

Pesquisa em visualização na educação matemática: conceitos, tendências e perspectivas¹

Research on visualization in mathematics education:
concepts, trends and perspectives

CLÁUDIA REGINA FLORES²

DÉBORA REGINA WAGNER³

IVONE CATARINA FREITAS BURATTO⁴

Resumo

Este artigo apresenta um estudo sobre como pesquisadores conceituam, ou dão significado ao termo visualização na pesquisa em educação matemática. Busca-se mapear e classificar tendências na pesquisa brasileira sobre visualização na educação matemática, tomando os trabalhos apresentados no Encontro Nacional de Educação Matemática (ENEM). Por fim, destaca-se que uma nova tendência teórica vem sendo problematizada tanto para desconstruir os princípios fundantes sobre os quais se construíram a noção de visão e percepção, quanto para fomentar novos aportes teóricos para a pesquisa sobre visualização matemática.

Palavras-chave: *visualização matemática; pesquisa em educação matemática, visualidade.*

Abstract

This paper presents a study of how researchers conceptualize, or give meaning to the term visualization on the research in mathematics education. The aim is to map and classify trends in Brazilian research on the visualization. For this purpose, we considered the papers presented at the National Meeting of Mathematics Education (ENEM). Finally, we emphasize that a new theoretical tendency has been argued to deconstruct the founding principles on which was built the concept of vision and perception, and also to promote a new theoretical approach to the research on mathematical visualization.

Keywords: *mathematical visualization; research on mathematics education; visuality.*

¹ Este trabalho teve o apoio do CNPq.

² Doutora em Ensino de Ciências e Matemática. Professora do Departamento de Metodologia de Ensino – CED/UFSC e do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica/PPGECT/CFM/CCB/CTC/CED–UFSC. Pesquisador nível 2 CNPq. E-mail: crf@mbox1.ufsc.br.

³ Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica/CFM/CBB/CED–UFSC. Email: dede_wagner@yahoo.com.br

⁴ Mestre em Educação Científica e Tecnológica. Professora do Departamento de Ciências Humanas, Letras e Artes e do Departamento de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade do Planalto Catarinense – UNIPLAC e doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica/CFM/CBB/CED–UFSC – E-mail: buratto@uniplac.net.

1 Introdução

Este artigo busca compreender como pesquisadores conceituam, ou dão significado ao termo visualização em educação matemática, bem como analisar as tendências neste campo no que diz respeito, particularmente, ao papel da visualização para os processos de ensino e aprendizagem matemática.

O termo visualização provém do campo da psicologia e, inicialmente, o termo era associado às habilidades visuais que os indivíduos tinham e podiam desenvolver para interpretar imagens. A partir da década de 80 do século XX, as pesquisas em educação matemática se ancoram nesta perspectiva cognivista e se apropriam do termo visualização. A valorização deste aspecto para a aprendizagem matemática é percebida e tende-se a incorporar outros significados ao termo, bem como, a tratar o tema sob novos problemas de pesquisa.

A partir do trabalho de Presmeg (2006), e do tratamento dado ao termo visualização, traçamos tendências que a pesquisa em visualização matemática no Brasil têm se envolvido e desenvolvido. De um modo geral, o fundamento teórico é subjacente aos estudos da psicologia cognitiva problematizando aspectos do pensamento visual na aprendizagem matemática. As pesquisas situam-se, assim, no campo da didática da matemática, da semiótica e das perspectivas sócio-culturais.

Por fim, fazendo eco a uma nova perspectiva teórica para a questão da visualização em educação matemática (FLORES, 2010), esboçamos, sucintamente, a proposta da adoção do conceito de visualidade para problematizar o visual, a visão e a imagem, desconstruindo, desta forma, os princípios fundantes sobre os quais se construíram a noção de visão e percepção.

2 Visualização: buscando conceitos

O interesse relacionado aos aspectos ligados à visão para a construção e apreensão de conhecimento ultrapassou o âmbito da epistemologia e atingiu as preocupações ligadas à psicologia da aprendizagem. Assim, muitas pesquisas ligadas à educação matemática passaram a enfatizar a importância da visualização e do raciocínio visual para o ensino e a aprendizagem matemática (PRESMEG 1989; ZIMMERMAN e CUNNINGHAM, 1991; DREYFUS, 1991; ARCAVI, 1999); outras exploraram exemplos concretos de

visualização e raciocínio visual no contexto da resolução de problemas (ZIMMERMAN, 1991; GOLDENBERG, 1991; TALL, 1991); outras defenderam a ideia de que as tecnologias e softwares matemáticos têm papel fundamental no processo de visualização, contribuindo para o desenvolvimento da capacidade do aluno para visualizar em matemática (NEMIROWSKY e NOBLE, 1997; BORBA; VILLAREAL, 2005), e ainda, outras passaram a considerar professores e suas crenças sobre o papel da visualização (BIZA; NARDI; ZACHARIADES, 2010).

Embora seja considerado aqui importante compreender como cada pesquisa demarca o papel da visualização para tratar dos processos de ensino e aprendizagem da matemática, também se faz importante entender como pesquisadores conceituam, ou dão significado ao termo visualização.

Antes de tudo, notamos que de acordo com o dicionário Aurélio (2004), *visualização é a ação ou efeito de visualizar; transformação de conceitos em imagens reais ou mentalmente visíveis*. O dicionário Houaiss (2009) fornece a mesma definição para visualização, acrescentando como sendo *a capacidade ou ato de formar mentalmente imagens visuais de coisas que não estão à vista*. Ainda, semelhante às definições anteriores, o dicionário Michaelis (1998) define visualização como *transformação de conceitos abstratos em imagens reais ou mentalmente visíveis*.

Esta definição para o termo visualização parece permear o entendimento de pesquisadores em educação matemática. Isso porque visualização tem sido definida como um *processo de construção e transformação de imagens mentais bem como de todo tipo de inscrições de natureza espacial, ambos usados na matemática* (PRESMEG, 1986). Imagem visual, para Presmeg (1986), *é um esquema mental que descreve a informação visual ou espacial*. Portanto, esta definição inclui dois aspectos do pensamento visual, segundo Bishop⁵, citado por Presmeg (2006), a saber, interpretação de informação visual e processamento visual.

Contudo, a definição do termo empregado em educação matemática difere, em alguma medida, da definição comum usada na psicologia (ZIMMERMANN e CUNNINGHAM, 1991). Enquanto os estudos da psicologia estão interessados,

⁵ Bishop, A. J. (1983). Space and Geometry. In R. Lesh & M. Landau (Eds.) *Acquisition of mathematics concepts and process*. New York: Academic Press.

particularmente, na capacidade do sujeito em formar e manipular imagens mentais, na educação matemática o interesse está centrado na habilidade demonstrada pelo aluno em lidar com aspectos visuais para alcançar o entendimento matemático. Neste sentido, Zimmermann e Cunningham definem visualização matemática como sendo “o processo de formação de imagens (mentais, ou com lápis e papel, ou com o auxílio de tecnologias) usando essas imagens de forma eficaz para a descoberta e compreensão da matemática.” (1991, p.3, tradução nossa). Portanto, visualização é entendida não como um fim em si mesma, mas como um meio para o entendimento de conceitos matemáticos.

Para Dreyfus⁶ (apud COSTA, 2000, p.169) “visualização do ponto de vista da educação matemática inclui duas direções: a interpretação e compreensão de modelos visuais e a capacidade de traduzir em informação de imagens visuais o que é dado de forma simbólica”. De acordo com Costa (2000), o autor considera a visualização como um processo útil para apoiar a intuição e a formação de conceitos na aprendizagem da matemática. De fato, Dreyfus (2002), em continuidade a demarcação desta hipótese, descreve os processos sob os quais a visualização é relevante para o pensamento matemático avançado.

Ainda, numa conceitualização bem próxima das anteriores, Gúzman⁷ (apud COSTA, 2000, p.169) diz que “visualização em matemática constitui um aspecto importante da atividade matemática onde se atua sobre possíveis representações concretas enquanto se descobrem as relações abstratas que interessam ao matemático”.

Seguindo esta mesma linha de definição, van Garderen (2006), interessada em investigar o uso de imagens visuais e suas relações com a capacidade de visualização espacial na resolução de problemas matemáticos, define visualização espacial como sendo “a capacidade de manipular, girar ou torcer mentalmente um objeto apresentado.” (p.496, tradução nossa). Para a autora, visualização espacial e habilidade espacial são termos muito próximos, ou seja, imagem mental é um tipo de habilidade espacial que por sua vez está ligada a imagens visuais.

Com a inserção das tecnologias na educação matemática, estudos voltados para a

⁶ Dreyfus, T. (1990). *Advanced Mathematical thinking*. Em P. Nesher e J. Kilpatrick. (Eds). *Mathematics and Cognition* (pp 113-134). Cambridge: University Press.

⁷ Guzmán, M. (1996). *El Rincon de la Pizarra*. Madrid: Ediciones Pirâmides.

visualização e mídias também têm despertado o interesse dos pesquisadores. De acordo com Cunningham (1991) “o termo visualização científica é comumente corrente para o uso da tecnologia gráfica do computador de apoio à investigação nas ciências.” (p. 67, tradução nossa). Neste caso, adicionar visualização no contexto da educação matemática, além de promover a intuição e o entendimento, possibilita uma maior abrangência da cobertura em assuntos matemáticos, permitindo que os estudantes não somente aprendam matemática, mas também se tornem capazes de construir sua própria matemática.

Gutiérrez (1996), em seu trabalho sobre visualização e pensamento espacial, explora o papel de como softwares geométricos podem potencializar o jogo no desenvolvimento destas habilidades. Para Gutiérrez, visualização na matemática é “um tipo de atividade de raciocínio baseada no uso de elementos visuais ou espaciais, seja mental ou físico, realizado para resolver problemas, ou provar propriedades.” (1996, p.9). Neste estudo, o autor sugere quatro principais elementos que compõe a visualização: imagens mentais, representação externa, processos de visualização e habilidade de visualização.

Apoiado nos estudos da semiótica, e articulado aos estudos da psicologia, Duval (1999) argumenta que visualização é uma atividade cognitiva intrinsecamente semiótica. Neste sentido, este autor diz que esta atividade não é meramente percepção visual, mas é representação. Isso porque há muitos registros semióticos de representação, necessitando, portanto, um treino específico para aprender a ver. Fischbein (1994) também defendia que visualização não é somente o ver mentalmente, mas que a imagem (a representação física) é dinâmica e tem um importante papel para o pensamento matemático.

Numa perspectiva sociocultural, Arcavi (1999) argumenta que nós vemos não somente o que é dado para ser visto, mas também o que não é visível aos olhos. Assim, o autor passa a conceitualizar visualização como um método para ver o não visto, o abstrato. Além disso, ao considerar a sala de aula como uma comunidade de práticas, a visualização por meio de gráficos, diagramas e modelos, passa a ser uma interação entre pessoas e coisas, onde modos de ver emergem de uma prática social.

Godino et al (2012), ao propor uma teoria da visualização para a educação matemática, argumentam sobre a necessidade de se entender a linguagem e o pensamento visual e

suas relações com o pensamento analítico. Tais argumentações situam-se numa perspectiva teórica que é denominada pelos autores de *enfoque ontosemiótico* do conhecimento matemático. Neste contexto, a visualização é entendida como um duplo processo: um que vai do material ao imaterial (chamada de visualização ascendente), e o outro, que é o inverso, indo do imaterial ao material (visualização descendente).

Cifuentes (2009), situado numa abordagem epistemológica, define visualização como uma forma de pensamento que tem como função contribuir na construção de significados e sentidos, bem como servir de auxílio na compreensão para a resolução de problemas. Para este autor, “visualizar é ser capaz de formular imagens e está no início de todo o processo de abstração.” (2005, p.71). Ou seja, para Cifuentes (2009), visualizar não é apenas ver o visível, mas tornar visível aquilo que se vê extraindo padrões das representações e construindo o objeto a partir da experiência visual.

A diversidade de tratamento e o sentido que se dá ao termo visualização só nos mostra o quanto não é fácil definir um conceito deste termo para a educação matemática. Contudo, podemos, ao menos, concordar com Costa (2000) que o conceito em “umas vezes está restrito à mente do aluno, outras está restrito a algum meio e ainda outras a visualização é definida como um processo para viajar entre estes dois domínios.” (p.169).

3 Visualização na educação matemática: tendências nas pesquisas brasileiras.

Segundo Presmeg (2006), somente nos anos de 1980, com a ascensão do construtivismo e a ênfase no meio social e cultural na educação, é que a importância do visual e suas manifestações nas transformações dos conhecimentos matemáticos passa a ser cada vez mais reconhecida. Contudo, somente nos anos de 1990, com o reconhecimento da visualização na educação matemática, as pesquisas passam a problematizar aspectos antes não considerados, tais como, o desenvolvimento curricular; a eficácia da visualização para a aprendizagem matemática; a imagem e a representação.

Seguindo a trilha de Presmeg (2006), e considerando importante conhecer a pesquisa brasileira sobre este tema, realizamos um mapeamento das pesquisas para entendermos

como o termo visualização vem sendo empregado, bem como sobre quais tendências viemos nos debruçando ou elaborando.

Assim, para um estado da arte consideramos, especialmente, os trabalhos apresentados no Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM. Isso devido às características deste evento: possui abrangência nacional; atua como fórum de debates sobre a produção na área de educação matemática; produz resultados de forma crítica acerca da produção brasileira no referido campo.

O ENEM é realizado de três em três anos. Até agora já foram realizados dez Encontros: I ENEM - 1987 - São Paulo/SP; II ENEM - 1988 - Maringá/PR; III ENEM - 1990 - Natal/RN; IV ENEM - 1992 - Blumenau/SC; V ENEM - 1995 - Aracajú/SE; VI ENEM - 1998 - São Leopoldo/RS; VII ENEM - 2001 - Rio de Janeiro/RJ; VIII ENEM - 2004 - Recife/PE; IX ENEM – 2007 – Belo Horizonte/MG e X – 2010 – Salvador/BA.

Embora este Encontro venha acontecendo desde 1987, para este estudo consideramos o período compreendido entre 1998 a 2010⁸. Buscamos as publicações dos trabalhos em Anais na forma impressa e digital. A base de dados foi construída com as palavras-chave: visualização, ensino de matemática, aprendizagem matemática, ensino de geometria, educação matemática, e variadas combinações com essas palavras.

De um universo de aproximadamente 2000 trabalhos, encontramos 66 pesquisas que atenderam a essa busca. Assim, esses trabalhos formam nossa fonte de estudos. O quadro 1 mostra a quantidade de trabalhos por ano.

Quadro 1. Trabalhos por ano

Ano	Quantidade total de trabalhos
1998	11
2001	15
2004	06
2007	09
2010	25

A seguir passamos a apresentar nossa análise destes trabalhos.

⁸ O recorte no período se dá pelo fato de que, segundo Presmeg (2006), foi na década de 90 que a pesquisa em visualização foi reconhecida na educação matemática, alguns estudos passaram a discutir aspectos do desenvolvimento curricular, e ainda sobre a eficácia da visualização para a aprendizagem matemática.

3.1 Visualização e aplicação em sala de aula

A maioria se relaciona com aplicações em sala de aula, ou seja, os pesquisadores elaboram e aplicam sequências didáticas para analisar dificuldades e potencialidades da visualização para a aprendizagem de conceitos geométricos. No que se refere ao número de pesquisas em sala de aula e nível de ensino encontramos os dados como mostra o quadro 2.

Quadro 2. Trabalhos por nível de escolaridade

Nível de Ensino	1998	2001	2004	2007	2010	Quantidade total de trabalhos
Ensino Fundamental	04	05	05	-	06	20
Ensino Médio	03	-	-	06	09	18
Ensino Superior	01	01	-	-	05	07
Formação Inicial de Professores (Licenciatura)	-	01	-	-	01	02
Formação Continuada de Professores	03	08	01	03	04	19

Notemos que ocorre uma concentração expressiva de trabalhos desenvolvidos nos níveis de Ensino Fundamental, Ensino Médio e Formação Continuada de Professores. Isso porque há uma intensa preocupação sobre as dificuldades apresentadas tanto por alunos, quanto por professores, com a elaboração de atividades que permitam o desenvolvimento da habilidade de elaborar argumentações, justificar estratégias, demonstrando a validade de respostas por meio de conhecimentos matemáticos e a visualização (GUEDES; LOBÃO, 1998; FAINGUELERNT, 2001; MACIEL; ALMOULOU, 2004; VIANA, 2007; SANTOS; NACARATO, 2010; SIQUEIRA; BELLEMAIN, 2010; TEIXEIRA, 2010).

3.2 O termo visualização

Levantamos as definições para o termo visualização a partir dos autores discutidos na seção anterior, e procuramos classificar os 66 trabalhos de acordo com as definições, e os modos como empregam o termo em suas pesquisas. O resultado desta análise pode ser encontrado no quadro 3.

Quadro 3. Definições para o termo visualização

Definição de visualização	Quantidade de trabalhos por ano					
	1998	2001	2004	2007	2010	Total
Processo de construção e transformação de imagens visuais mentais, bem como de todo tipo de inscrições de natureza espacial.	03	04	03	02	-	12
Interpretação e compreensão de modelos visuais e a capacidade de traduzir em informação de imagens visuais o que é dado de forma simbólica. (a visualização como um processo útil para apoiar a intuição e a formação de conceitos na aprendizagem da matemática)	-	01	-	-	01	02
Onde se atua sobre possíveis representações concretas, enquanto se descobrem as relações abstratas que interessam ao matemático.	-	-	-	01	02	03
É o processo de formação de imagens (mentais, ou com lápis e papel, ou com o auxílio de tecnologias) e utilização dessas imagens para descobrir e compreender matemática.	04	-	-	02	03	09
É um tipo de atividade de raciocínio baseada no uso de elementos visuais ou espaciais, seja mental ou físico, realizada para resolver problemas, ou provar propriedades (imagens mentais, representação externa, processos de visualização e habilidade de visualização)	-	01	-	-	02	03
Refere-se a uma atividade cognitiva que é intrinsecamente semiótica e o uso da visualização na matemática requer um treino específico, ou seja, visualização está ligada aos registros semióticos.	03	03	02	03	05	16
Como uma forma de pensamento que tem como função contribuir na construção de significados e de sentidos, bem como servir de auxílio na compreensão da resolução de problemas (visualizar não é apenas ver o visível, mas tornar visível aquilo que se vê extraindo padrões das representações e construindo o objeto a partir da experiência visual)	01	06	01	01	12	21

Verificamos que 28 trabalhos, dos 66 classificados para este estudo, apresentam, explicitamente, uma definição para visualização. Nos 38 restantes não encontramos uma definição explícita, mas pelo posicionamento aparente sobre o uso da visualização na pesquisa, foi possível identificar e classificar os trabalhos de acordo com os conceitos levantados.

As definições que aparecem com maior ênfase nos trabalhos tratam visualização como: *processo de construção e transformação de imagens visuais mentais; uma atividade cognitiva que é intrinsecamente semiótica; processo de formação de imagens (mentais, ou com lápis e papel, ou com o auxílio de tecnologias) e utilização dessas imagens para descobrir e compreender matemática; forma de pensamento que torna visível aquilo que se vê, extraindo padrões das representações.*

Tais definições compreendem visualização como um raciocínio baseado no uso de imagens mentais, podendo proporcionar aos alunos (ou professores) condições para que eles relacionem um problema (ou conceito) à sua representação. Normalmente, as etapas metodológicas são: construção da imagem mental, representação externa (representações gráfica, escrita ou falada) e, por fim, o processamento propriamente dito da visualização, onde uma ação mental ou física envolve as imagens para se completar.

Enfim, podemos notar que os trabalhos analisados tratam o termo visualização de diferentes maneiras, mas sempre acompanhando os fundamentos da pesquisa em educação que são voltados para o campo da psicologia. Isso significa que há sempre uma relação com o ensino e aprendizagem dos conceitos matemáticos e geométricos.

3.3 Traçando tendências

As tendências que elencamos para a pesquisa sobre visualização em educação matemática são provenientes do estudo de Presmeg (2006). De maneira sintética são elas:

1. Estudo qualitativo identificando o pensamento visual de estudantes.
2. Desenvolvimento curricular e visualização.
3. Influência da tecnologia no pensamento visual.

4. Questões de gênero e uso de imagens na construção de conhecimentos.
5. Relutância dos estudantes em lidar com informações visuais.
6. Aspectos semióticos e representacionais na visualização matemática.
7. Teorização da visualização para a pesquisa.

Estas tendências funcionam como o fio condutor para classificarmos as pesquisas brasileiras e, assim, delinear as tendências para esta linha de pesquisa no Brasil. Notemos que, alguns trabalhos atendem a mais de uma tendência, ou ainda, alguns deles não atendem a nenhuma delas.

Quadro 4. Tendências na pesquisa sobre visualização em educação matemática

Definição de Visualização	Quantidade de trabalhos por ano				
	1998	2001	2004	2007	2010
Estudo qualitativo identificando o pensamento visual de estudantes	05	03	04	06	11
Desenvolvimento curricular e visualização	01	02	-	-	03
Influência da tecnologia no pensamento visual	04	07	-	-	07
Questões de gênero e uso de imagens na construção de conhecimentos	-	-	-	-	-
Relutância dos estudantes em lidar com informações visuais	01	-	-	-	-
Aspectos semióticos e representacionais na visualização matemática	02	03	02	03	02
Teorização da visualização para a pesquisa	-	-	-	-	02

O estudo qualitativo identificando o pensamento visual de estudantes é a tendência que mais se destaca na pesquisa brasileira. Esta tendência também aparece articulada com as outras duas que mais se destacam, a saber, *influência da tecnologia no pensamento visual* e *aspectos semióticos e representacionais na visualização matemática*. A tendência sobre a *relutância dos estudantes em lidar com informações visuais*, embora apareça de maneira tímida, ela é notada na articulação com pesquisas que lidam com os aspectos semióticos e com a influência da tecnologia na aprendizagem matemática.

A tendência que abarca *questões de gênero e o uso de imagens na construção de conhecimentos matemáticos* é, de fato, uma tendência internacional ainda em ascensão. No Brasil algumas iniciativas para problematizar gênero e educação matemática (SOUZA; FONSECA, 2010) vêm sendo travadas, porém, pouca interação com

questões visuais são percebidas nesta linha de pesquisa.

Quanto à tendência sobre *teorização da visualização para a pesquisa* há, de fato, pouca articulação. O que se percebe é que as pesquisas mais se apóiam em alguma perspectiva teórica para tratar dos problemas de visualização nos processos de ensino e aprendizagem do que, propriamente, teorizam a questão do visual para a educação matemática.

Ainda que a amostragem discutida neste artigo seja limitada à análise de trabalhos provenientes de um único encontro da área, podemos dizer que as pesquisas brasileiras tendem a valorizar estudos quantitativos para abordar aspectos do pensamento visual na aprendizagem matemática. Isso significa que o fundamento teórico, para a grande maioria das pesquisas é, ainda, subjacente aos estudos da psicologia cognitiva, valorizando o entendimento de processamento da informação visual, bem como os desmembramentos com questões relativas à percepção, à representação, à aprendizagem, à memória, à atenção e ao raciocínio.

3.4 Da visualização à visualidade: à guisa de conclusões

A partir de Flores (2010), o termo visualidade vem sendo proposto para a pesquisa em educação matemática que aborda questões visuais no ensino e na aprendizagem. A autora, situada no campo dos estudos visuais, delinea uma nova tendência para a pesquisa, qual seja: a proposição da adoção do conceito de visualidade como estratégia de análise em trabalhos da linha de visualização em educação matemática.

Portanto, questionando o que parece estar já impresso e hegemônico na pesquisa sobre visualização matemática, e propondo um deslocamento do conceito de visualização para visualidade, viemos aqui reiterar a proposta de Flores (2010). Assim, a adoção do conceito de visualidade para problematizar o visual, a visão e a imagem, leva a uma desconstrução dos fundamentos sobre os quais se construíram a noção de visão e percepção e que parecem estar impregnados nas pesquisas brasileiras.

Mas o que é visualidade?

A partir do trabalho de Foster (1988), o termo visualidade vem sendo empregado em estudos visuais, e é descrito como sendo a soma de discursos que informam como nós

vemos, olhamos as coisas e para as coisas. Assim, visualidade implica conhecer práticas visuais inseridas em processos históricos, em meio a relações de poder e estabelecendo-se como regimes visuais. Os estudos visuais questionam não só a oposição binária entre visão e visual, mas também a lógica dominante da hegemonia da percepção na produção de conhecimento.

Então, enquanto visualização preocupa-se com a aprendizagem de conceitos e a desenvoltura de habilidades visuais, visualidade tende a problematizar o visual enquanto percepção natural e fisiológica e articula-se com práticas visuais no âmbito da história e da cultura. O tratamento do visual associado a uma prática histórica permite criar atividades que busquem refletir sobre a constituição de nosso olhar moderno, bem como o papel da matemática na formatação do olhar.

Por fim, cabe dizer que a adoção do conceito de visualidade traz uma série de implicações para a pesquisa sobre visualização em educação matemática, ressonando no modo como, normalmente, fazemos perguntas, aplicamos e elegemos metodologias de investigação ou de ensino, narramos procedimentos e produzimos resultados. O conceito de visualidade obriga-nos a estarmos atentos aos modos pelos quais nos tornamos sujeitos em meio a discursos visuais.

Referências

- ARCAVI, A. The role of visual representations in the learning of mathematics. *XXI Conference on the Psychology of Mathematics Education*, North American Chapter, Mexico, pp. 26-41, 1999.
- BIZA, I.; NARDI, E. & ZACHARIADES, T. Teacher' views on the role of visualization and didactical intentions regarding proof. *Proceedings of CERME 6*, Lyon, France, 2010.
- BORBA, M. C. e VILLAREAL, M. E. *Humans-with-Media and the Reorganization of Mathematical Thinking: information and Communication Technologies, Modeling, Visualization and Experimentation*. USA: Springer, pp.78-100, 2005.
- CIFUENTES, J. C. Uma via estética de acesso ao conhecimento matemático. *Boletim GEPEM*, Rio de Janeiro n.46, p. 55–72, jan./jun., 2005.
- CIFUENTES, J. C. Do conhecimento científico à educação científica: uma “odisséia espiritual”. *Anais do Colóquio Internacional de Psicologia do Conhecimento*, Brasília, 2009.
- COSTA, C. Visualização, veículo para a educação em geometria. In *Atas do IX*

Encontro de Investigação em Educação Matemática. Sociedade Portuguesa de Ciências da Educação, Fundação, 2000. Disponível em www.spce.org.pt/sem/CC.pdf (acesso em Jan/2011)

CUNNINGHAM, S. The visualization environment for mathematics education. In W. Zimmermann e S. Cunningham (Eds.). *Visualization in Teaching and Learning Mathematics* (pp. 67-76). Washington: MAA, 1991.

DELINDA, G. van. Spatial Visualization, Visual Imagery, and Mathematical Problem Solving of Students with Varying Abilities. *Journal of Learning Disabilities*, v. 39, n6, nov/dec, pp. 496-506, 2010.

DREYFUS, T. On the status of visual reasoning in Mathematics and Mathematics Education. Plenary address to PME XV, *Proceedings Fifteen PME Conference*, vol. I, p. 33-48, 1991.

DREYFUS, T. Advanced Mathematical Thinking Processes. In David Tall (Ed.) *Advanced Mathematical Thinking*, pp. 25-41, New York / Boston / Dordrecht / London / Moscow: Kluwer Academic Publishers, 2002.

DUVAL, R. Representation, vision and visualization: cognitive function in mathematical thinking. Basic issues for learning. In F. Hitt, e Santos, M. (Eds.). *Proceeding of the 21st Annual Meeting of the North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*, pp3-26, 1999.

FISCHBEIN, E. (1994). *Intuition in Science and Mathematics. An Educational Approach*, 2a ed. Holland: D. Reidel Publishing Company, 1994.

FAINGUELERNT, E. K. A matemática e o ensino fundamental. Anais do VII Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM, 2001.

FLORES, Cláudia R. Cultura visual, visualidade, visualização matemática. *ZETETIKÉ – FE – Unicamp* – v. 18, pp. 271-293. Número Temático 2010.

FOSTER, Hal. *Vision and Visuality*. Seattle: Bay Press, 1988.

GODINO, J. D.; CAJARAVILLE, J. A.; FERNÁNDEZ, T.; GONZATO, M. (2012). Una aproximación ontosemiótica a la visualización en educación matemática. *Enseñanza de las Ciencias*, 2012, no prelo.

GOLDENBERG, E. P. The difference between graphing software and educational graphing software. In W. Zimmermann e S. Cunningham (Eds.). *Visualization in Teaching and Learning Mathematics* (pp. 77-86). Washington: MAA, 1991.

GUEDES, E. M.; LOBÃO, D. C. O desenvolvimento da habilidade da visualização através da utilização de programas computacionais. Anais do VI Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM, 1998.

GUTTIÉRREZ. Visualization in 3 – dimensional geometry: in search of a framework. In L. Puig e Gutierrez (Eds.), *Proceedings of 20th PME conference* (Vol. 3, pp 19-26), Valencia: Universitat de València, Dept. de Didàctica de la Matemàtica, 1996.

HOUAISS, Antônio. VILLAR, Mauro de Salles. *Dicionário Houaiss da Língua Portuguesa*. 1ª ed. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

MACIEL, A. C.; ALMOULOU, S. A. Semelhanças de figuras: uma proposta de ensino. *Anais do VIII Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM*, 2004.

MICHAELIS. *Moderno Dicionário da Língua Portuguesa*. São Paulo: Companhia Melhoramentos, 1998.

NEMIROVSKY, R. e NOBLE, T. On mathematical visualization and the place where we live. *Educational Studies in Mathematics*, v.33, pp.99-131, 1997.

PRESMEG, N. Visualization in high school mathematics. *For the Learning of Mathematics*, 6(3), 42-46, 1986.

PRESMEG, N. Research on Visualization in Learning and Teaching Mathematics. In Gutierrez, A & Boero, P (eds). *Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education: Past, Present and Future*, pp. 205-235. The Netherlands, Sense Publishers, 2006.

SANTOS, C. A. dos; NACARATO, A. M. O processo de escrita de alunos de 5º ano, potencializando a produção de conceitos geométricos. *Anais do X Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM*, 2010.

SOUZA M. C. R. F de e FONSECA, M. da C. F. R. *Relações de gênero, Educação Matemática e discurso: enunciados sobre mulheres, homens e matemática*. Coleção Tendências em Educação Matemática. Belo Horizonte: Autêntica Editora, 2010.

SIQUEIRA, J. E. de M.; BELLEMAIN, F. Um estudo das dificuldades na articulação entre formas algébricas e forma geométrica da equação quadrática. *Anais do X Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM*, 2010.

TALL, D. Intuition and Rigour: the role of visualization in the calculus. In W. Zimmermann e S. Cunningham (Eds.). *Visualization in Teaching and Learning Mathematics* (pp. 121-126). Washington: MAA, 1991.

TEIXEIRA, M. L. C. Matemática e os caminhos das artes. *Anais do X Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM*, 2010.

VIANA, O. A. As representações pictóricas de alunos do ensino médio na resolução de problemas de geometria: uma análise qualitativa. *Anais do IX Encontro Nacional de Educação Matemática – ENEM*, 2007.

ZIMMERMANN, W. Visual Thinking in Calculus. In W. Zimmermann e S. Cunningham (Eds.). *Visualization in Teaching and Learning Mathematics* (pp. 121-126). Washington: MAA, 1991.

ZIMMERMANN, W. & CUNNINGHAM, S. Editors' Introduction: What is Mathematical Visualization? In W. Zimmermann e S. Cunningham (Eds.). *Visualization in Teaching and Learning Mathematics* (pp 1-7). Washington: MAA, 1991.