

Quadro Teórico de Análise para Gráficos Cartesianos em Cinemática

Theoretical Framework of Analysis for Cartesian Graphs in Kinematics.

Paulo Sérgio de Camargo Filho¹; Carlos Eduardo Laburú¹; Marcelo Alves Barros²

¹Universidade Estadual de Londrina; ²Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos

ps-camargo@bol.com.br; laburu@uel.br; mbarros@ifscusp.br

Resumo

O estudo propõe a construção de um quadro teórico de análise para investigar as dificuldades de realização da construção manual de gráficos cartesianos por graduandos em licenciatura em Física, sob a luz da teoria dos registros de representação semiótica de Duval e dos níveis de processamento da informação gráfica, de Postigo e Pozo. A escolha dos referidos referenciais é relevante, pois, o primeiro relaciona as atividades cognitivas às representações semióticas produzidas pelos estudantes e o segundo permite classificar o domínio da representação gráfica em termos dos níveis de elaboração e complexidade do gráfico produzido. O quadro proposto permite classificar o domínio semiótico da representação gráfica dos estudantes com um grau de refinamento analítico superior aos propostos pelos últimos autores.

Palavras-chave: Ensino de Física, Gráficos Cartesianos, Representação Semiótica, Graduação em Física.

Abstract

The study proposes to construct a theoretical framework of analysis to investigate the difficulties of the manual construction of Cartesian graphs for undergraduate degree in Physics, in light of the theory of semiotic representation registers Duval and levels of processing graphic information of Postigo and Pozo. The choice of such reference is relevant because the first relates to cognitive activities semiotic representations produced by students and the second allows you to sort the field of graphical representation in terms of levels of development and complexity of the graph produced. The proposed framework allows one to classify the domain of semiotic graphical representation of students with a degree of analytical refinement than those proposed by last authors.

Key words: Physics Teaching, Cartesian graph, Semiotics Representation, Undergraduate in Physics.

Introdução

O gráfico cartesiano é reconhecido como parte de uma grande variedade de representações simbólicas utilizadas pelos estudantes que, por meio de suas características, estrutura, organização e inter-relações podem influir de forma significativa na aprendizagem de conceitos em Física. De acordo com García e Palácios (2007), diversos pesquisadores reconhecem que as representações gráficas são importantes formas de comunicação científica e ferramentas úteis no campo das ciências experimentais, principalmente na análise de situações físicas nas disciplinas laboratoriais. Segundo esses autores, apesar do uso generalizado que se tem das representações gráficas cartesianas em livros-texto e nas aulas de ciências na Espanha, a compreensão que os estudantes têm a respeito dessas representações não é a mais adequada. Verificamos que situação semelhante ocorre no Brasil, pois, estudantes de licenciatura em Física não são capazes de desenvolver e interpretar gráficos cartesianos de forma satisfatória.

Conforme é reconhecido pela literatura, o gráfico cartesiano é parte de uma grande variedade de representações simbólicas utilizadas pelos estudantes, que por meio de suas características, estrutura, organização e inter-relações podem influir de forma significativa na aprendizagem de conceitos em Física. É importante observar que existe um campo de estudo consolidado a respeito da compreensão/interpretação das representações gráficas, do tipo tabela e gráfico cartesiano, usados no Ensino de Ciências (Agrello e Garg, 1999; Postigo e Pozo, 2000; Shah e Roefnner, 2002; Araújo, Veit e Moreira, 2004; Wu e Krajcik, 2006; García e Palácios, 2007; Julio, Vaz e Borges, 2008; Belluco e Carvalho, 2009) e na Educação Matemática (Testa et al, 2002; Duval, 2003; Sharma, 2005; Flores e Moretti, 2006; Miranda, Radford e Gúzman, 2007). Tais autores desenvolveram pesquisas relacionadas à forma como que essas representações são interpretadas ou compreendidas pelos estudantes, no entanto, não se preocupam em focar seus estudos no modo e nas dificuldades que se apresentam, quando essas representações são produzidas.

García e Palacios (2007) investigaram o desempenho dos estudantes de bacharelado e licenciatura em química, em nove tarefas de interpretação de gráficos cartesianos presentes nos livros-texto usados na referida graduação. A pesquisa mostrou que os participantes do estudo não têm dificuldades para realizar as tarefas de identificação das variáveis, leitura de dados e classificação da relação entre as variáveis. Contudo os participantes apresentaram dificuldades em tarefas como a identificação da relação entre as variáveis, o reconhecimento de termos presentes nos gráficos e a elaboração de conclusões, explicações e previsões a partir da informação gráfica.

O trabalho desenvolvido por Flores e Moretti (2006) discutiu as funções cognitivas das representações semióticas que possibilitam a aprendizagem matemática, contribuindo para a compreensão da diversidade e das especificidades de uso das representações gráficas na, e para, educação matemática. Os autores colocaram em destaque as representações gráficas do tipo tabelas, para discutir sua função de suporte representacional de dados e informações, no ensino da matemática, e empreenderam uma análise das implicações cognitivas e as complexidades de organização representacional deste modo de representação. O tratamento da informação é, atualmente, um dos conteúdos requeridos na educação matemática. Portanto ler, interpretar, analisar e julgar, ou organizar dados em representações gráficas são habilidades que se tornaram essenciais para a formação geral do aluno. Contudo,

concluem os autores, a própria estrutura representacional das representações gráficas levanta complexidades de leitura e de interpretação que exige, de nossa parte, certa desenvoltura visual e empenho cognitivo.

Duval (2003) apresentou em seu trabalho como analisar o funcionamento da representação tabela e sua diversidade. Para o autor, as tabelas parecem ser a maneira mais fácil de organizar e comunicar informações, sendo que as mesmas se tornaram um dos recursos preferidos de aprendizagem na educação científica e matemática. No entanto, esta simplicidade é enganadora, pois basta olhar para as tabelas que são utilizadas em diferentes disciplinas para ver que todas elas não funcionam da mesma forma. Em tal estudo analisou-se a especificidade e a diversidade de tipos de tabelas disponíveis, as funções cognitivas e os problemas educacionais envolvidos em sua utilização. O autor propôs uma classificação dos diferentes tipos de tabela em relação aos processos cognitivos que controlam sua construção e discutiu a necessidade da aprendizagem de diferentes tipos de matrizes. Duval conclui que a aprendizagem das representações pesquisadas deve basear-se na atividade de organização de dados na tabela e também sobre a reorganização das margens de uma tabela em conexão com outros tipos de representação.

As preocupações sobre as dificuldades dos alunos compreenderem gráficos em Estatística levaram Sharma (2005) a desenvolver um estudo que investigou idéias de cinco alunos (de 14-16 anos) nesta área do conhecimento. O estudo centrou-se em apresentar e discutir as formas nas quais os estudantes dão sentido a informação gráfica presente em tabelas e gráficos de barras. Os resultados revelaram que muitos dos estudantes usaram estratégias baseadas em experiências prévias (cotidianas ou escolares) e estratégias intuitivas e que, embora os alunos saibam ler e comparar dados presentes em gráficos de barras, eles são menos competentes interpretando tabelas. Isto pode ser devido à negligência de instruções destes conceitos ou problemas lingüísticos e contextuais, indicando tais dificuldades para pesquisas posteriores.

Alguns pesquisadores focam seus trabalhos no processo de ensino-aprendizagem da construção e interpretação de gráficos por meio de seqüências didáticas. Testa et al (2002) descrevem em seu estudo como os alunos do Ensino Médio leem e interpretam imagens que contêm gráficos de cinemática em tempo real, especialmente concebidos para resolver problemas comuns de aprendizagem e minimizar as dificuldades de compreensão e identificação de signos específicos a esta representação, tais como pontos, setas, retas, entre outros. Sugestões foram feitas a respeito da aquisição de algumas habilidades específicas que são necessárias para evitar perdas na interpretação destes gráficos.

Belluco e Carvalho (2009) analisaram a construção da linguagem gráfica em uma seqüência de aulas sobre calor e temperatura, inserida em um laboratório investigativo, no primeiro ano do ensino médio, destacando o papel do professor na medida com que ele articula as linguagens disponíveis (oral, escrita, representacional, entre outras), pelos processos de cooperação e especialização, com o objetivo de traduzir a linguagem coloquial e fenomenológica em linguagem científica, no caso, o gráfico cartesiano. Por meio da seqüência proposta, concluem os autores, os alunos desenvolveram diversas características da atividade científica, como a natureza do gráfico científico, o reconhecimento de padrões e tendências por meio da curva obtida, a compreensão das flutuações nas medidas, a interpretação do fenômeno usando os

conceitos apreendidos, entre outras. A pesquisa aponta para a importância do uso coordenado das linguagens oral, escrita, visual, gestual e matemática, com seus recursos tipológicos e topológicos, articulados com os recursos de cooperação e da especialização entre elas para promover uma visão do fenômeno estudado por meio de tais linguagens.

Julio, Vaz e Borges (2008) investigaram o potencial de aprendizagem de alunos da primeira série do Ensino Médio no uso e construção de gráficos para representação de fenômenos observados em atividades abertas de laboratório. O estudo teve como objetivo caracterizar as dificuldades dos alunos na utilização dos conceitos envolvidos na construção de gráficos e avaliar o potencial de aprendizagem de novos conceitos envolvidos no uso de gráficos para a representação destes fenômenos. A coleta de dados ocorreu no ambiente real de sala de aula de física, em três turmas de uma escola pública federal que realizaram uma atividade de investigação. Os autores analisaram gravações das aulas, registros sistemáticos de cadernos de campo e gráficos construídos pelos alunos. A análise focou dúvidas, conhecimentos prévios e o potencial de aprendizagem dos alunos sobre os conceitos envolvidos na construção dos gráficos, enquanto buscavam representar o fenômeno observado. Os dados das três turmas foram confrontados para identificar os pontos de convergência com relação às principais dificuldades enfrentadas e a capacidade de sofisticação do entendimento dos conceitos da construção de gráficos pelos alunos. Os resultados revelaram que, ao serem desafiados a construir gráficos para descrever um fenômeno sobre o qual realizavam uma investigação, os alunos demonstraram entendimento dos conceitos básicos da construção de gráficos. Entretanto, estes conceitos básicos não foram suficientes para construir uma representação adequada do fenômeno observado. Frente ao desafio, os alunos foram capazes de pensar criticamente, reconhecendo e interpretando os próprios erros e sofisticaram o seu entendimento sobre os conceitos da construção de gráficos.

Como visto, existe um crescente corpo de pesquisa que trata de representações gráficas no Ensino de Ciências e Educação Matemática. Dando continuidade às pesquisas referentes a esse tema propomos um referencial analítico para investigar as dificuldades na construção manual de gráficos cartesianos por graduandos em Licenciatura em Física sob a luz da teoria dos registros de representação semiótica de Duval (2004) e dos níveis de processamento da informação gráfica de Postigo e Pozo (2000). Enquanto o primeiro referencial relaciona as atividades cognitivas às representações semióticas produzidas pelos estudantes, o segundo permite classificar o domínio da representação gráfica em termos dos níveis de elaboração e complexidade do gráfico produzido. Para Duval (2003), “uma análise do conhecimento matemático é, essencialmente, uma análise do sistema de produção das representações semióticas” referentes a esse conhecimento. O uso do seu referencial, exclusivo das pesquisas da Educação Matemática, e que aqui será aplicado num conteúdo de Física, justifica-se pela presença de uma vasta gama de representações utilizadas também para expressar conceitos deste ramo do conhecimento que, com frequência, requerem a transformação e a articulação entre diferentes representações.

Esta pesquisa visa construir um referencial analítico para acompanhar, por meio da construção manual de gráficos cartesianos e entrevistas complementares, os processos cognitivos de um grupo de estudantes da graduação em Física, de uma universidade estadual pública, do norte do Estado do Paraná. Por meio de tal acompanhamento, buscamos identificar as dificuldades relacionadas à produção e

compreensão dos signos pertencentes aos gráficos cartesianos, aplicados no contexto da cinematográfica. Em conjunto com o referencial de Duval, pretendemos relacionar algumas características gerais e particulares dos gráficos cartesianos com o desempenho que apresentam os estudantes quando realizam a construção dessas representações, classificados de acordo com o nível de processamento da informação gráfica proposto por Postigo e Pozo (2000). Ao reunir os trabalhos de Duval (2003, 2004) com o de Postigo e Pozo (2000) estamos propondo um instrumento analítico para investigar com maior profundidade o desempenho na produção de gráficos pelos estudantes e, por meio deste exame de natureza semiótica, localizar seus pontos de dificuldades.

Fundamentação Teórica

Na Física as leis, teorias, conceitos, modelos, princípios, propriedades, estruturas, relações são expressas por meio de diferentes modos; portanto, para seu ensino precisamos levar em consideração as diferentes formas de representação que um mesmo objeto pode assumir. Como em grande parte dessa ciência, assim como toda a comunicação matemática, tais objetos são abstratos e não são diretamente acessíveis à percepção, necessitando-se, para a sua apreensão, do uso de representações semióticas.

As representações semióticas são produções constituídas pelo emprego de signos, pertencentes a um sistema de referência ao qual está associado um conceito ou conjunto de conceitos. São exemplos de signos matemático-científicos a linguagem natural, a língua formal, a escrita algébrica, os gráficos cartesianos, as tabelas, as figuras geométricas, os quais têm suas dificuldades próprias de significado e de funcionamento (DUVAL, 2004). Tais representações são externas e conscientes ao indivíduo e realizam de maneira indissociável as funções de objetivação e tratamento.

Um dos papéis desempenhados pelas representações semióticas é o da comunicação, ou seja, o de exteriorizar as representações mentais, tornando as acessíveis às outras pessoas (ibid.). Além disso, o modo como o aluno elabora ou lida com uma representação semiótica revela, de alguma forma, como ele representou essa informação internamente. Saber interpretar a representação produzida pelo aluno pode ajudar o professor a realizar intervenções mais adequadas no seu processo de construção do conhecimento.

No contexto da Psicologia Cognitiva, Raymond Duval buscou descrever o funcionamento cognitivo do pensamento, considerando, para isso, as mudanças de registros de representação semiótica, que levou a publicação de diversos trabalhos, entre os quais *Sémiosis et pensée humaine: Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels* (Duval, 2004). No mesmo contexto, Postigo e Pozo (2000) desenvolveram um modelo do funcionamento cognitivo, que relaciona as ações de construção/interpretação da informação gráfica ao processamento da informação, resultando no que chamaram de níveis de processamento da informação gráfica.

Segundo Postigo e Pozo (2000), a informação gráfica refere-se ao uso de esquemas, tabelas, gráficos, mapas, desenhos, imagens, fotografias. A grande quantidade e variedade dessas informações encontradas ao nosso redor e, em especial, nos diversos níveis do Ensino de Física, faz com que a habilidade de processar e tratar estas representações seja essencial para tomar decisões, desenvolver o raciocínio lógico-matemático, além de servir para a comunicação social e científica. Para estes

pesquisadores, um critério essencial para diferenciar os distintos tipos de informação gráfica é sua natureza representacional. As representações semióticas têm dois aspectos característicos que estão relacionados com a sua forma (o representante) e o seu conteúdo (o representado), ou seja, o tipo de informação que representam e o formato no qual a representam.

Na física, por exemplo, as representações semióticas não são apenas indispensáveis para fins de comunicação, mas também são necessárias para o desenvolvimento da própria atividade científica. De maneira mais global, se pode constatar que a aquisição de conhecimentos acompanha-se sempre da criação e desenvolvimento de sistemas semióticos novos e mais específicos. Assim, a formação de um pensamento científico é inseparável do desenvolvimento de simbolismos específicos para representar os objetos e suas relações.

As representações semióticas, além de estabelecerem a comunicação científica, são necessárias também para as atividades cognitivas do pensamento, ou seja, sem as representações semióticas não é possível efetuar certas funções cognitivas essenciais do pensamento humano. O autor (DUVAL, 2004, p. 35-37) enfatiza três atividades cognitivas fundamentais ligadas à apreensão ou produção de uma representação: a formação de uma representação identificável, o tratamento e a conversão.

A formação de uma representação identificável depende de regras que garantam o reconhecimento das unidades de representações, das suas composições ou de como podem ser combinadas de forma a gerar as regras de tratamento. Para a formação de uma representação pode-se lançar mão da língua materna, desenhos, figuras ou fórmulas com signos próprios de uma ciência. Um gráfico cartesiano, por exemplo, é identificado, primeiramente, pela presença de eixos cartesianos ortogonais.

O tratamento é atividade cognitiva cuja transformação da representação ocorre dentro do próprio sistema de registro onde foi formada, como por exemplo, resolver um sistema de equações. As regras de tratamento consideram a transformação da representação no interior do mesmo registro que pertence ao sistema semiótico, mobilizando apenas um só registro de representação. Existem regras de tratamentos próprias a cada registro e elas variam de um tipo de registro a outro diferente. Os tratamentos são ligados a forma (o representante) e não ao conteúdo do objeto matemático-científico (o representado).

A conversão de uma representação é a atividade cognitiva de transformação de um registro em outro diferente, com regras de formação e tratamento distintos, mas conservando os mesmos objetos denotados. Por exemplo, passar da língua natural à escrita algébrica, ou passar do registro de representação “tabela” ao registro de representação “gráfico” são registros totalmente diferentes que conduzem ao mesmo conceito, porém tendo desempenhos e facilidades cognitivas relativas distintas. A conversão deve compreender a transformação de uma dada representação em outro sistema semiótico, conservando a totalidade ou parte do objeto da representação inicial, sendo necessária a coordenação pelo sujeito que a efetua. A atividade cognitiva de conversão também intervém de forma que o registro no qual os tratamentos a serem efetuados se tornem mais econômicos, mais potentes (Duval, 2003, p. 16), de sorte que, um complemente o outro. Do ponto de vista cognitivo é a conversão que aparece como

atividade de transformação fundamental, pois, ela “conduz aos mecanismos subjacentes à compreensão” (ibid.).

Com base no que foi exposto, conclui-se que para analisar as dificuldades conceituais é preciso uma dedicação mais aprofundada aos problemas voltados para a conversão das representações, pois a atividade de conceitualização implica na coordenação entre registros de representação. É necessário que o estudante alcance um estágio de coordenação de sistemas de registros distintos para que possa discriminar o representante e o representado, ou a representação e o conteúdo que a representação expressa ou ilustra (ibid, p. 63). Para isso, o autor propõe que sejam mobilizados nas aulas, simultaneamente, vários e diferentes registros de representação semiótica para um mesmo objeto.

Postigo e Pozo (2000) centraram-se no estudo das dificuldades que se estabelecem na interpretação da representação gráfica. Embora existam diversas representações da informação quantitativa (tabelas, gráficos de setores, barras, linhas...), em termos gerais, os gráficos são representações que apresentam relação numérica entre duas ou mais variáveis por meio de distintos elementos espaciais (células, pontos, barras, linhas...). Segundo os autores, a investigação sobre a aprendizagem de tais representações seria mais bem tratada se considerássemos os níveis de processamento da informação gráfica, com graus de elaboração e profundidade crescentes, incluindo componentes sintáticos e semânticos que transcendem uma mera distinção entre informação local e global. Para esses autores, desde a leitura direta de um dado até uma tarefa de resolução de problemas, podem-se distinguir três diferentes níveis de processamento da informação ao construir ou interpretar um gráfico.

O primeiro nível de processamento da informação é o explícito, sendo o nível mais superficial de construção de um gráfico e centrado na produção dos elementos básicos da estrutura gráfica. Por sua vez, a informação implícita pressupõe um nível de processamento que identifica padrões e tendências por meio do estabelecimento de relações entre as variáveis, resultando em procedimentos de maior complexidade que o do nível anterior. A informação conceitual é o terceiro nível de processamento da informação gráfica, centrada no estabelecimento de relações conceituais a partir de uma análise global da estrutura do gráfico. Ela requer ir além da informação contida nos níveis anteriores e associa-se a outros conhecimentos disponíveis relacionados com o conteúdo representado para realizar interpretações, explicações ou previsões sobre o fenômeno representado no gráfico.

Quadro Teórico de Análise

Dentro do que foi colocado, procuramos relacionar algumas características gerais e particulares dos gráficos cartesianos com o desempenho que apresentam os estudantes quando realizam a construção dessas representações, classificados de acordo com o nível de processamento da informação gráfica proposto por Postigo e Pozo (2000). Para tais autores, o exame da construção gráfica está baseado nos níveis de processamento da informação explícita, implícita e conceitual que depende não somente da habilidade do sujeito em decodificar a sintaxe gráfica e de seus conhecimentos da situação representada, mas também das características intrínsecas da forma gráfica e das ações que permeiam sua construção. Entre esses fatores da atividade de construção/interpretação de um gráfico pelo sujeito, destacamos três grupos de ações, as

quais são responsáveis pela elaboração da estrutura gráfica, numérica e conceitual. Esses conjuntos de ações são tratados separadamente para melhor compreensão da sua atuação, entretanto ocorrem simultaneamente na elaboração gráfica, não existindo tal divisão no momento de sua execução.

A estrutura gráfica é formada por ações que produzem elementos básicos de um gráfico. Tal estrutura está relacionada com o nível de compreensão explícito que é o grau mais superficial de elaboração desta representação. Nesse nível, as ações que os estudantes realizam são responsáveis por produzir signos que formam a estrutura inicial do gráfico cartesiano e convertem elementos da representação tabela para a representação gráfica, que corresponde, respectivamente, às atividades cognitivas de formação e conversão, que resulta, por sua vez, numa estrutura gráfica que possibilite a elaboração de estruturas superiores. Inclui-se nas atividades de formação do nível de processamento da informação explícita a ação de produção dos eixos coordenados e do título do gráfico, sendo que os eixos devem ser destacados dos demais traços presentes no gráfico e o título deve informar a relação de dependência entre as variáveis. Por meio das atividades de conversão estabelece-se a escala, as variáveis envolvidas e a localização do par de coordenadas no gráfico cartesiano, com o objetivo de promover a proporcionalidade entre os eixos, auxiliar na leitura do gráfico e estabelecer os pontos coordenados no gráfico, a partir dos dados inicialmente representados na tabela.

A estrutura numérica do gráfico cartesiano é estabelecida por ações que acrescentam novas informações internas ao gráfico por meio da identificação de padrões e tendências entre os signos presentes nessa representação. Tal estrutura relaciona-se com o nível de processamento implícito que tem um grau de elaboração e complexidade maior que o nível explícito. As ações do nível de processamento da informação implícita são caracterizadas por possibilitar transformações internas ao gráfico cartesiano, correspondendo, portanto, à atividade cognitiva de tratamento. Compete às ações internas a esse registro semiótico a determinação do comportamento da curva e da taxa de variação dos dados, assim como o estabelecimento de novos pontos coordenados.

A estrutura conceitual do gráfico cartesiano é determinada por ações feitas pelo estudante ao generalizar as relações expressas graficamente com o uso articulado do conteúdo semântico com outras formas representacionais acessórias ao gráfico cartesiano, como a linguagem escrita e formal. Tal estrutura relaciona-se com o nível de processamento da informação conceitual que é o nível mais profundo e complexo da elaboração gráfica. As ações desse nível são caracterizadas por transformar o conteúdo semântico em outras representações semióticas, tal como a escrita literal ou formal, sendo que tal transformação corresponde à atividade cognitiva de conversão. Correspondem às ações da estrutura conceitual a elaboração de legenda, a descrição formal do fenômeno físico e a formulação de explicações por meio de entrevista, as quais explicitem as relações e convenções usadas para a construção do gráfico cartesiano, além de expressar o domínio semântico do conteúdo abordado por essa representação semiótica.

Para uma análise mais minuciosa dos níveis de processamento da informação gráfica e com o objetivo de qualificar as dificuldades implicadas no processo de construção da representação gráfica, relacionamos os níveis de processamento da informação gráfica às atividades cognitivas semióticas. Assim, estabelecemos um

referencial capaz de acompanhar as atividades cognitivas semióticas na realização da representação investigada com os seus respectivos níveis de processamento da informação, e também evidenciar dificuldades na sua produção, caracterizando a natureza semiótica das mesmas. Inspirados nos referenciais discutidos, concluímos que, para a análise do nível de processamento da informação explícita, deve-se recorrer às atividades cognitivas semióticas de formação e conversão, com as ações dos estudantes voltadas para elaboração da estrutura gráfica. Para análise do nível de processamento da informação implícita recorre-se às atividades cognitivas de tratamento, com as ações centradas no estabelecimento da estrutura numérica. Para o nível de processamento da informação conceitual recorre-se às atividades cognitivas de conversão, com as ações dos estudantes voltadas para determinação da estrutura conceitual, responsável por evidenciar o domínio semântico do fenômeno físico representado graficamente. No Quadro 1 abaixo sintetizamos a relação dos níveis de processamento da informação e as correspondentes atividades cognitivas semióticas que caracterizam as ações de construção da estrutura gráfica, numérica e conceitual.

Nível de Processamento	Atividade Cognitiva Semiótica	Ações de Construção/Interpretação do Gráfico Cartesiano
Informação Explícita	Formação	Eixos Cartesianos Ortogonais
		Título
	Conversão	Variáveis Envolvidas
		Escala
Informação Implícita	Tratamento	Par de Coordenadas
		Comportamento da Curva
		Taxa de Variação
Informação Conceitual	Conversão	Novos Pares Coordenados
		Legenda
		Descrição Formal do Fenômeno
		Elaborar Explicações

Quadro Teórico de Análise dos níveis de processamento da informação/atividades cognitivas semióticas e ações construtivas correspondentes.

Considerações Finais

Pretendemos com este trabalho evidenciar as convergências entre as linhas de pesquisa da Psicologia Cognitiva de Duval e de Postigo e Pozo, as quais resultaram na constituição do quadro teórico de análise. Dessa forma, pode-se compreender o processo de construção do gráfico cartesiano com maior profundidade. Foi mostrado que cada elemento gráfico produzido está sujeito a distintos níveis de processamento da informação gráfica e específicas atividades cognitivas semióticas.

Conclui-se que o uso do referencial analítico proposto para a análise de gráficos cartesianos a partir de tabelas permite que sejam acompanhadas as atividades cognitivas do estudante ao transformar a tabela em gráfico cartesiano segundo o

referencial da semiótica. Espera-se, por meio de tal referencial, que seja possível verificar o grau de domínio da representação gráfica acompanhada pelas etapas de formação e transformação, podendo categorizá-las em níveis de processamento da informação gráfica, crescentes e mais complexos.

Referências

- AGRELLO, D. A.; GARG, R.. Compreensão de gráficos em cinemática em física introdutória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n. 4, março 1999.
- ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A.. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, pp. 179-184, março 2004.
- BELLUCO A.; CARVALHO A. M. Construindo a linguagem gráfica em uma aula experimental de Física. **Ciência & Educação**, v.15, n.1, p. 61-84, 2009.
- DUVAL, R. **Semiosis y pensamiento humano**. Registros semióticos y Aprendizajes Intelectuales. Cali, Colômbia: Merlin, I.D. 2004. Título do original: Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels.
- DUVAL, R. Comment analyser Le fonctionnement reoresetationnel dès tableaux et leur diversité? **SPIRALE - Revue de Recherches en Éducation**. Faculdade de Ciências da Educação da Universidade Charles de Gaulle, Lille-3, n. 23, 2003.
- FLORES C. R.; MORETTI, M. T. O funcionamento cognitivo e semiótico das Representações gráficas: ponto de análise para a aprendizagem matemática. **GT: Educação Matemática**/n.19. Disponível em: http://www.ufrj.br/emanped/paginas/conteudo_producoes/docs_28/funcionamento.pdf. Acesso em 20/05/10.
- GARCÍA, J. J. G.; PALACIOS F. J. P. ¿Comprenden los estudiantes las gráficas cartesianas usadas en los textos de ciencias? **Enseñanza de Las Ciencias**. Revista de investigación y experiencias didácticas, Barcelona, v. 25, n. 1, p. 107-132, 2007.
- JULIO, J.; VAZ, A.; BORGES T. Construção de gráficos em atividade de investigação: microanálise de aulas de física. In: XI ENCONTRO DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, Curitiba, 2008.
- MIRANDA, L.; RADFORD, L.; GÚZMAN, J. Interpretación de gráficas cartesianas sobre el movimiento desde el punto de vista de la teoría de la objetivación. **Educación Matemática**, v. 19, n. 3, 2007.
- POSTIGO, Y.; POZO, J.I. Cuando una gráfica vale más que 1.000 datos: la interpretación de gráficas por alumnos adolescentes. **Infancia y Aprendizaje**, Salamanca, v. 90, p. 89-110, 2000.
- SHAH,P; HOEFNNER, J. Review of Graph Comprehension Research: Implications for Instruction. **Educational Psychology Review**, v. 14, n. 1, 2002.
- SHARMA S. High School students interpreting tables and graphs: implications for research. **International Journal of Science and Mathematics Education**, v. 4, p. 241-168, 2005.
- TESTA, I.; MONROY, G.; SASSI, E. Students' reading images in kinematics: the case of real-time graphs. **International Journal of Science Education**, v. 24, p.235-256, 2002.
- WU, H.; KRAJCIK, J. S.. Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: a case study of seventh graders' use of data tables and graphs. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, n. 1, pp. 63-95, 2006.