria da matemática. A meta-teoria reflete sobre os postulados criados pela teoria.

Rolf Biehler e Andrea Peter-Koop, em 2007, escrevem, em uma edição especial, um artigo intitulado “Hans-Georg Steiner: uma vida dedicada para o desenvolvimento da Educação Matemática como disciplina científica”. Os autores revisitam artigos escritos por H-G Steiner e outros autores sobre a reforma da Matemática Moderna, o desenvolvimento de um domínio específico de pesquisa em Educação Matemática, as Teorias em Educação Matemática e reflexões sobre os objetivos e resultados do ensino de matemática.

As primeiras pesquisas de H-G Steiner, segundo Biehler e Peter-Koop (2007), versaram sobre a reforma curricular da Matemática Moderna nos idos de 1960 e início dos anos de 1970, em particular processos de matematização de situações atuais. Em relação ao desenvolvimento de um domínio específico em Educação Matemática, esses autores apresentam com brevidade o trabalho de H-G Steiner no IDM. Sobre a TEM, os autores abordam como o último interesse de pesquisa (e delineiam brevemente o esforço de H-G Steiner para esse fim) a construção da ideia sobre a disciplina científica. A última ideia reflete a preocupação de H-G Steiner sobre os objetivos e resultados do ensino de matemática sob a perspectiva didática, política, social e filosófica.

Em 2010, Bharath Sriraman e Lyn English escrevem um livro intitulado “Teoria da Educação Matemática.” O texto apresenta as vozes de pesquisadores da Educação Matemática. O livro surgiu da 29ª reunião do International Group of the Psychology of Mathematics Education (PME) em Melbourne, 2005, onde os autores coorganizaram um fórum de pesquisa sobre TEM. As inspirações do livro são sobre o trabalho do grupo internacional de estudos de Hans-Georg Steiner (1928–2004), chamado Theory of Mathematics Education (TME), que realizou cinco conferências internacionais até 1992, e ofereceu um grupo de estudo regular sobre temas o quadrienal International Congress of Mathematics Education (ICME) até a virada do século passado, quando as atividades pareciam cessar. Neste primeiro livro da nova série Springer, onde os autores apontaram avanços na Educação Matemática, ficou delineada uma plataforma vanguardista das teorias da educação matemática, sintetizando o passado e orientando novas fronteiras.

O livro é dividido em 19 (dezenove) partes que dialogam com a diversidade da Educação Matemática no âmbito internacional. Em sua maioria, os textos apontam que ao esclarecer a ontologia, metodologia e epistemologia de uma teoria, há um favorecimento da fundamentação da filosofia daquela teoria, e, neste sentido, pode-se compreender o que mudou e o que o futuro reserva. De fato, a filosofia sempre manteve uma relação de referência com Matemática, mas foi Paul Ernest (1991) e H-G Steiner (1987) que iniciaram as proposições sobre como as questões epistemológicas afetam diretamente o ensino e a aprendizagem da matemática.

Em relação à pesquisa, seus fundamentos teóricos, conceituais e filosóficos para a pesquisa no ensino de matemática, Lester (2010) coloca três perguntas, diante da complexidade aumentada ainda mais por questões ontológicas e epistemológicas da área, para avançar a pesquisa tanto nas pesquisas em Educação, quanto em Educação Matemática: Qual é o papel da teoria na pesquisa educacional? Como a posição filosófica influencia o tipo de pesquisa que

fazemos? Quais devem ser os objetivos da pesquisa em Educação Matemática? Este autor delinea também uma visão e fornece um framework para os pesquisadores de Educação Matemática pensarem sobre os propósitos e a natureza de seu campo de suas pesquisas. Para esta coerência, muitos autores dialogam em suas pesquisas sobre a proliferação de teorias, as decisões metodológicas, o público-alvo, os métodos de coleta de dados, e as decisões fundamentadas em uma estrutura conceitual.

E, finalmente, a Educação Matemática se estabeleceu como disciplina científica, tal como H-G Steiner propôs? Durante a última década, houve uma considerável discussão sobre a complexidade da Educação Matemática e o aumento da diversidade teórica e metodológica. Considera-se que estes trabalhos, mesmo que não apontem para os trabalhos de H-G Steiner, apresentam uma forma científica de trabalhar com a diversidade teórica e metodológica do Programa TEM.

Bikner-Ahsbals (2016, p. 176) sugerem exemplos de análise integrada de uma situação de ensino e aprendizagem da matemática usando algumas abordagens teóricas, como também estratégias de comparação de abordagens teóricas em rede para compreender a prática. Atualmente, por meio do uso destas abordagens foram desenvolvidas estratégias de construção de meta-pesquisa, acrescentando reflexões metodológicas que abordam a complexidade na prática de pesquisa em uma disciplina científica. Os autores trabalham aspectos que relacionamos na tabela 1.

Tabela 1.

Visões da Educação Matemática como disciplina científica (Bikner-Ahsbals (2016, p. 176)

Discursão	A visão da educação matemática como disciplina científica e seu desenvolvimento.
Burscheid	Teorias e teorização estão no cerne da Educação Matemática como disciplina científica. Tomando o desenvolvimento das ciências naturais como modelo, Burscheid assume que o desenvolvimento da Educação Matemática avança por um processo de paradigmas amadurecidos e concorrentes.
Fischer	Fischer descarta considerar as ciências naturais como modelo para o desenvolvimento científico, uma vez que o ensino da Matemática tem a ver com os seres humanos e é baseado na prática. Ele se desenvolve a partir da prática de baixo para cima, pelo desenvolvimento e emancipação dos professores.

Steiner	Steiner descarta considerar as ciências naturais como modelo para o desenvolvimento científico da Educação Matemática, porque nem a Física se encaixa nesse modelo em todos os aspectos. O ensino da Matemática como disciplina científica é sistêmico e interdisciplinar em sua essência. Desenvolve-se a partir do interior como um sistema de inter-relações entre Matemática, disciplinas adicionais e através da relação entre teoria e prática.
Bigalke	A natureza da Educação Matemática como disciplina científica segue princípios científicos. Seu conceito de teoria consiste em um núcleo irrepreensível e um ambiente empírico. Da natureza contextual do conhecimento científico da Educação Matemática, Bigalke deduz a necessidade de aceitar múltiplos princípios e teorias. Esse conhecimento se desenvolve a partir do interior, enquanto as teorias são inspiradas pela prática e precisam provar ser bem-sucedidas em pesquisa e prática.

Este quadro aponta para estudo de visões da Educação Matemática como disciplina científica, que não pode ser excluída do uso das teorias e seus fundamentos epistemológicos e científicos.

Em 2019, no artigo intitulado “Teorias da e na Educação Matemática,” escrito por Angelika Bikner-Ahsbahs e Andreas Vohns, os autores apresentam uma visão geral sobre o programa TEM, e o que denominam de período pós-TEM. Enfatizam que, no período pós-TEM, alguns tópicos foram trabalhados, mas sem completude: aspectos metodológicos e teóricos em pesquisa interpretativa, entrevistas em pesquisas empíricas; multi-métodos, considerações metodológicas sobre avaliações, métodos na pesquisa empírica, questões sobre meta-pesquisa, considerações sobre paradigma, entre outros.

Bikner-Ahsbahs e Vohns (2019), apoiando-se no Programa TEM, apresentam uma meta-pesquisa para esclarecer a natureza da Teoria da Atividade e a Semiótica. Estes autores tinham como objetivo mostrar uma maneira de resolver problemas complexos com o uso de mais de uma teoria e ao mesmo tempo refletir sobre este processo. Segundo os autores, o trabalho sobre *Networking of Theories* tem inspiração H-G Steiner no seu trabalho. *Networking of Theories* é uma prática de pesquisa que relaciona diferentes abordagens teóricas, descrevendo identidades e fronteiras, contribuindo para o aprofundamento da Educação Matemática.

O outro domínio é a Teoria da Atividade, desenvolvida por Alexei Leontiev, psicólogo russo, que está cada vez mais sendo usada como ferramenta conceitual na investigação em

Educação Matemática. A teoria da atividade é um framework destinado a transcender a dicotomia das ideias sobre macro e micro, mental e material, observação e intervenção em análise e design de trabalho. O conceito central da teoria da atividade é a atividade. Atividades são os processos que na relação do homem com o mundo satisfazem uma necessidade especial correspondente a ele, cujo objetivo é estimular o sujeito a executar esta atividade (Engestrom, 2000).

A aprendizagem é uma atividade humana que acontece em um meio social na relação entre sujeitos, e entre o sujeito e o objeto de aprendizagem. Ou seja, há um motivo para aprender, bem como saber em que lugar o estudante deve chegar com este aprendizado. Atividades específicas potencializam a internalização dos conceitos e, por consequência, o desenvolvimento da aprendizagem. Portanto, por meio da atividade haverá a interação de conteúdos matemáticos com outras disciplinas e com o contexto social (Engestrom, 2000).

Cada diferente visão da Educação Matemática como ciência tem sua defesa em uma escola, e estas geralmente possuem as seguintes dimensões: a visão de ciência; a relação entre o sujeito e o objeto; o critério de verdade; a regularidade da realidade; a neutralidade e a objetividade; e a construção da ciência. É preciso, portanto, entender se as diferentes características de diferentes abordagens filosóficas são complementares? Se a pesquisa é a atividade principal na produção do conhecimento científico no debate sobre metodologia de pesquisa em Educação Matemática? Escrever sobre as ideias de H-G Steiner é apresentar a sua defesa sobre reflexão meta científica como um dever da prática de pesquisa em direção à Educação Matemática como disciplina científica. Como o Programa TEM pode avançar como prática de pesquisa?

Considerações sobre o Programa TME de Hans-Georg Steiner

Sobre o Programa TME, H-G Steiner argumentou de forma convincente por uma abordagem interdisciplinar e transdisciplinar da Educação Matemática como uma disciplina

científica, um sistema que integre a filosofia e a história da matemática, análises didáticas específicas da matéria, pesquisa curricular, pesquisa em psicologia cognitiva e teorias do ensino e aprendizagem, entre outras. Passados quase cinquenta anos, com o levantamento de pesquisas, encontraram-se poucas pesquisas que abordam a contribuição de H.G. Steiner para a área. Em 2016, Bikner-Ahsbahs constrói um quadro comparativo das visões da Educação Matemática como disciplina científica. Uma outra pesquisa de Bikner-Ahsbahs e Vohns, de 2019, discute como a Educação Matemática se desenvolverá como disciplina científica, e enfatiza a possibilidade de que o avanço do TEM possibilitaria produzir casos baseados meta pesquisas.

A reflexão sobre o TEM vem acompanhada de considerações epistemológicas e filosóficas que possibilitaram ampliá-las ao campo de investigação e evidenciar as convergências e/ou divergências de abordagens em função da especificidade da pesquisa. Diante da diversidade da área, dificilmente existiria um *framework* comum de pesquisa em Educação Matemática, tão pouco em outras escolas do pensamento. Consiste, portanto, de pensar a variedade de paradigmas e agenda de pesquisa, a diversidade de metodologias, teorias e os padrões de qualidade de pesquisa da área.

O programa TEM idealizado por H-G Steiner está orientado para uma estrutura meta científica que classifique e oriente um corpo de pesquisa que tenha este interesse. Para este autor, as pesquisas precisam produzir resultados científicos voltados para reflexão meta científica como um dever de pesquisa crucial, para a própria comunidade. Isso pode ser considerado um dos legados do trabalho de Hans-Georg Steiner, porém é necessário questionar se seu trabalho influenciou ou influenciará o desenvolvimento futuro da área.

Referências

- Biehler, R.; Peter-Koop, (2007) A. Hans-Georg Steiner: A life dedicated to the development of didactics of mathematics as a scientific discipline. *ZDM*. 39. 3-30. 10.1007/s11858-007-0021-8.
- Biehler, R. Scholz, R. W. Strässer, R. Winkelmann, B. (2002) (eds) *Didactics of Mathematics as a Scientific Discipline*. Kluwer: New York, 2002
- Bikner-Ahsbahs, (2016) A. Networking of Theories in the Tradition of TME. In A. Bikner-Ahsbahs, A. Vohns, R. Bruder, O. Schmitt, & W. Dörfler (Eds.), *Theories in and of mathematics education. ICME-13 Topical Surveys* (pp. 33–42). Switzerland: Springer Open, 2016. 10.1007/978-3-319-42589-4_5.
- Bikner-Ahsbahs, A., Bakker, A., Haspekian, M., & Maracci, M. (2017) Introduction to the thematic working group 17 on theoretical perspectives in mathematics education research. In T. Dooley & G. Gueudet (Eds.), *Proceedings of the Tenth Congress of the European Society for Research in Mathematics Education. (CERME10, February 1–5, 2017)* (pp. 2683–2690). Dublin, Ireland: DCU Institute of Education and ERME Dublin (Ireland). Disponível em: http://www.mathematik.uni-dortmund.de/~prediger/ERME/CERME10_Proceedings_2017.pdf. Acesso em 22.06.2020
- Bikner-Ahsbahs, A. Vohns, (2019) A. Theories of and in Mathematics Education. In: *Traditions in German-Speaking Mathematics Education Research*, Chapter: 7, Publisher: Springer, pp.171-200. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/331076812_Theories_of_and_in_Mathematics_Education. Acesso em: 21.06.2020
- Churchman C W. (1968) *Challenge to reason*. New York.
- D' Ambrosio U., Arss, (1984) M. *Proceedings Of The Fifth International Congress On Mathematical Education*. Birkhäuser, 401 P.
- Ernest, P. (1991) *The Philosophy of Mathematics Education*. London: Falmer.
- Engeström, Y. (2006) *Activity Theory and Expansive Design. Theories and Practice Of Interaction Design*.
- Lester Jr., F. K. (2010) On The Theoretical, Conceptual, And Philosophical Foundations For Research in Mathematics Education. Sriraman, L. English (eds.), *Theories of Mathematics Education, Advances in Mathematics Education*, DOI 10.1007/978-3-642-00742-2_8, © Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Jantsch, E. (1972) Towards Interdisciplinarity And Transdisciplinarity In Education And Innovation. In L. Apostel Et Al. (Eds.), *Problems Of Teaching And Research In Universities* (Pp. 97–121). Paris, France: Organisation For Economic Cooperation And Development (Oecd) And Center For Educational Research And Innovation (Ceri).
- Kilpatrick J, (1981) *Research On Mathematical Learning and Thinking in The United States. Pme~Proceedings*. Grenoble, Vol, II, L8-29

- Kuhn, T. S.(1998) *The Structure Of Scientific Revolutions*, University Of Chicago Press, Chicago.
- Lester, Jr. F. (2005) *On The Theoretical, Conceptual, And Philosophical Foundations For Research In Mathematics Education*. *Zdm*, V37 (6)
- luhmann, N. (1995), *Social System*. Stanford: Stanford University Press (1984), 627p.
- Miguel, A. et al. (2003) *A Educação Matemática: uma área de conhecimento em consolidação. O papel da constituição de um grupo de trabalho dessa área na Anped*. 26 A REUNIÃO ANUAL DA ANPEd. Caxambu, MG. Disponível em <http://www.anped.org.br/26/outrostextos/tegt19.rtf>.>. Acesso em: 12.02.2014.
- Oliveira, R.A.C. (2013) *Pensamento sistêmico: os dilemas da educação superior*. 164f. (tese de doutorado) – Programa de Pós- Graduação em Educação. Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, Mato Grosso.
- Piaget, J. (1979) *La epistemologia de las relaciones interdisciplinarias*. In APOSTEL, L. BERGER, G., BRIGGS, A. e MICHAUD, G.: *Interdisciplinarietà: problemas de la enseñanza y de la investigación en las universidades*, México: Asociación Nacinal de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior, 1ª reed.
- Santos, J. M. (Org.). (2005) *O pensamento de Niklas Luhmann.*, Universidade da Beira Interior, 2005.
- Kilpatrick J, (1981) *Research on mathematical learning and thinking in the United States*. PME~Proceedings. Grenoble, Vol, II, 18~29
- Sriraman, B., English, L. (2010) (eds.), *Theories of Mathematics Education, Advances in Mathematics Education, ZDM*,
- Steiner, H-G. (1998) *Didactics of mathematics as a scientific discipline: A sketch of its development from a personal (autobiographic) point of view*. *Zentralblatt für Didaktik der Mathematik* 30, 224–233. <https://doi.org/10.1007/s11858-998-0013-3>
- Steiner, H-G (1987). *Philosophical and epistemological aspects of mathematics and their interaction with theory and practice in mathematics education*. Quebec, Canadá. For the *Learning of Mathematics*, V. 7(1), pp. 7–13. 1987
- Steiner, H-G.(1987a) ‘*A system approach to mathematics education*’, *Journal for Research in Mathematics Education*, 1987a, Plenaries
- Steiner, H-G. (1986) *Topic areas: Theory of Mathematics Education (TME)*. In: MARJORIE C, ed., *Proceedings of the Fifth International Congress on Mathematical Education*. Birkhäuser, 401 p.
- Steiner, H-G. (1985) *Theory of Mathematics Education (TME): an introduction*. Quebec, Canadá. For the *Learning of Mathematics*, V. 5 (2), pp. 11-17.
- Steiner, H-G. et al. (1984). *Theory of Mathematics Education (TME)*. ICME 5 - Topics and Miniconference. JDM-Occasional Paper No. 54. Bielefeld.

Skemp, R. (1989) *Mathematics in the primary school*. London: Routledge.

Törner, G. Sriraman, B. (2006) The Steiner TEM-program of 1987: Where are we today? *ZDM*, 2006 Vol. 38.

Törner, G. Sriraman, B. (2006). A contemporary analysis of the six “Theories of Mathematics Education” theses of Hans-Georg Steiner. *ZDM*.