

Antônio Marcos Vieira Costa

A INTERPRETAÇÃO
DE GRÁFICOS DE
MOVIMENTO

Belo Horizonte

2010

Antônio Marcos Vieira Costa

A INTERPRETAÇÃO DE GRÁFICOS DE MOVIMENTO

Dissertação apresentada ao curso de Mestrado da Faculdade de Educação da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação.

Linha de Pesquisa: Educação e Ciência

Orientador: Prof. Dr. Antônio Tarciso Borges
Universidade Federal de Minas Gerais

Belo Horizonte
Faculdade de Educação da UFMG
2010

Dedico este trabalho à minha
família.

Agradecimentos

Ao meu orientador Tarciso, por sua dedicação, disponibilidade e paciência.

Aos meus pais, pelo carinho e confiança.

À Elaine, por estar sempre ao meu lado.

A toda minha família, pela motivação em buscar sempre o melhor com alegria, honestidade e dignidade.

Aos colegas do setor de Física do Coltec que me inspiraram a trilhar o caminho da pesquisa.

Aos irmãos do Asthar, amigos inesquecíveis.

À diretoria do colégio Educare pela concessão do espaço físico e de tempo para implementação da pesquisa.

Aos professores do programa de pós-graduação da FaE-UFMG, por instigarem importantes reflexões durante esta jornada.

Aos estudantes que voluntariamente participaram desta pesquisa.

RESUMO

Na sociedade contemporânea, as representações visuais como os gráficos, tabelas, diagramas e outras formas de inscrições, são consideradas ferramentas comuns para aplicações que apresentam informações quantitativas. Tais formas podem ser encontradas nos mais variados meios sociais: são exibidos pela mídia impressa e digital, adotados como ferramentas para a comunicação e raciocínio nas pesquisas científicas, considerados como componentes básicos para a educação. Nesta última instância, destaca-se a intensa utilização dos gráficos para descrever o comportamento de grandezas que são tratadas no ensino de Física. Esta disciplina faz uso de gráficos na totalidade dos assuntos por ela abordada, principalmente no estudo do movimento - a Cinemática. Desta forma, a aprendizagem do uso da linguagem gráfica torna-se fundamental para atender a uma demanda social e também para compreensão de fenômenos tratados pela Física e outras Ciências.

Apesar da relevância dos gráficos, pesquisas realizadas em vários países indicam que estudantes de todos os níveis de ensino, bem como pessoas que já passaram pela educação básica ou superior, enfrentam dificuldades na interpretação e utilização gráfica. Testes e levantamentos como o PISA e o INAF revelam que uma parcela significativa da população de jovens e adultos desenvolve pouco essas competências e práticas durante a educação básica.

Esta pesquisa tem por finalidade investigar o entendimento dos estudantes do ano final do ensino fundamental acerca da utilização gráfica aplicada para a descrição de um movimento, bem como perceber como esta utilização é modificada durante uma sequência de ensino que aborda esse tema. A investigação adota como foco a forma com que os estudantes inventam, interpretam e comunicam inscrições relacionadas a situações-problema específicas. Os resultados indicam que os estudantes participantes da pesquisa possuem um repertório de formas gráficas que é satisfatório para representar e interpretar situações simples comumente tratadas pela mídia. No entanto, nem todos os tipos de gráficos que descrevem o movimento são utilizados da mesma forma pelos estudantes. O conhecimento conceitual acerca das grandezas que os gráficos representam tem impacto diferenciado sobre o desempenho dos estudantes em atividades que requerem a leitura e interpretação de gráficos na cinemática. As dificuldades, estratégias e recursos manifestados pelos estudantes são apresentados e discutidos. Implicações para o ensino e aprendizagem de ciências também são discutidos.

ABSTRACT

In contemporary society, visual representations such as charts, tables and other inscriptions are considered common tools for applications that present quantitative information. Visual representations can be found in different social environments: they are displayed in print and digital media, adopted as a standard tool for scientific thinking and communication, and considered as a basic component for scientific education. Science education is characterized by intense use of charts, which is emphasized in physics, wherein charts are used to describe the behavior of variables. This discipline uses graphs on practically all subjects, especially in the study of motion. Therefore, learning to use graphical language becomes essential to meet a social demand and also for understanding phenomena addressed by physics and other sciences.

Despite the relevance of graphics, researches conducted in several countries indicate that students from all segments and even graduates face difficulties in reading and interpreting graphs. Tests and surveys such as PISA and INAF reveal that a significant portion of the young and adult population develops little of these competencies and practices during basic education.

This research aims to investigate students' understanding about using graphs applied to describing motion and also to comprehend how such use changes during a short course on graph. Students who participated in this research were in the final year of elementary school. The research has as its focus the ways students invent, interpret and communicate inscriptions related to specific situations. The results indicate that those students have a repertoire of graphic forms that are suitable to represent and interpret simple situations commonly treated by the media. However, the use of graphics in kinematics is constrained by the shallow conceptual understanding of the magnitudes represented, and therefore, graphics are not always used in a natural way by the students. The difficulties, strategies and resources expressed by students are presented and discussed. Implications for teaching and learning are also discussed.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: Focos de queimada em território brasileiro entre 01 e 14 de julho de 2007	14
FIGURA 2: Casos notificados de dengue no Brasil 1990 - 2007.....	14
FIGURA 3: Exemplo de narrativa espaço-temporal	15
FIGURA 4: Exemplo de gráfico relacional.....	15
FIGURA 5: Exemplo de um gráfico de barras.....	16
FIGURA 6: Exemplo fictício de gráfico circular.....	16
FIGURA 7: Exemplo de gráfico de linha.....	17
FIGURA 8: Representação gráfica para o comportamento de resistores.....	19
FIGURA 9: Força gravitacional e sua relação com a distância de separação entre dois corpos.....	20
FIGURA 10: Catástrofe do Ultravioleta	21
FIGURA 11: A posição P de um ponto em um sistema de três coordenadas	22
FIGURA 12: A posição de um ponto em um sistema de apenas uma coordenada	22
FIGURA 13: Gráfico de posição em função do tempo	23
FIGURA 14: Gráfico de velocidade em função do tempo	24
FIGURA 15: Desempenho dos estudantes no TUGK.....	30
FIGURA 16: O desenho de A9 - Fotografia estroboscópica.....	60
FIGURA 17: O desenho de A1 - Vento e velocidade	62
FIGURA 18: O desenho de A8 – Velocímetros.....	63
FIGURA 19: O desenho de A12 – Placas, números e velocidade	64
FIGURA 20: O desenho de A10 – Inércia	65
FIGURA 21: O gráfico de A8 - O movimento em um gráfico de coluna	75
FIGURA 22: O gráfico de A13 – O movimento em um gráfico de linha	76
FIGURA 23: O gráfico de A9	78
FIGURA 24: O gráfico de A7	78
FIGURA 26: O desenho de A13 – Velocímetros.....	94
FIGURA 27: O gráfico de A13 - Quantidades expressas em um gráfico	97

FIGURA 28: O desenho de A4 - O movimento do carro.....	98
FIGURA 29: O gráfico de A4 - Gráfico alternativo	99
FIGURA 31: Gráfico inicial de A13 para a situação I.....	101
FIGURA 32: Gráfico inicial de A4 para a situação I.....	101
FIGURA 33: Gráfico final da dupla para a situação I.....	102
FIGURA 35: Gráfico inicial de A13 para a situação II.....	103
FIGURA 36: Gráfico inicial de A4 para a situação II.....	104
FIGURA 37: Gráfico final da dupla para a situação II	104
FIGURA 38: Gráfico de velocidade criado pela dupla.....	111
FIGURA 39: Gráfico construído pela dupla para representar o movimento do metrô através de sua velocidade	121
FIGURA 40: Gráfico construído pela dupla para representar o movimento do metrô através de sua posição.....	122
FIGURA 42: Procedimento para determinação da distância	128
FIGURA 43: Representação para o movimento do navio através de sua velocidade.....	130
FIGURA 44: Representação para o movimento do navio através de sua posição	133

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1: Desempenho dos estudantes na primeira avaliação.....	47
GRÁFICO 2: Desempenho dos estudantes na segunda avaliação	71
GRÁFICO 3: Desempenho dos estudantes na terceira avaliação	72
GRÁFICO 4: Comparativo entre os desempenhos dos estudantes nas três avaliações.....	73

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Sequência de ensino	41
QUADRO 2: Sistema de avaliação	43
QUADRO 3: Relação dos itens da primeira avaliação	46
QUADRO 4: Questão 05 - Primeira avaliação	48
QUADRO 5: Exemplos de gráficos produzidos para a questão 05.....	50
QUADRO 6: Exemplos de tabelas produzidas para a questão 05.....	51
QUADRO 7: Exemplo de desenho produzido para a questão 05	52
QUADRO 8: Questão 07 – primeira avaliação	53
QUADRO 9: Questão 04 - primeira avaliação.....	55
QUADRO 10: Questão 03 - Primeira avaliação	59
QUADRO 11: Questão 06 - Primeira avaliação	66
QUADRO 12: Avaliações.....	70
QUADRO 13: Relação dos itens da segunda avaliação.....	70
QUADRO 14: Relação dos itens da terceira avaliação.....	71
QUADRO 15: Questão 01(Item I) - Segunda avaliação	75
QUADRO 16: Questão 01(Item II) - Segunda avaliação.....	77
QUADRO 17: Questão 02 - Segunda avaliação	79
QUADRO 18: Questão 04 – Primeira/Terceira avaliação	81
QUADRO 19: Questão 02 - Terceira avaliação.....	83
QUADRO 20: Questão 03 - Segunda avaliação	86

QUADRO 21: Incidência de representações produzidas para a mesma questão na primeira e terceira avaliação.....	87
QUADRO 22: Questão 01 - Atividade realizada no segundo encontro.....	89
QUADRO 23: Questão 05 - Atividade realizada no segundo encontro.....	91
QUADRO 24: Situação I – Atividades do Segundo encontro	101
QUADRO 25: Situação II – Atividade do segundo encontro	103
QUADRO 26: Questão 01 - Terceiro encontro.....	108
QUADRO 27: Questão 02 - Terceiro encontro.....	113
QUADRO 28: Comparação entre as representações para o movimento criadas pela dupla no primeiro e terceiro encontro.....	115
QUADRO 29: O movimento de uma composição de metrô.....	118
QUADRO 30: O movimento do navio.....	124

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
1.1	Proposta geral da pesquisa	10
2	REPRESENTAÇÕES, INSCRIÇÕES E GRÁFICOS	12
2.1	Gráficos e a Alfabetização científica	17
2.2	Gráficos nas Ciências e na Física	18
2.3	A física e a representação gráfica do movimento	21
2.4	Pesquisas sobre a aprendizagem de gráficos	25
2.5	O problema	34
3	METODOLOGIA	36
3.1	Questões da pesquisa	36
3.2	Descrição da escola	37
3.3	Amostra	37
3.4	Instrumentos e métodos de coleta de dados	38
3.5	Análise dos dados	42
4	ANÁLISE DOS RESULTADOS I	45
4.1	Primeira Avaliação: Conhecimento prévio dos estudantes	45
4.2	Construindo e interpretando representações	48
4.3	Como os estudantes representam o movimento	58
4.4	A interpretação de um gráfico de velocidade	66
4.5	Características gerais do grupo na primeira avaliação	68
4.6	Segunda e Terceira avaliação	69
4.6	A representação gráfica do movimento na segunda e terceira avaliação	74
4.7	Gráficos de outros domínios na segunda avaliação, terceira avaliação e encontros intermediários	85
5	ANÁLISE DOS RESULTADOS II - ESTUDO DE CASO	92
5.1	Características Gerais da dupla	92
5.1.1	O desempenho de A13 na primeira avaliação	93
5.1.2	O desempenho de A4 na primeira avaliação	97
5.1.3	As Principais características da dupla	99
5.2	A utilização de gráficos aplicados em situações gerais	100

5.3 O desenvolvimento da representação gráfica do movimento	106
5.3.1 A representação do movimento	106
5.3.2 O movimento do metrô	116
5.3.4 O movimento do navio	123
6 CONCLUSÃO	135
6.1 Principais resultados e conclusões	136
6.2 Respondendo as questões de pesquisa	141
6.3 Implicações educacionais	148
6.4 Novas questões de pesquisa	150
7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	152

1 INTRODUÇÃO

1.1 Proposta geral da pesquisa

Na sociedade contemporânea, os gráficos, bem como outras formas de representação visuais, são considerados ferramentas comuns para aplicações que apresentam informações quantitativas. Os gráficos são utilizados para representar funções matemáticas, exibir conjuntos complexos de dados de pesquisas em ciências sociais e naturais, e comunicar teorias em livros textos e outras mídias impressas (SHAH E HOEFFNER, 2002). A ampla utilização desta ferramenta está relacionada com sua capacidade de organizar os dados de maneira sistemática e sintética, o que pode contribuir de maneira importante para facilitar a leitura e compreensão de idéias relacionadas com um conjunto de dados. Talvez este seja um dos principais motivos que tornou a utilização dos gráficos uma exigência da sociedade contemporânea. Eles podem ser encontrados nos mais diversos meios sociais: são exibidos pela mídia - em telejornais, jornais, revistas, sítios e também em artigos online -, adotados como ferramenta padrão para comunicação e raciocínio em pesquisas científicas, considerados como componentes básicos para a educação - o que faz com que eles sejam observados em livros didáticos de várias disciplinas. É esta última instância, mais especificamente na utilização de gráficos pela física, que a presente pesquisa trata.

Da pré-escola até os períodos finais dos cursos de graduação as formas de representação tornam-se sucessivamente mais avançadas e sofisticadas. Os estudantes estão habituados a encontrar estas representações não apenas nos livros e aulas de matemática ou ciências, mas também em disciplinas como história e geografia. Dentre o conjunto de disciplinas tratadas na educação básica, a Física se destaca por utilizar gráficos na totalidade de seus temas. Um gráfico descrevendo um evento físico permite que sejam reconhecidos padrões e tendências, que em uma tabela são mais difíceis de visualizar, favorecendo o entendimento de informações quantitativas.

Apesar da importância dos gráficos para o ensino de física, pesquisas indicam que muitos estudantes apresentam dificuldades em interpretá-los e entendê-los (MCDERMOTT E ROSENQUIST, 1987; BEICHNER, 1994; AGRELLO E GARG, 1999). No entanto, pouco é conhecido a respeito de como o entendimento dos estudantes sobre gráficos se desenvolve ao

longo do tempo, pois o principal foco da maioria das pesquisas sobre gráficos está direcionado apenas para o mapeamento das dificuldades apresentadas pelos estudantes em resolver problemas e tarefas que envolvem representações gráficas.

Este estudo tem o objetivo de apresentar os principais aspectos envolvidos no desenvolvimento de práticas que exigem a utilização de gráficos por estudantes que participaram de uma sequência de ensino cujo foco era introduzir a representação gráfica do movimento. Decidimos conduzir a investigação com estudantes do último ano do ensino fundamental, pois o principal interesse é caracterizar as competências representacionais com que os estudantes chegam ao ensino médio. Investigamos também que recursos e conhecimentos os estudantes mobilizam em atividades de construção, leitura e interpretação de gráficos em contextos típicos da educação em ciências.

2 REPRESENTAÇÕES, INSCRIÇÕES E GRÁFICOS

Na cultura popular o termo representação pode ser entendido, de maneira geral, como a utilização de uma cena, desenho ou imagem para se representar um fato ou um objeto. No entanto, o contexto científico apresenta uma definição mais abstrata para o termo representação. A ciência procura entender e explicar fenômenos naturais complexos. A realidade em que tais fenômenos se fazem presentes é reconstruída através de modelos simplificados que podem ser expressos através de representações. Estas representações utilizadas pelas ciências são conhecidas como representações científicas e suas formas mais comuns são os gráficos, tabelas, mapas, diagramas, fotografias, representações virtuais, equações, entre outras (GILBERT, 2005). A ciência, portanto, admite a impossibilidade de retratar diretamente um fenômeno, como se a explicação fosse a própria realidade. Isso apenas é feito a partir da representação do fenômeno.

O termo representação pode também ser empregado para se referir a estruturas internas (mentais) apresentadas por um determinado sujeito. Para evitar a ambigüidade deste termo, o termo inscrição pode ser adotado para se referir aos diversos tipos de transformações que materializam uma entidade na forma de uma representação externa e acessível aos outros, como um arquivo, um documento, um diagrama ou riscos de uma caneta em uma folha de papel (LATOURE, 1999). Nesta pesquisa, o termo representação é compreendido como um sinônimo de inscrição. As inscrições podem ser usadas para demonstrar um determinado conhecimento, expressar idéias, fazer previsões, interpretar um fenômeno, entre outros. As práticas que envolvem ou requerem a utilização de inscrições são denominadas práticas inscricionais (KRAJCIK, 1991; KOZMA E RUSSEL, 1997). As inscrições são fundamentais na produção e comunicação de novos conhecimentos nas Ciências e caracterizam-se como constituintes integrais às práticas científicas. Estudos sugerem que a realidade e o conhecimento científico são construídos através da manipulação de diversas inscrições (KNORR-CETINA, 1983; LYNCH & WOOLGAR, 1990). Dentre o conjunto de inscrições manipuladas durante a criação e divulgação do conhecimento científico, os gráficos provavelmente tornaram-se a ferramenta mais importante para cientistas representarem seus dados, pois eles constituem ilustrações materializadas em algum meio físico de padrões de comportamento e das relações entre diferentes variáveis (BASTIDE, 1990; LEMKE, 1998).

Neste estudo iremos investigar a utilização de gráficos, por estudantes do ensino fundamental, para representar diversas situações. Em particular, o trabalho tem interesse em examinar como os estudantes representam tipos específicos de movimento e transitam entre a representação gráfica e verbal. O interesse se justifica pelo fato de que o estudo de Física no ensino médio ou como é usual em algumas escolas, ao final do ensino fundamental, começa com a cinemática que faz uso extensivo de gráficos de linha para representar a evolução temporal de grandezas como a posição, velocidade e aceleração de um objeto em movimento. A investigação que conduzimos acerca de como os estudantes utilizam gráficos para representar o movimento ao final do ensino fundamental, bem como aprendizagens que ocorreram ao longo de uma sequência de ensino com duração de sete semanas, consistiu em analisar as competências representacionais dos estudantes a partir das produções que eram por eles criadas nas atividades realizadas. O termo competência representacional refere-se aos saberes e entendimentos que podem ser inferidos de um conjunto de habilidades e práticas que permitem que uma pessoa utilize de maneira reflexiva uma variedade de representações, isoladamente e em conjunto, para: criar inscrições para expressar idéias; usar inscrições simbólicas e microscópicas para explicar um fenômeno e fazer previsões; usar apropriadamente uma inscrição para uma dada tarefa; raciocinar; comunicar e compreender entidades e processos físicos (KOZMA, 2000; KOZMA & RUSSEL, 1997).

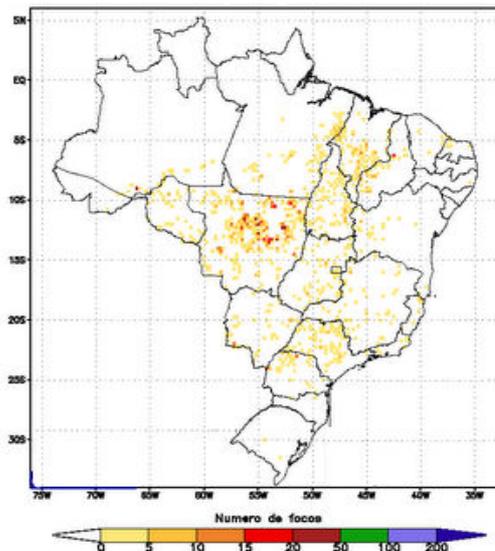
O desenvolvimento de competências de produção, leitura e interpretação de gráficos é importante, uma vez que os gráficos constituem uma forma de expressão na qual uma grande quantidade de informação pode ser apresentada de forma sintética, padronizada e sistemática. Essas qualidades tornaram os gráficos ferramentas importantes para o raciocínio e a comunicação nas ciências e outras áreas que necessitam da organização visual de dados. A aprendizagem de utilização de gráficos possibilita que os estudantes organizem informações, identifiquem padrões e tendências em conjuntos de dados, representem relações entre variáveis envolvidas em uma situação concreta, façam previsões sobre o desenrolar dos fenômenos que são representados, além de auxiliar na construção de argumentos em forma oral e escrita.

O termo em inglês *graph* (gráfico) pode ser facilmente encontrado na literatura estrangeira que aborda o tema das representações visuais. Nesse contexto, o termo gráfico é utilizado de maneira mais ampla para designar um conjunto de múltiplas formas inscricionais que podem ser utilizadas para organizar e sistematizar complexos conjuntos de dados facilitando a

visualização e a comunicação. Tuft (1983) identificou quatro principais formas de representação gráfica de dados quantitativos, que são apresentados e ilustrados a seguir.

a) Mapa: forma em que as posições dos objetos ou eventos são representadas em um espaço geográfico. A figura 1 mostra um mapa geográfico que representa os principais focos de queimadas distribuídos em território nacional.

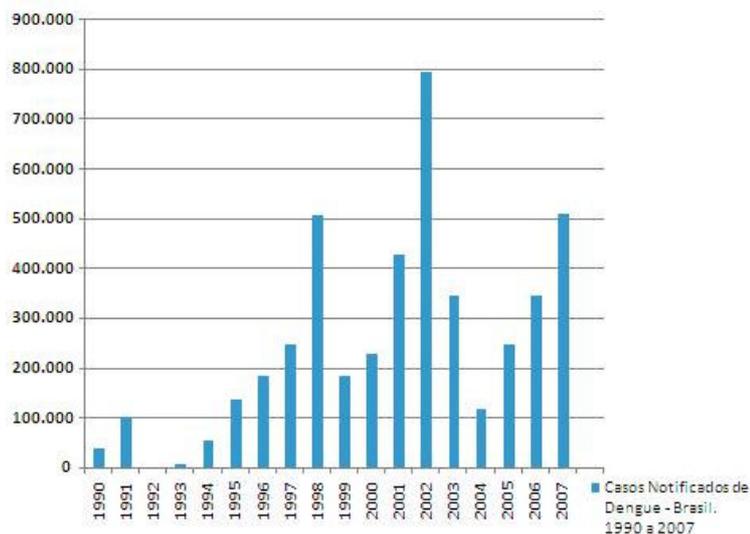
FIGURA 1: Focos de queimada em território brasileiro entre 01 e 14 de julho de 2007



Fonte: www.inpe.br

b) Série temporal: forma em que as posições dos objetos ou eventos são representadas como uma função do tempo. A figura 2 apresenta um gráfico que indica o número de casos de dengue no Brasil compreendidos entre 1990 e 2007.

FIGURA 2: Casos notificados de dengue no Brasil 1990 - 2007



Fonte: www.midiaedengue.files.wordpress.com

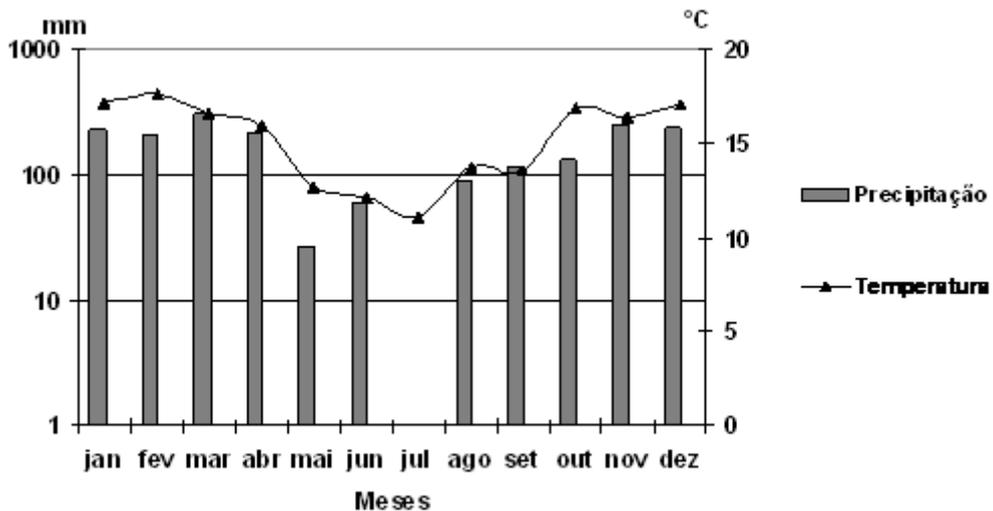
c) Narrativas espaço-temporais: forma em que as posições dos objetos ou eventos são representadas como função do tempo e do espaço. A figura 3 apresenta um exemplo de narrativa espaço-temporal fictício que indica a principal região econômica do Brasil através do tempo.

FIGURA 3: Exemplo de narrativa espaço-temporal



d) Gráficos relacionais: forma que relaciona variáveis que dependem entre si, logo, a variação de uma afeta a outra. A figura 4 apresenta um exemplo de gráfico relacional que relaciona o índice de precipitação com a temperatura.

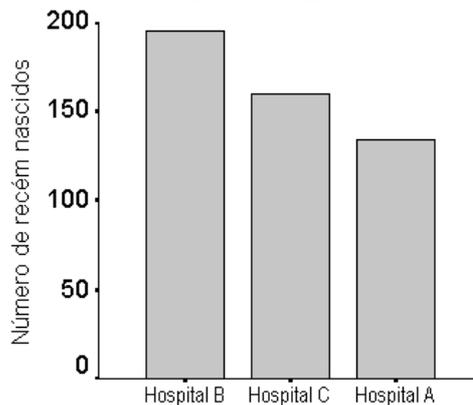
FIGURA 4: Exemplo de gráfico relacional



Ao utilizar o termo gráfico este estudo pretende se referir aos diversos tipos de displays gráficos como gráficos XY, gráficos de dispersão, gráficos de barras e gráficos circulares. A seguir são apresentados exemplos destes tipos de displays gráficos.

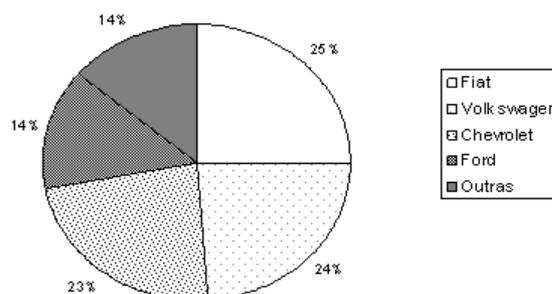
Um gráfico de barra é formado a partir de duas linhas (dois eixos), sendo uma na horizontal e uma vertical. Na linha horizontal estão estabelecidas as colunas que vão representar todas as variações de um determinado assunto, a linha vertical mede a intensidade de variação. As barras deste tipo de gráfico são encontradas em duas formas principais: na representação simbólica de uma certa grandeza ou na correspondência numérica. A figura 5 apresenta um exemplo de um gráfico de barras que indica a quantidade de recém nascidos em três diferentes hospitais.

FIGURA 5: Exemplo de um gráfico de barras



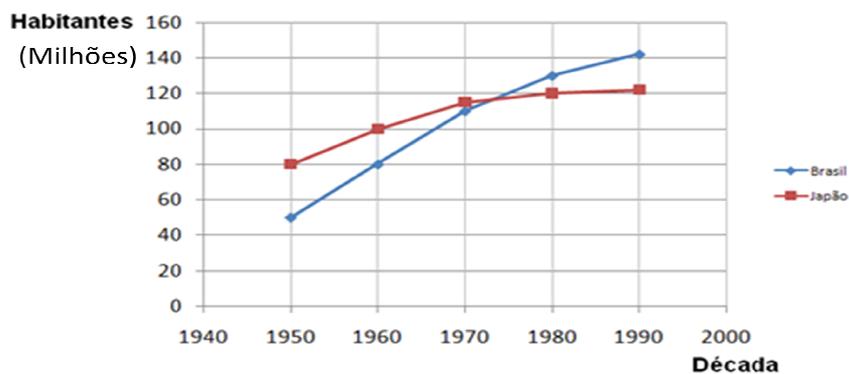
Um gráfico circular, que também é conhecido como gráfico de pizza, ao invés do uso de colunas, um círculo é empregado para representar um conjunto de dados. Este círculo é dividido de acordo com a proporção de um fenômeno ou tema. Quanto maior o tamanho da “fatia”, maior será o valor que ela representa. A figura 6 traz um exemplo que representa a divisão do mercado brasileiro de automóveis.

FIGURA 6: Exemplo fictício de gráfico circular



Um gráfico de linha é construído a partir de um conjunto de pontos que, ligados por segmentos de reta ou uma curva suave, expressam a idéia de uma linha de tendência. É o tipo de gráfico mais apropriado para indicar relações entre as grandezas representadas e mostrar quantidades que mudam com o tempo. A análise deste tipo gráfico possibilita perceber se a quantidade está aumentando ou diminuindo e se essa variação é grande ou pequena. A figura 7 representa um exemplo de gráfico de linha que trata o crescimento populacional do Brasil e do Japão através do tempo.

FIGURA 7: Exemplo de gráfico de linha



Fonte: Revista Veja n° 2038

2.1 Gráficos e a Alfabetização científica

A relevante utilidade das inscrições para a sociedade contemporânea fez com que os pesquisadores em educação em ciências e vários documentos que orientam a estruturação e organização curricular no Brasil e de vários outros países passassem a reconhecer a necessidade de abordagem explícita do tema na educação básica. Alguns desses documentos destacam a importância das inscrições para a comunicação e formulação de idéias criadas pelos estudantes em atividades escolares, ao considerar as inscrições como elementos fundamentais para o desenvolvimento da alfabetização científica (AAAS, 1989; NSES, 2000; NSF, 2005). Esses documentos argumentam que a utilização de gráficos, tabelas, diagramas e desenhos servem como modelo de comunicação e compreensão de idéias. No Brasil, os PCNs (1997) de ciências naturais para os ciclos do ensino fundamental sugerem que os alunos devam desenvolver a capacidade de utilizar tabelas, gráficos, esquemas e desenhos para registrar e organizar dados extraídos de um determinado modelo observado. No ensino médio

as inscrições estão presentes na totalidade das disciplinas, não se restringindo apenas às ciências e a matemática. Por exemplo, em história e geografia, mapas, gráficos e tabelas são utilizados para expressar visualmente um conjunto de dados quantitativos. O PCN+ de Física (2002) para o ensino médio admite tal ciência como portadora de uma linguagem própria, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, implicando na introdução das várias formas envolvidas por essa linguagem, como tabelas, gráficos, diagramas e esquemas.

2.2 Gráficos nas Ciências e na Física

O uso da linguagem gráfica constitui parte fundamental da prática de ensino de Ciências. A relação entre as representações visuais e as representações verbais no ensino de Ciência é vista de modo mais amplo, sendo entendida não somente como facilitadora, mas, principalmente, como multiplicadora de significados (LEMKE, 1987). É neste sentido que os livros didáticos de Física, Química e Biologia utilizam conjuntamente com o texto, gráficos e outras representações visuais diversificadas com o objetivo de ilustrar e destacar certos aspectos de fenômenos e facilitar a criação de significados a partir da combinação entre as representações verbais e visuais. No entanto, em alguns casos os gráficos encontrados em livros didáticos podem gerar o efeito contrário do esperado e afetar negativamente o processo de ensino-aprendizagem devido à elevada complexidade envolvida na representação (NASS E IPÓLITO, 2009)

Friel, Curcio e Bright (2001) definem os gráficos de modo genérico como uma forma de transmissão de informação por meio da localização de pontos, linhas ou áreas em uma superfície bidimensional.

Dentre as várias formas de representação, a Química adota o uso de gráficos para descrever diversos fenômenos abordados em estudos como Equilíbrio Químico, Comportamento dos gases, Termoquímica, Eletroquímica, dentre outros. Nass (2008) realizou um levantamento que indicou a presença intensa dos gráficos cartesianos nos principais livros didáticos brasileiros de Química para o ensino médio. Este mesmo tipo de levantamento realizado por Han e Roth (2006) indica que os gráficos representam aproximadamente 5% dos 10 gêneros de inscrições científicas identificadas em 9 livros didáticos utilizados na Coreia. Na Biologia, os gráficos estão presentes no estudo de tópicos como Fotossíntese, Dinâmica Populacional,

Biologia Celular, entre outros. Krasilchick (2008) discute a importância da prática de ensino de biologia contemplar os aspectos propostos pelos PCN's e outros documentos que norteiam o ensino de ciências biológicas, de forma a apresentar, de maneira organizada, o conhecimento biológico aprendido através da linguagem gráfica.

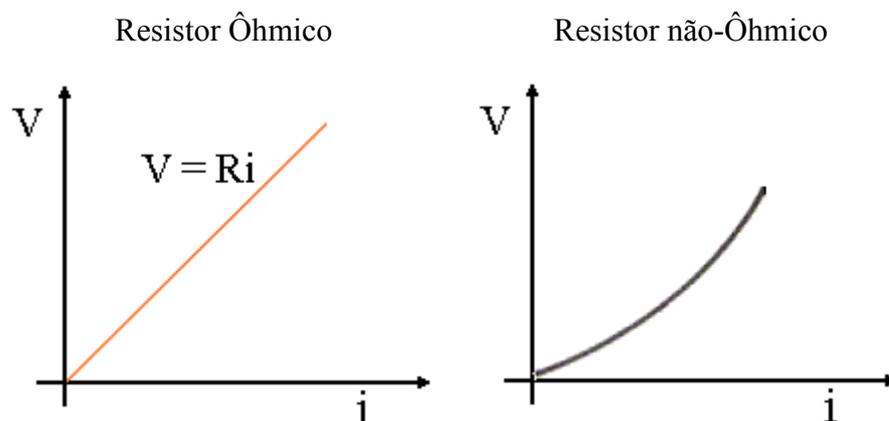
A Física emprega o uso de gráficos na totalidade dos assuntos por ela abordada. Este fato pode ser justificado através de uma característica própria da Física em descrever os fenômenos através do uso de variáveis e das relações entre as variáveis que caracterizam cada fenômeno. Desta forma, o uso da linguagem gráfica torna-se fundamental como ferramenta para facilitar a visualização e lembrança futura dos padrões de comportamentos de certas variáveis de interesse e possibilitar uma melhor compreensão do fenômeno.

Um livro de física, bem como as intervenções em sala de aula, podem utilizar os gráficos com finalidades diferentes. A seguir são apresentados alguns exemplos de aplicações de gráficos encontrados em livros de Física destinados ao ensino médio.

No estudo da Lei de Ohm, por exemplo, os gráficos são aplicados para diferenciar dois tipos de resistores: Ôhmicos e não Ôhmicos. A percepção do arranjo visual particular para cada tipo de resistor facilita o processo de caracterização de cada um deles a partir do comportamento da tensão em função da corrente elétrica, como apresentado pela figura 8.

“Para condutores Ôhmicos, a expressão $V = R \cdot i$ nos mostra que a tensão V é diretamente proporcional ao valor da corrente elétrica i , pois valor de R permanece constante. Portanto, se construirmos um gráfico $V \times i$ para um resistor ôhmico, obteremos uma reta passando pela origem (...) Se o condutor não obedecer a lei de Ohm, o gráfico $V \times i$ não será retilíneo.” (ÁLVARES e LUZ, 2005b)

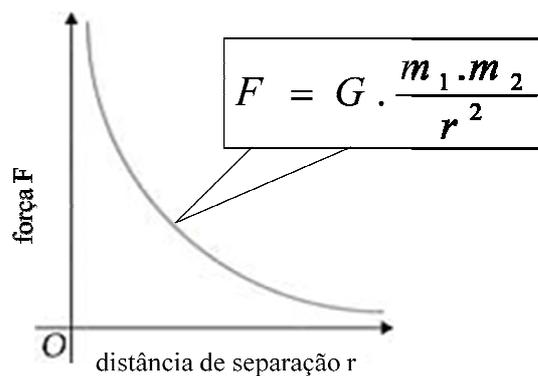
FIGURA 8: Representação gráfica para o comportamento de resistores



Um gráfico pode ser utilizado com o propósito de representar visualmente o comportamento de uma variável tratada a partir de uma relação matemática mais complexa. No estudo da Gravitação Universal, um gráfico pode ser utilizado para facilitar o entendimento da relação entre força e distância, uma vez que a equação que expressa tal relação pode ser considerada complexa para os estudantes que a utilizam pela primeira vez. A figura 9 apresenta um exemplo deste tipo.

“A força com que dois objetos se atraem é diretamente proporcional a cada uma de suas massas (m_1 e m_2) e inversamente proporcional ao quadrado da distância (r) entres eles (...) A intensidade da força diminui muito rapidamente com o aumento da distância.” (AMALDI, 1997)

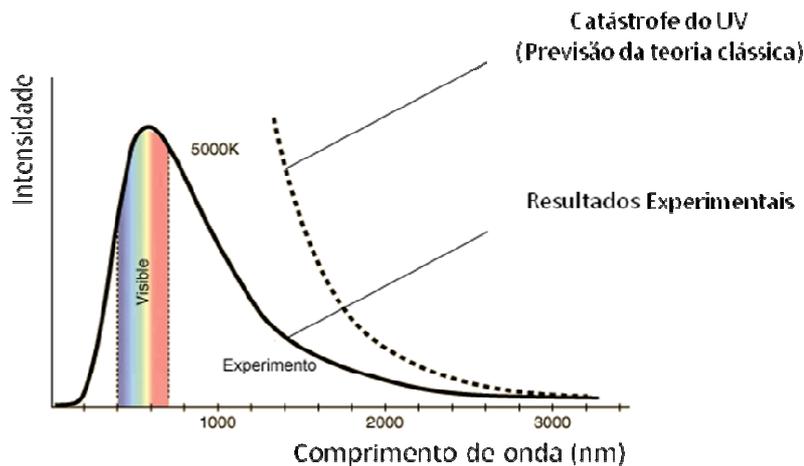
FIGURA 9: Força gravitacional e sua relação com a distância de separação entre dois corpos



No estudo da física moderna – radiação de corpo negro – é comum encontrarmos um gráfico, que relaciona intensidade da radiação em função do comprimento de onda, com a finalidade de indicar uma discordância entre os resultados experimentais e a física clássica. As teorias clássicas, que se baseavam no princípios da Termodinâmica e nas leis do eletromagnetismo, não eram capazes de explicar a forma do gráfico de distribuição da densidade de intensidade de radiação com o comprimento de onda considerando o caso de um emissor ideal, chamado de corpo negro. A solução obtida por Planck que logrou ajustar uma curva aos dados experimentais disponíveis só pode ser interpretada com a introdução do conceito de quantização da energia. Esta discussão é sintetizada pela figura 10.

“Ao explicar por meio da teoria clássica os resultados experimentais obtidos, observou-se que, para grandes comprimentos de onda, havia certa concordância com os resultados experimentais. Entretanto, para comprimentos de onda menores havia grande discordância entre a teoria e a experiência. Esta discordância é conhecida como **catástrofe do ultravioleta**”. (RAMALHO, NICOLAU e TOLEDO, 2009)

FIGURA 10: Catástrofe do Ultravioleta



A presente pesquisa pretende analisar as competências representacionais desenvolvidas e utilizadas por um grupo de estudantes que participou de uma sequência de ensino que requeria a utilização de gráficos para representar o movimento. O estudo descritivo de movimentos simples, é usualmente o primeiro tema abordado pela Física do início do ensino médio e é caracterizado pela uso intensivo de gráficos.

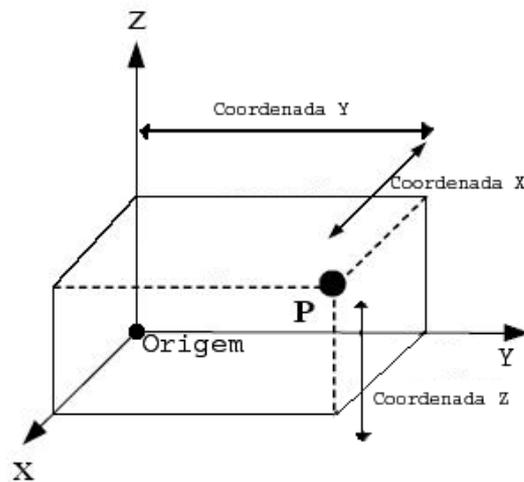
2.3 A física e a representação gráfica do movimento

Os gráficos utilizados na cinemática descrevem o comportamento de grandezas envolvidas no movimento de um objeto, como sua posição, velocidade e aceleração em função do tempo. A física convencionalmente faz uso de gráficos de linha, inseridos em eixos perpendiculares, em que o tempo – variável independente – é sempre representado no eixo das abscissas, enquanto a posição, a velocidade e a aceleração são variáveis dependentes do tempo e são representadas no eixo das ordenadas. Desta forma, a tarefa de representar o movimento através de um gráfico se divide em compreender um conjunto de regras e convenções utilizadas na produção e leitura desses gráficos, e ao mesmo tempo compreender os conceitos cinemáticos

envolvidos. Portanto, a apropriação de noções sobre como construir gráficos de linha – que é tradicionalmente feito pela matemática nas etapas finais do ensino fundamental - não garante o sucesso de utilização de gráficos aplicados a áreas específicas como a cinemática (MCDERMOTT e ROSENQUIST, 1987)

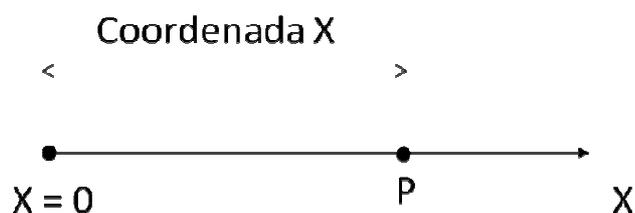
O conceito de posição é compreendido como a coordenada ocupada por um determinado objeto em um sistema de referência que pode ter de uma a três dimensões (X, Y e Z). A figura 11 representa posição P de um ponto construída através de três distâncias do ponto até a origem ($X=0$, $Y=0$ e $Z=0$).

FIGURA 11: A posição P de um ponto em um sistema de três coordenadas



As situações propostas pelos livros didáticos de física para a educação básica apresentam de um modo geral, tipos de movimentos que ocorrem no máximo em duas dimensões. Admitindo um objeto que se movimenta apenas em uma dimensão – como desenvolvido nas atividades da sequência de ensino desenvolvida por esta pesquisa –, sua posição P é estabelecida a partir de sua distância em relação à origem ($X=0$) seguida de um sinal que representa se o objeto se localiza à esquerda ou à direita da origem, como indicado na figura 12.

FIGURA 12: A posição de um ponto em um sistema de apenas uma coordenada

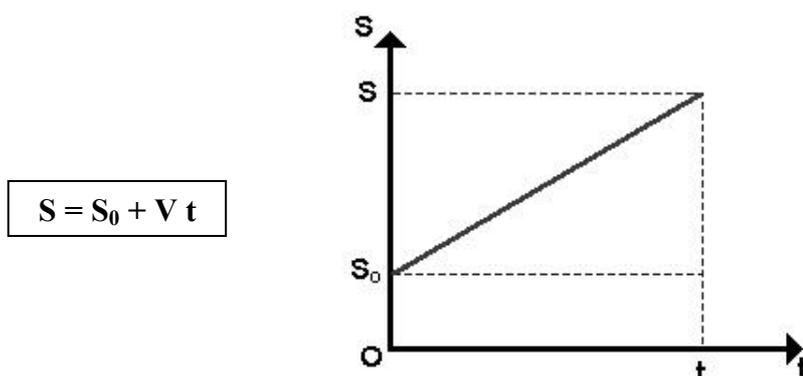


A velocidade de um móvel pode ser entendida como a rapidez com que ele percorre uma determinada distância. Este conceito é estabelecido a partir da relação de variação da posição de um objeto em função do tempo. Apesar da velocidade ser um conceito mais complexo por depender da compreensão do que é uma grandeza que varia continuamente com o tempo e cujo valor pode ser definido em cada instante de tempo, ele é tratado pelos estudantes com um menor grau de estranhamento. O fato é que o termo velocidade é de uso cotidiano e os estudantes, em geral, pensam em termos de velocidade média. Já o conceito de posição, não utilizado com o mesmo significado na linguagem comum, causa estranhamento como será tratada nos resultados.

A aceleração, assim como a velocidade, também representa uma taxa de variação, porém relacionada com a variação da velocidade em função do tempo. Na sequência de ensino, embora os estudantes se deparem com problemas que envolvem variações de velocidade, o conceito de aceleração não foi tratado e seus efeitos foram apenas discutidos informalmente.

Os livros didáticos de física apresentam diferentes formas para introduzir a utilização de gráficos aplicados ao estudo do movimento. A representação do movimento é abordada em alguns livros partir da relação entre uma equação matemática para o movimento (equação horária) e sua representação gráfica em um plano cartesiano, criando um tipo de abordagem semelhante ao estudo de Função e Geometria Analítica pela Matemática. Sendo assim, uma equação do primeiro grau pode representar a posição de um objeto em movimento uniforme, significando que ele possui velocidade constante. A figura 13 a seguir apresenta um gráfico que representa um movimento retilíneo uniforme onde “S” simboliza a posição ocupada por um móvel que partiu da posição inicial “S₀” com velocidade constante “V”, em função do tempo “t”. As letras S e X podem ser utilizadas para representar a posição.

FIGURA 13: Gráfico de posição em função do tempo

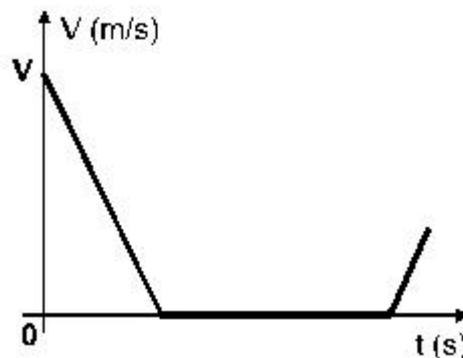


Como pode ser observado no gráfico, o móvel parte da posição S_0 e alcança a posição S após um intervalo de tempo t . A velocidade, neste tipo de gráfico, é representada de maneira implícita e pode ser calculada a partir dos dados presentes no gráfico, como sua inclinação.

Em outros livros, os gráficos não são tratados diretamente como uma consequência de uma equação horária do movimento, mas através de narrativas que descrevem um tipo de movimento e sua representação qualitativa. Desta forma, os gráficos são criados a partir das noções da constância, crescimento ou decrescimento de uma variável em função do tempo. A seguir é apresentada uma narrativa e a figura 14 apresenta um gráfico que é criado a partir desta estratégia.

“Um automóvel reduz sua velocidade uniformemente até parar. Após ficar um determinado intervalo de tempo em repouso, ele reinicia o movimento, aumentando sua velocidade gradativamente.

FIGURA 14: Gráfico de velocidade em função do tempo



A relação entre gráfico e narrativa é expressa pelas idéias de crescimento e decrescimento. O gráfico apresenta um decrescimento para a situação da velocidade diminuir, um segmento de reta horizontal sobre o eixo do tempo para indicar velocidade nula e um último crescimento para indicar o aumento da velocidade. A posição do automóvel é implícita neste tipo de gráfico, pois durante o percurso é possível admitir que o veículo se afastou da origem durante a redução de velocidade, permaneceu na mesma posição durante o repouso e se afastou ainda mais durante o aumento da velocidade.

Independente da abordagem adotada para se construir um gráfico da cinemática, o objetivo central dessa tarefa é representar em um plano cartesiano um tipo de movimento no tempo.

Na próxima seção apresentamos uma revisão que, dentre outros pontos, considera essa tarefa de difícil apropriação e utilização para os estudantes de diversos segmentos da educação.

2.4 Pesquisas sobre a aprendizagem de gráficos

Aberg_bengtsson e Ottosson (2006), em uma revisão de estudos sobre a utilização de gráficos, relatam que, desde a década de 1780, os gráficos e tabelas eram utilizados, bem como desenvolvidos, principalmente no âmbito econômico. Neste período, o uso de tabelas era predominante no meio científico e nas décadas seguintes a utilização de gráficos, para registrar, analisar e comunicar tornou-se cada vez mais popular nas ciências exatas. Na segunda metade do século XIX estudos pertencentes à estatística e às ciências sociais tornaram-se adeptos à utilização dos gráficos para expressar quantidades. A partir desse período, observou-se uma gradativa ampliação dos usos dessas formas inscricionais para os demais meios sociais.

Na sociedade contemporânea os sujeitos devem ser capazes de processar uma grande quantidade de informação que, frequentemente, é expressa através de gráficos, mapas, diagramas e tabelas que são veiculados através de jornais, revistas, livros, televisão e mídia eletrônica. Na escola básica os estudantes encontram situações em que é necessário lidar com gráficos e outras formas de representação visual. Durante o percurso escolar, as séries iniciais apresentam para os estudantes formas mais simples de representações que vão alcançando níveis de sofisticação cada vez mais elevados com o passar dos anos (LEMOS, 2006). Já existem escolas que apresentam aos seus estudantes recursos dinâmicos para a construção de gráficos que são gerados através de sensores e interfaces conectadas a um computador ou mesmo através de simulações computacionais (ARAUJO et al., 2004; BRUNGARDT & ZOLLMAN, 1995; ABERG-BEGTSSON, 2006, BORGES e RODRIGUES, 2005; SOBRINHO E BORGES, 2007, GOMES et al, 1999). O reconhecimento do uso das inscrições como uma exigência para sociedade contemporânea motivou diversas pesquisas a adotarem como foco a interação dos sujeitos com as diversas formas inscricionais.

Muitos pesquisadores contemporâneos sustentam opiniões divergentes sobre a facilidade ou não que os estudantes enfrentam em tarefas que envolvem a utilização de gráficos e tabelas. Lewandowsky e Spence (1989), assim como Wainer (1980), sugerem que a interpretação de

gráficos é uma tarefa simples e de fácil entendimento. Estes pesquisadores, através da aplicação de testes que continham alguns dos gráficos mais comumente utilizados, para cerca de 360 estudantes com faixa etária de 9 anos, sugerem que os estudantes alcançaram um desempenho mínimo aceitável para um adulto. Ainley (2000) relata uma espécie de leitura intuitiva de gráficos entre crianças de 6 anos de idade como um exemplo de simplicidade em certos aspectos inerentes a leitura de tais inscrições.

No entanto, outras pesquisas relatam que em vários aspectos a utilização de gráficos pode ser uma tarefa difícil para estudantes do ensino médio, superior e até mesmo graduados (BOWEN, ROTH & MCGINN, 1999; ROTH & BOWEN 1999; TAIRAB & AL-NAQUBI, 2004; DIEZMANN, 2000; MCDERMOTT e ROSENQUIST, 1987). A principal crítica dessas pesquisas aos autores que consideram que o desenvolvimento de práticas inscricionais é fácil – ou até mesmo intuitiva – é o fato deles se basearem em abordagens simplistas ou pouco elaboradas, tais como ler valores em um gráfico ou interpretar relações de proporções óbvias (PREECE, 1983). Isso despertou o interesse de pesquisadores em explorar as dificuldades observadas em atividades inscricionais elaboradas e não óbvias. Alguns resultados dessas pesquisas indicam que até mesmo cientistas que utilizam gráficos em suas rotinas podem apresentar dificuldades em interpretar corretamente formas gráficas específicas de áreas com as quais não estão familiarizados (ROTH, 2003). A partir dessa perspectiva, gráficos e outras inscrições podem ser observadas como ferramentas que, apesar de contribuírem para formulação e comunicação de idéias, podem ser fontes de erros cometidos durante suas utilizações. Além disso, a utilização de um gráfico requer que o sujeito seja capaz seguir as regras que orientam seu uso, bem como tenha noção acerca do domínio no qual o gráfico está inserido (SHAH E HOEFFNER, 2002). Para compreender um gráfico de barras que retrate o crescimento do PIB de um país, por exemplo, um sujeito deve considerar que a altura das barras deve ser diretamente proporcional ao valor que ela representa, bem como compreender informações relativas ao domínio da economia. Shah e Hoeffner (2002) discutem a respeito das características visuais inerentes a um tipo de gráfico e sua respectiva influência para a interpretação. Dentre os resultados os autores mostram que interpretação de gráficos é influenciada por fatores visuais como o tipo de gráfico (barra, linha, circular), dimensionalidade, cor e escala.

Segundo Shah e Hoeffner (2002) o exercício de compreensão de um gráfico pode ser analisado a partir de três principais processos. Primeiro, o observador deve perceber o arranjo

visual e identificar as principais características do tipo gráfico utilizado. Por exemplo, se o gráfico observado foi construído através de linhas, de barras, fatias de círculo; se o gráfico é uma reta ou uma curva. Este processo é influenciado pela forma com que os dados estão dispostos - barras, pontos, linhas, círculos entre outras.

Posteriormente, o observador deve relacionar as características visuais do gráfico com o comportamento das grandezas representadas. Em outras palavras, em um plano cartesiano o observador deve ser capaz de inferir ou descrever, se Y cresce ou diminui com X , se o crescimento ou diminuição de Y com X , isto é a inclinação do gráfico, é constante ou variável, por exemplo. Isso é fortemente afetado pela codificação das características visuais do gráfico, do primeiro processo e de experiências anteriores em construir e analisar gráficos em situações específicas.

Finalmente, os observadores devem determinar quais são os referentes para as grandezas representadas, e relacionar as características visuais do gráfico às relações entre os conceitos representados. Um gráfico que representa um movimento, por exemplo, pode relacionar diferentes variáveis associadas ao movimento: posição e tempo, velocidade e tempo, aceleração e tempo. Este processo pode ser ilustrado durante a interpretação de um gráfico de movimento que contenha, por exemplo, uma linha horizontal. Essa linha pode representar um objeto parado quanto presente em um gráfico de posição em função do tempo. Ela também pode representar um objeto se movendo com velocidade constante caso esteja contida em um gráfico de velocidade em função do tempo. Ou seja, o mesmo tipo de arranjo visual pode fazer com que o observador infira relações conceituais diferentes e faça inferências diferentes acerca do fenômeno.

A argumentação sobre a dificuldade apresentada pelos utilizadores de gráficos também é sustentada por testes e levantamentos, como o PISA (2003) e o INAF (2006), revelando que, apesar da importância das formas inscricionais para as práticas científicas e para o ensino e aprendizagem de ciências - além de sua utilização constituir-se como uma exigência da sociedade contemporânea -, parte da população de jovens e adultos desenvolve pouco essas competências e práticas durante a educação básica. Um balanço estatístico dos cinco anos nos quais o INAF é aplicado revela que apenas 22% da população brasileira possuem familiaridade com mapas, gráficos e outras representações de uso social freqüente (INAF, 2006). Esse indicador mede os níveis de alfabetismo funcional da população brasileira entre

15 e 64 anos de idade, englobando residentes de zona urbanas, suburbanas e rurais de todas as regiões do Brasil, que estejam estudando ou não.

Apesar de alguns autores assumirem que formas inscricionais podem ser facilmente compreendidas, as diversas pesquisas e levantamentos citadas nos parágrafos anteriores opõem-se à essa concepção e demonstram a existência de uma acentuada dificuldade inerente ao processo de utilização das inscrições durante e após a escolarização básica, bem como durante a graduação em cursos superiores. Esse fato motivou pesquisas a adotarem como foco as dificuldades enfrentadas pelos estudantes durante a utilização de inscrições científicas (MCDERMOTT e ROSENQUIST, 1987; BEICHNER, 1994; AGRELLO e GARG, 1999).

As décadas de 1980 e 1990 são caracterizadas por uma relevante concentração de pesquisas que, de modo geral, objetivavam analisar a forma com que os estudantes interpretam gráficos, contribuindo para mapear os principais erros de interpretação que são concebidos como produto das concepções prévias manifestadas pelos estudantes.

McDermott e Rosenquist (1987) mapearam os principais erros cometidos por graduandos nos cursos iniciais de Física durante a interpretação de gráficos que expressam movimento. Os autores desenvolveram um estudo descritivo baseado em atividades realizadas pelos estudantes que cursavam disciplinas básicas de cursos da área de exatas. As atividades eram compostas de gráficos que retratavam diversos tipos de movimentos e deveriam ser interpretados pelos estudantes. A análise dos dados revelou que os estudantes enfrentavam dificuldades em criar conexões entre a representação gráfica e os conceitos físicos. Dentre o conjunto de dificuldades mapeadas destacam-se problemas na diferenciação dos significados entre áreas e inclinação de um gráfico, a dificuldade em utilizar um tipo diferente de gráfico para expressar um determinado movimento, dificuldade em relacionar o movimento expresso por um desenho com um tipo de gráfico e situações em que estudantes interpretaram gráficos como se fossem trajetórias de objetos em movimento e que interpretam gráficos como se fossem parte de uma cena. Os autores acreditam que os erros cometidos pelos estudantes não podem ser simplesmente atribuídos a uma preparação inadequada em matemática, onde os estudantes aprendem formalmente a traçar gráficos e a associá-los à representação espaço-temporal de funções. Mesmo estudantes que não encontram dificuldades em construir gráficos na matemática podem vivê-las ao utilizar gráficos em outros domínios, especialmente na física. A pesquisa indica que os erros cometidos pelos estudantes são consequência de uma inabilidade em criar conexões entre a representação gráfica e o assunto retratado pelo gráfico.

McDermott (1984) identificou características acerca do entendimento conceitual em mecânica de um grupo de estudantes que participavam de cursos introdutórios de física. Dentre os resultados dessa pesquisa, aspectos do entendimento dos conceitos de velocidade e posição são apresentados. O trabalho de McDermott (1984) revela que os estudantes confundem os conceitos de velocidade e posição em situações experimentais e também em aplicações gráficas.

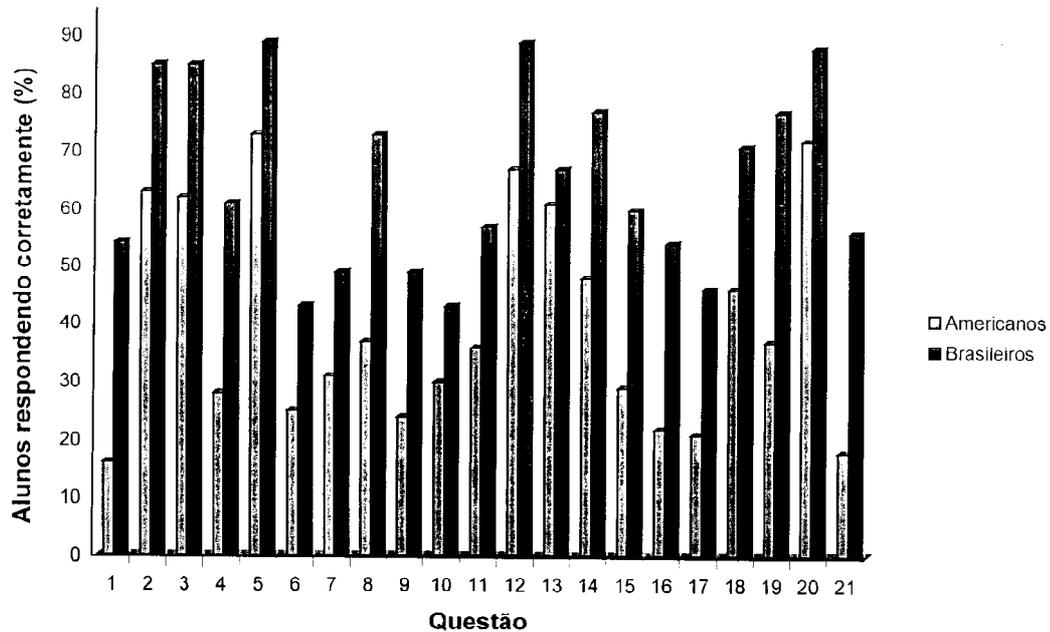
A atividade experimental desenvolvida pela autora e realizada por 300 estudantes consiste em observar duas esferas de metal que percorrem simultaneamente trajetórias distintas. Enquanto uma esfera percorre com velocidade constante um plano horizontal, a outra desce através de um plano inclinado. As esferas viajam lado a lado. A esfera do plano inclinado ultrapassa a esfera do plano horizontal durante o experimento. Um número significativo de estudantes respondeu que as velocidades das esferas eram iguais no instante em que elas viajavam lado a lado, ou seja, quando ocupavam a mesma posição. Este mesmo equívoco de confundir os conceitos de velocidade e posição foi observado na utilização de gráficos de $v \times t$ e $X \times t$ que retratam estas grandezas. A falta de domínio conceitual observado nessa situação parece ser fruto da inabilidade de criar conexões entre os conceitos cinemáticos e suas representações gráficas (MCDERMOTT, 1984).

A busca por aspectos relacionados à interpretação de gráficos que representam o movimento motivou a criação de um teste diagnóstico (TUGK: Test of Understanding Graphs in Kinematics) para avaliar as habilidades dos estudantes. Beichner (1994) desenvolveu e aplicou o TUGK para 895 estudantes do ensino médio e superior com o propósito de descobrir problemas na interpretação de gráficos da cinemática e assim gerar conhecimento útil para a instrução em física. Além disso, o trabalho de Beichner apresenta um modelo para criação de pesquisas orientadas por questões de múltipla escolha, que podem ser utilizadas como ferramentas diagnósticas e também para avaliação da instrução. O teste contém 21 questões de múltipla escolha e foi realizado por estudantes norte-americanos que apresentaram aproveitamento médio de 40%, o que confirma a dificuldade enfrentada por estudantes de ensino médio e superior em utilizar gráficos e compreender a representação gráfica do movimento.

Agrello e Garg (1999) traduziram e utilizaram o TUGK em âmbito nacional com 228 estudantes ingressantes no ensino superior. Os autores percebem que a dificuldade que envolve a interpretação de gráficos da cinemática, não se trata de uma questão local,

observando que os estudantes brasileiros, apesar de apresentarem um desempenho superior aos dos norte-americanos, enfrentam as mesmas dificuldades. A figura 15 apresenta um gráfico que compara o desempenho dos estudantes.

FIGURA 15: Desempenho dos estudantes no TUGK



“Verificamos também, através da figura, que os nossos alunos têm basicamente os mesmos tipos de dificuldades que os alunos americanos. Podemos ver que as duas curvas da _figuras são praticamente paralelas, embora as dificuldades dos alunos americanos sejam maiores que a dos brasileiros testados” (AGRELLO e GARG, 1999).

Agrello e Garg (1999) utilizam uma análise, diferente da utilizada por Beichner, que considera o curso superior em que os estudantes participantes da pesquisa estavam cursando. Desta forma, os autores percebem variações na pontuação alcançada no teste que revelam que estudantes que se prepararam para cursar diferentes graduações apresentam desempenhos diferentes nas tarefas de interpretação de gráficos. É possível considerar que tal fato é justificado pelo contato anterior diferenciado entre tais estudantes e as práticas interpretativas de gráficos na cinemática, estabelecido durante o período de preparação para ingresso no ensino superior. Esta justificativa é evidenciada pelo melhor desempenho no TUGK por estudantes provenientes de escolas particulares – que de um modo geral buscam a aprovação do estudante em concursos vestibulares de cursos muito disputados e por isso oferecem uma preparação diferenciada – e também pelo melhor desempenho por estudantes que estudavam inseridos em cursos que apresentam uma maior relação candidato/vaga, que, para serem

aprovados no vestibular, acabam tendo que se preparar melhor. Desta forma, o melhor desempenho dos estudantes parece estar associado com a intensidade do contato anterior diferenciado com gráficos e com as disciplinas de física e matemática.

As pesquisas orientadas pela identificação dos problemas relacionados à interpretação de gráficos, bem como do conhecimento prévio inerente a essa prática, revelou que as dificuldades em lidar com gráficos não se restringem a uma questão particular e podem ser apresentadas por estudantes de diversos níveis de escolarização e com nacionalidades diferentes. No entanto, essas pesquisas são restritas por adotarem como foco apenas aspectos cognitivos, e na maioria dos casos as conclusões dessas pesquisas apontam para identificação das dificuldades e sucessos pessoais de aprender sobre gráficos ou para habilidades mentais que ainda não se desenvolveram, obscurecendo assim o funcionamento dos processos de interpretação e construção dos gráficos. Em outras palavras, nessa perspectiva as dificuldades apresentadas pelos estudantes em tarefas que envolvem gráficos são atribuídas às concepções alternativas e às deficiências cognitivas. Essa lacuna motivou outros pesquisadores (ROTH, 2003; YOON & ROTH, 2005; WU e KRAJCIK; 2006; SHERIN, 2000; DANISH e ENYEDY, 2006; diSESSA e SHERIN, 2000) a investigarem como os estudantes aprendem a utilizar gráficos – bem como outras formas inscricionais – e também a adotarem perspectivas em que as inscrições são percebidas como construções sociais, dessa forma é possível retratar a evolução das competências representacionais – observadas para um dado grupo de estudantes -, bem como aprendizagens emergentes.

Roth e Bowen (2003) demonstraram que até mesmo cientistas - muitas vezes considerados aptos para a utilização de gráficos - podem apresentar dificuldades em interpretar gráficos não familiares retirados de seu próprio campo de pesquisa. Tal fato aparenta ser incompatível à atribuição de deficiências cognitivas como justificativa para a dificuldade demonstrada pelos cientistas, pois os mesmos também apresentam sucesso em suas carreiras profissionais. Nessa perspectiva, para compreender e explicar o desenvolvimento das competências representacionais é necessária uma abordagem que considera tal atividade como uma prática social e não como uma habilidade cognitiva (YOON & ROTH, 2005). Os gráficos criados por um cientista são lidos e interpretados em situações como, conferências, periódicos especializados, livros, entre outros. A utilização de gráficos, nessa perspectiva, sempre ocorre em um contexto social no qual seu significado é obtido através de uma interação social. Sendo assim, as dificuldades inerentes ao desenvolvimento de práticas inscricionais são justificadas

pelo grau de experiência que um sujeito apresenta em lidar, por exemplo, com um determinado tipo de gráfico.

Conhecido o fato de que os estudantes encontram dificuldades na aprendizagem e uso de inscrições científicas, Wu e Krajcik (2006) desenvolveram uma pesquisa com o objetivo de entender como a organização do ambiente de aprendizagem (sala de aula, atividades, materiais, práticas de ensino) pode auxiliar os estudantes no desenvolvimento de competências representacionais. Os pesquisadores acompanharam estudantes do ensino fundamental durante as aulas de ciências, ao longo de oito meses. Os estudantes participaram de atividades investigativas em que o uso de gráficos, tabelas e diagramas era requerido. Os resultados mostram que quando os estudantes foram orientados pelos professores e puderam utilizar recursos sociais, conceituais e materiais, eles foram capazes de usar várias inscrições para utilizar apropriadamente as competências representacionais esperadas, como criar e usar inscrições para construir argumentos, representar entendimentos conceituais através de gráficos e outras formas inscricionais, e participar de discussões, fazendo com que o uso das inscrições produzisse um impacto positivo no entendimento de conceitos. Dessa forma, os autores percebem indícios de que um ambiente escolar no qual os estudantes possuem contato com inscrições que são socialmente criadas e compartilhadas pode ser benéfico para que os mesmos possam construir entendimentos fundamentados de conceitos científicos.

Outro tipo de estudo consiste em examinar as competências de sujeitos que ainda não participaram de atividades instrucionais formais envolvendo representações. Ao invés de observarem apenas as dificuldades ligadas às representações científicas específicas, como gráficos de linha ou tabelas, outros autores se interessam por examinar as competências representacionais que os estudantes possuem mesmo antes de se inserirem em contextos educacionais em que tais competências são desenvolvidas (SHERIN, 2000; DANISH e ENYEDY, 2006; di SESSA e SHERIN, 2000). As idéias e recursos que auxiliam e permitem que os estudantes trabalhem com representações é denominada competência meta-representacional (Meta Representational Competence – MRC). Desde a pré-escola as crianças são expostas a uma grande variedade de representações como desenhos e esculturas com massa de modelar. Portanto, ao longo do percurso escolar os estudantes desenvolvem competências representacionais, mesmo que informalmente, que influenciam o desenvolvimento dessa competência.

diSessa e Sherin (2000) descrevem os objetivos do projeto denominado MaRC, que pretende estudar em termos gerais o que os estudantes sabem sobre representações e o que é possível que eles aprendam a partir de suas experiências anteriores. Os autores utilizam o termo Competência Meta-Representacional para descrever o conjunto de capacidades que os sujeitos mobilizam na construção e uso de representações. O termo meta assinala o interesse em analisar as representações criadas pelos estudantes, independentemente se elas seguem ou não as convenções e normas de utilização especificadas pela escola ou pelas ciências. Os estudantes que participaram do estudo possuem uma forma própria de utilizar representações que é influenciada pelas experiências informais com o mundo. Para os autores, tal fato evidencia a existência de uma competência meta-representacional. Os estudantes demonstraram capacidade representar o movimento, argumentar sobre as características que faziam a representação ser ou não ser eficiente e perceberam que suas representações eram limitadas quando comparadas aos gráficos.

Sherin (2000) apresenta parte de um estudo – também inserido no projeto MaRC - que consiste em examinar representações do movimento criadas por estudantes que ainda não aprenderam a representar o movimento através de gráficos. O autor argumenta que quando os estudantes aprendem a utilizar uma nova representação, ela é aprendida contra um cenário de experiências vivenciadas previamente. Desta forma, este tipo de estudo, como o próprio autor defende, pode contribuir para a aprendizagem de gráficos relacionados com o movimento, identificando possíveis razões para as dificuldades manifestadas pelos estudantes (muitas vezes tratadas nas pesquisas como concepções alternativas) a partir de relações com o conhecimento prévio.

Nos trabalhos de Sherin (2000) e diSessa e Sherin (2000), as principais representações manifestadas na produção dos estudantes consistem em desenhos. Um movimento, por exemplo, é retratado em termos de rabiscos e formas que retratam aspectos físicos envolvidos em um tipo específico de movimento, como o vento, marcas de rodas no asfalto, relevos, entre outros. Algumas pesquisas, portanto, adotam como foco a análise de desenhos desenvolvidos por estudantes de séries iniciais, admitindo-o como um dos mais importantes instrumentos para favorecer o desenvolvimento integral de um sujeito, bem como elemento mediador de conhecimento e autoconhecimento (GOLDBERG, YUNES e FREITAS, 2005; SCHWARZ et al, 2007). Por meio do desenho, um sujeito organiza informações, processa experiências vividas e pensadas, revela seu aprendizado e pode desenvolver um estilo de representação

singular do mundo. (DOVE, 1999; RENNIE, 1995). ADI-JAPHA, LEVIN e SOLOMON (1998) identificam e caracterizam as primeiras instâncias em que crianças atribuem significado aos seus rabiscos – padrões visuais que antecedem a coordenação necessária para criar desenhos - identificando ações simbólicas preliminares que começam a ser percebidas no terceiro ano de vida das crianças que participaram da pesquisa. Os rabiscos criados pelas crianças nas fases iniciais são vistos como uma atividade motora, não orientada pelo planejamento visual. Com o aumento das condições motoras, os rabiscos tornam-se padrões mais complexos, guiados pela atenção visual e determinados por considerações estéticas que envolvem a representação da realidade.

2.5 O problema

É inevitável não se preocupar com a habilidade de elaboração e interpretação – bem como a relação com a compreensão – de gráficos no contexto da educação em ciências, e outras áreas, em vista de seu papel de facilitar o desenvolvimento de idéias e conceitos científicos e de sua relevância para a alfabetização científica. A relevância desse estudo transparece em diversas propostas curriculares que influenciam o atual contexto educacional brasileiro e mundial.

Apesar da variedade de pesquisas educacionais que abordam inscrições e seus desdobramentos, ainda existem questões pouco exploradas. A maioria destas pesquisas possui como foco a interpretação das inscrições, despreocupando-se com a maneira que diferentes formas gráficas são construídas pelos estudantes (LEINHARDT et al., 1990). Sendo assim, é possível levantar algumas questões sobre como os estudantes elaboram suas próprias inscrições. Shah e Hoeffner (2002) indagam-se sobre quais são as principais características e os erros mais comuns cometidos pelos estudantes durante a construção de gráficos. Eles ainda questionam se durante uma atividade de elaboração de gráficos é possível existir alguma relação entre construção e interpretação gráfica, relações de dependência acerca da escolha de um determinado formato de gráfico para atender ao objetivo da atividade, ou se os estudantes iriam se limitar a utilizar os formatos de gráficos que julgam mais familiares. Embora seja conhecida a importância dos gráficos para o ensino de física, muitos estudantes apresentam dificuldades em interpretá-los e entendê-los (MCDERMOTT e ROSENQUIST, 1987; BEICHNER, 1994; AGRELLO e GARG, 1999). Além disso, o conhecimento a respeito de

como os estudantes desenvolvem seus entendimentos sobre gráficos ao longo do tempo ainda é limitado, pois o principal foco dessas pesquisas está direcionado apenas para o mapeamento das dificuldades apresentadas pelos estudantes.

A carência de pesquisas, em âmbito nacional, relacionadas ao uso de inscrições científicas no contexto do ensino de Física e das demais Ciências é outro fator que dificulta o desenvolvimento das competências representacionais na sala de aula. Os trabalhos e pesquisas que exploram essa área podem servir de suporte, auxiliando professores e outros profissionais do meio educacional a perceber a realidade dos estudantes ao lidarem com formas inscricionais.

Mesmo com a existência de pesquisas que relatam as dificuldades enfrentadas por estudantes em atividades que envolvem gráficos, geralmente, os professores que atuam no ensino médio e nas séries finais do ensino fundamental aparentam não perceber a complexidade inerente à tarefa de compreensão de gráficos e outras inscrições. Essa situação é ainda mais grave no ensino de Física, que faz uso intensivo de tabelas, diagramas e gráficos na abordagem de todos os conteúdos que compõem o currículo.

Portanto, é possível admitir que conhecer a forma com que os estudantes lidam com atividades que envolvem inscrições é o primeiro passo na busca por propostas de ensino que visem contribuir com o desenvolvimento de leitura e interpretação de inscrições em geral, promovendo a compreensão dessa ferramenta tão difundida nas ciências e em outras disciplinas.

Esta pesquisa tem por objetivo investigar o entendimento dos estudantes do ano final do ensino fundamental acerca da utilização gráfica aplicada para a descrição de um movimento, bem como perceber como esta utilização é modificada durante uma sequência de ensino que aborda esse tema. A investigação adota como foco a forma com que os estudantes inventam, interpretam e comunicam inscrições relacionadas a situações-problema específicas.

3 METODOLOGIA

Neste capítulo, apresentarei as questões de pesquisa, o desenho metodológico, as estratégias da coleta de dados e as características do ambiente de aprendizagem em que ela ocorreu. Apresento também as diretrizes que orientaram a análise dos dados.

3.1 Questões da pesquisa

Decidimos conduzir a investigação com estudantes do último ano do ensino fundamental, pois o principal interesse é caracterizar as práticas inscricionais dos estudantes no início de sua aprendizagem sobre construção e interpretação de gráficos. O trabalho pretende também investigar como tais práticas se modificam ao longo de uma sequência de ensino que introduz as normas e convenções da linguagem gráfica aos estudantes e que recursos e conhecimentos os estudantes mobilizam em atividades de construção, leitura e interpretação de gráficos em contextos relacionados típicos da educação em ciências. Estes objetivos se traduzem em três questões de pesquisa:

1. Quais são as competências representacionais dos estudantes no início do 8º ano do ensino fundamental?
2. Quais são os recursos (elementos presentes nas representações) mobilizados pelos estudantes para construir e comunicar suas representações?
3. Como as representações mudam como resultado de uma sequência de ensino de curta duração sobre inscrições científicas?

3.2 Descrição da escola

A coleta de dados foi realizada em uma instituição da rede privada de ensino da cidade de Betim, bairro Arquipélago Verde, localizada na região metropolitana de Belo Horizonte. Há 30 anos a escola atende à comunidade de Betim, e região e possui turmas de todos os segmentos da educação básica. Atende predominantemente estudantes das classes B e C, muitos deles provenientes de escolas públicas. O ensino fundamental é o segmento em que se concentram os participantes da pesquisa. Nesta instituição, a partir da 7^o série do ensino fundamental os estudantes podem participar de cursos de aperfeiçoamento oferecidos pelos professores fora do horário regular de aulas. Os estudantes participantes da pesquisa realizaram um curso de aperfeiçoamento oferecido pelo autor desta dissertação. O objetivo dos cursos de aperfeiçoamento é proporcionar oportunidades para aprofundar temas vistos em sala de aula ou abordar temas de interesse para uma determinada disciplina, mas que não são contemplados pelo currículo escolar.

Além das salas de aula, cantina e do espaço administrativo, a escola conta com 1 ginásio poliesportivo, 1 laboratório de ciências, 2 salas multimídia e 1 laboratório de informática com 12 computadores.

3.3 Amostra

Os participantes da pesquisa são estudantes da 8^a série que concluiriam o ensino fundamental no ano de 2009. A faixa etária média dos estudantes, durante a realização da pesquisa, era 14 anos de idade. A instituição de ensino em que a pesquisa foi conduzida contava, na época da coleta de dados, com duas turmas de 8^a série com um total de 59 alunos que estudavam no turno da manhã. No período da tarde a escola oferece, através de seu quadro de professores, cursos de aperfeiçoamento para os estudantes interessados. A sequência de ensino desenvolvida nesta pesquisa foi oferecida para os estudantes da 8^a série como um curso de aperfeiçoamento cujo objetivo era contribuir para que os participantes aprendessem a utilização básica de gráficos aplicados ao estudo da cinemática. A participação era voluntária e 16 estudantes matricularam-se no curso, sendo 11 do sexo feminino e 5 do sexo masculino.

3.4 Instrumentos e métodos de coleta de dados

Durante os meses de abril e maio de 2009 foram administradas algumas atividades, que fazem parte da sequência de ensino sobre gráficos. As atividades foram especialmente desenvolvidas para permitir a observação de como os estudantes inventam, interpretam e comunicam inscrições relacionadas a situações-problema específicas. Tais atividades envolveram, em um primeiro momento, o uso de diferentes tipos de gráficos pertencentes a diversos domínios do conhecimento. Posteriormente, elas envolveram, de maneira mais específica, o trabalho com gráficos no contexto da cinemática. As atividades eram compostas de questões abertas em que o aluno é convidado a esboçar inscrições e a relatar de forma escrita sua interpretação sobre as mesmas.

A sequência de ensino pode ser dividida em três partes, cada parte com um propósito particular. De forma geral, a primeira, segunda e terceira parte pretendem, respectivamente, conhecer a competência representacional desses estudantes no início da sequência de ensino, fornecer situações visando facilitar a aprendizagem de noções básicas sobre a construção e utilização de gráficos, e finalmente, criar contextos para que os estudantes pudessem aplicar o que aprenderam sobre gráficos para a representação de diversos movimentos.

A primeira parte da sequência de ensino, denominada “*A invenção da representação*”, foi desenhada para permitir reunir observações e informações que contribuíssem para responder a primeira questão de pesquisa. Esta questão diz respeito a como os estudantes da última etapa do ensino fundamental utilizam representações. O principal objetivo desta parte é conhecer as competências e recursos mobilizados pelos estudantes tarefas que requerem o uso de inscrições, antes de estudarem a utilização de gráficos e outras formas representacionais em Física. Assim, acreditamos poder observar as competências para trabalhar com representações que foram proporcionadas aos estudantes através do percurso escolar anterior.

É esperado que um sujeito ao final do ensino fundamental saiba trabalhar com algumas representações simples, o que é previsto pelos PCN. Dessa forma, as atividades da primeira parte da sequência de ensino são compostas de problemas abertos nos quais os estudantes são solicitados a inventar e interpretar representações para algumas situações cotidianas. Dentre os conteúdos propostos, os PCN (1998) apresentam o Tratamento da informação como um

conjunto de aprendizagens que envolvem coleta, organização, leitura e interpretação de representações como gráficos, tabelas e diagramas. Os PCN (1998) destacam ainda a importância dos conteúdos trabalhados na escola serem vinculados a outras instâncias da vida cotidiana dos estudantes, contribuindo com a inserção do educando como cidadão no mundo do trabalho, das relações sociais e da cultura.

Para conhecer tais competências é necessário levar em conta o conhecimento prévio que os estudantes possuem acerca de como utilizar representações. Este conhecimento origina-se das experiências, pertencentes ou não ao meio escolar, que foram vivenciadas por um indivíduo. Para contemplar a busca por informações relacionadas ao conhecimento prévio dos estudantes, esta primeira parte da seqüência de ensino foi administrada antes de qualquer intervenção de caráter explicativo sobre como utilizar inscrições.

A principal característica das atividades que compõem a primeira parte da seqüência de ensino é o menor grau de estruturação. Elas não possuem um roteiro bem definido e apenas trazem no enunciado um comando simples como “invente uma representação visual que represente a situação descrita” ou ainda “interprete o gráfico abaixo e expresse-o através de palavras”. As atividades proporcionam aos estudantes um espaço livre para inventar ou interpretar algumas representações de diferentes domínios do conhecimento e de alguns tipos específicos de movimento, com as competências de que dispunham.

A segunda parte da seqüência de ensino, denominada “*Aprendendo a representar*”, propõe que os estudantes aprendam a utilizar (ler, construir e comunicar) os principais tipos de inscrições científicas simples veiculadas pela mídia (tabelas e gráficos de barra, pizza e linha). É possível, então, considerar a segunda parte da seqüência como uma espécie de mini-curso sobre gráficos. Nesta etapa, os estudantes se envolveram em atividades que possuem um maior grau de estruturação. Sendo assim, os enunciados exibem instruções mais explícitas, indicando, por exemplo, qual tipo de gráfico deve ser utilizado ou é indicado para representar um determinado conjunto de dados.

Durante esta parte da seqüência de ensino os alunos tiveram contato com um conteúdo até então inédito e tomaram conhecimento de um conjunto de normas e regras que regem a utilização de inscrições científicas. Dessa forma, é possível observar as características associadas ao desenvolvimento de competências representacionais. De forma mais específica, entendemos o termo “caracterizar” como uma descrição dos principais aspectos relacionados

ao aprender a trabalhar com inscrições. Dentre os aspectos que podem ser observados destacam-se, as escolhas que levaram um grupo de estudantes a construir um determinado gráfico, bem como as concepções que nortearam tais escolhas, as dificuldades para realização de uma tarefa, as mudanças na forma de representar percebidas ao longo da seqüência de ensino. Ao final do estudo da segunda parte da seqüência, espera-se que o aluno seja capaz de trabalhar com alguns gráficos simples, para então iniciarmos a utilização de representações para descrever movimentos.

Na última parte da seqüência de ensino – *Gráficos e movimento* - os estudantes tiveram contato mais freqüente com tabelas e gráficos de linha que são tradicionalmente escolhidos para representar grandezas envolvidas no estudo da cinemática. Nessa etapa, os estudantes aprenderam a utilizar gráficos para representar situações simples que envolviam algum tipo de movimento. Nas etapas anteriores da seqüência, a cinemática era apenas um dos vários domínios das situações e atividades propostas para serem representadas através de tipos específicos de inscrições. A principal característica dessa terceira parte da seqüência de ensino é fazer com que os alunos percebam que um gráfico da cinemática expressa, em sua mensagem visual, uma descrição acerca do comportamento de uma determinada grandeza associada a um objeto material ou apenas hipotetizado, ao longo de um intervalo de tempo. Para atender a esse objetivo, utilizamos uma dinâmica parecida com a segunda parte da seqüência de ensino, na qual os estudantes, a partir da intervenção do professor e das interações com os seus colegas, tiveram oportunidade de desenvolver competências representacionais mais sofisticadas.

A seqüência de ensino foi implementada ao longo de sete encontros cada um com a duração de 100 minutos. As atividades que compõem a seqüência de ensino possuem objetivos específicos e são constituídas de Avaliações, Atividades em dupla e Atividades individuais. As avaliações têm o objetivo de levantar dados que permitam comparar o desempenho dos estudantes ao longo da seqüência de ensino e, por isso, são compostas por questões semelhantes ou, em alguns casos, iguais. As atividades em dupla têm o objetivo de criar oportunidades para a interação entre os estudantes. Durante a realização das Atividades em dupla, através do uso de gravadores digitais e de uma câmera filmadora foi possível acompanhar o processo de utilização das formas inscricionais, levando em consideração os diálogos, gestos e expressões das duplas. As atividades individuais possuem um duplo objetivo, pois ao mesmo tempo em que nos permitem conhecer as maneiras com que cada aluno utiliza as representações, elas também podem ser compreendidas como exercícios em

que os estudantes aprendem e praticam as regras de utilização das principais formas de representação gráfica.

O quadro 1 a seguir representa a organização da sequência de ensino a partir do tipo de atividade utilizada em cada encontro. Ao todo foram três avaliações, cinco atividades em dupla e duas atividades individuais. A duração da sequência obedeceu aos prazos estipulados pela escola para cada atividade extra.

QUADRO 1: Sequência de ensino

ENCONTRO I	ENCONTRO II	ENCONTRO III	ENCONTRO IV	ENCONTRO V	ENCONTRO VI	ENCONTRO VII
1ª Avaliação		2ª Avaliação			3ª Avaliação	
	Atividade em dupla	Atividade em dupla	Atividade em dupla	Atividade em dupla	Atividade em dupla	
	Atividade Individual	Atividade Individual				
1ª Parte	2ª Parte	3ª Parte				

As atividades geraram dois tipos de dados: produção escrita, individual e em dupla, e registros dos diálogos entre as duplas. Além disso, as imagens obtidas através da câmera filmadora foram consultadas em situações em que o uso do áudio não era suficiente para compreender com clareza a situação. Entrevistas semi-estruturadas individuais também foram solicitadas aos estudantes e realizadas nos encontros IV e V, bem como em situações posteriores à sequência de ensino após a análise dos dados. O objetivo dessas entrevistas era esclarecer aspectos de seus diálogos e de suas produções.

Durante os encontros utilizamos um ambiente que permitia a interação dos estudantes. Os estudantes tiveram acesso às informações de caráter normativo, como regras e convenções para a utilização de gráficos na cinemática, através de textos impressos. O texto era lido coletivamente e interrompido para que dúvidas pudessem ser levantadas. Quando a dúvida não era solucionada pelos próprios estudantes, o professor a reformulava de forma a facilitar a busca e, caso não obtivesse sucesso, ele a respondia.

3.5 Análise dos dados

As particularidades dos diferentes tipos de dados coletados fizeram com que a análise fosse dividida em etapas distintas. Inicialmente, a partir de várias leituras de todo o conjunto de representações produzidas e interpretadas pelos estudantes, direcionamos nossa atenção para a identificação de padrões utilizados com maior frequência e das formas muito particulares de utilização de inscrições. Esta leitura foi realizada de acordo com a cronologia das produções, possibilitando assim a percepção das variações nas práticas inscricionais ao longo da sequência de ensino. Posteriormente, selecionamos uma dupla de estudantes e fizemos uma análise mais aprofundada em suas produções a partir dos registros em áudio e vídeo de suas interações. Esta análise considerou os dados correspondentes às atividades individuais e em duplas e resultou em um pequeno estudo de caso. Decidimos limitar ao estudo detalhado de apenas uma dupla por causa da extensão do texto da dissertação.

A análise das atividades individuais contou também com a utilização de um sistema de avaliação de questões abertas orientado pelos aspectos conceituais e normativos da utilização de gráficos. Este sistema consiste de um conjunto de descritores dos tipos de respostas dadas pelos estudantes às várias questões apresentadas nas atividades individuais. O sistema é independente do conteúdo do item e examina se o estudante produziu uma resposta esperada, melhor do que a resposta esperada ou insuficiente. Este tipo de sistema é normalmente empregado quando um julgamento de qualidade é necessário e deve usado para avaliar uma ampla gama de assuntos e atividades, como em avaliações de amostras escritas (MOSKAL, 2000). A intenção de se utilizar um sistema de avaliação foi facilitar a percepção do desempenho dos estudantes nas avaliações ao longo da sequência de ensino. Esta pesquisa utiliza uma abordagem qualitativa e a finalidade de associar valores à respostas dos estudantes é de facilitar a comparação de seu desempenho em diferentes instrumentos.

A construção do sistema de avaliação é baseada na aprendizagem de como produzir e interpretar gráficos e outras formas inscricionais, que envolvem aspectos normativos e conceituais. Os primeiros dizem respeito às regras e normas para se produzir gráficos e extrair informações corretamente de um gráfico dado. É o que pode ser aprendido mais facilmente, a partir do estudo de casos exemplares e da resolução de exercícios, respeitados os ritmos dos estudantes. No caso de gráficos de linhas, por exemplo, isso significa aprender a traçar os

eixos corretamente, identificar as grandezas representadas em cada eixo e as unidades de medida utilizadas, atribuir um título ao gráfico, regras para escolher e utilizar escalas apropriadas, marcar os pontos, etc.. Esse aprendizado é descrito na literatura em questão em termos de desenvolvimento ou aquisição de esquemas e ‘roteiros’, que codificam as normas e regras para se produzir e extrair informações de gráficos corretamente. No entanto, a leitura e interpretação de gráficos dependem de conhecimentos específicos dos domínios representados. O desenvolvimento conceitual é lento e demanda o engajamento dos aprendizes com áreas específicas do conhecimento humano. Utilizando novamente gráficos de linhas, para representar o movimento como exemplo, isso significa relacionar o traçado do gráfico com um tipo específico de fenômeno, no nosso caso, o movimento. Desta forma, uma reta paralela ao eixo horizontal pode representar, por exemplo, um móvel com velocidade constante em um gráfico de velocidade em função do tempo ou um objeto parado em um gráfico de posição em função do tempo.

QUADRO 2: Sistema de avaliação

Categoria	Escore	Descrição
A Resposta esperada	3	<ul style="list-style-type: none"> • A resposta é apropriada e atende às expectativas de uma resposta correta. Na resposta não se encontram indícios de concepções alternativas. • Os gráficos são utilizados de maneira adequada e tanto sua construção como interpretação são orientadas pelos aspectos normativos e conceituais adequados.
B Resposta adequada	2	<ul style="list-style-type: none"> • Apesar da resposta ser apropriada, ela pode conter imprecisões e omissões leves que não comprometem sua coerência. Na resposta não se encontram indícios de concepções alternativas. • Os gráficos são utilizados de maneira parcialmente adequada. Os aspectos normativos possuem pequenas falhas, mas os aspectos conceituais são estabelecidos de maneira correta.
C Resposta Incompleta	1	<ul style="list-style-type: none"> • A resposta não contém elementos apropriados suficientes para responder completamente à questão. Dessa forma a resposta é apropriada, mas incompleta. • A utilização dos gráficos obedece parcialmente aos aspectos normativos e conceituais, que são caracterizados pela presença de concepções formais e alternativas.
D Resposta Inadequada	0	<ul style="list-style-type: none"> • A resposta não atende aos objetivos da questão e demonstra que o estudante não compreendeu o que era exigido. • Respostas em branco também são codificadas dessa forma.

Os escores do sistema de avaliação foram aplicados a cada item das avaliações. Sendo assim, o desempenho de cada estudante em qualquer uma das três avaliações corresponde à soma dos escores de cada item. Com o intuito de observar e comparar o desempenho dos estudantes ao longo das três avaliações, convertemos todos os escores obtidos em cada avaliação em percentagem do máximo valor possível. Sendo assim, para cada avaliação realizada obtivemos um respectivo desempenho em percentagem do valor máximo, de forma que os escores obtidos pelos estudantes em diferentes avaliações pudessem ser comparados.

A análise dos dados, portanto, possui uma dimensão macro em que o grupo de participantes torna-se o foco da avaliação, e também uma dimensão micro em que a participação de uma dupla de estudantes é analisada de maneira mais profunda. A escolha de apresentar a análise detalhada de uma única dupla foi motivada pela extensão que os relatos de outros casos acarretaria à dissertação, mas sem contribuição para responder às questões de pesquisa ou ganhos em clareza e compreensão.

Cada avaliação possui 6 itens que foram analisados a partir do sistema de avaliação para questões abertas. Desta forma, a nota máxima em cada avaliação é de 24 pontos – o que representa um desempenho de 100%. Outros itens adicionais que, compunham as avaliações, não foram considerados nesta análise por que foram respondidas da mesma forma por alunos com bom e fraco desempenho geral, o que indica um baixo índice de discriminação. Apesar disso, tais itens são comentados durante a análise das avaliações.

Em acordo com as normas e diretrizes do comitê de ética na pesquisa, este trabalho utiliza códigos para identificar cada estudante, preservando a identidade dos mesmos. Optamos por utilizar códigos iniciados por “A” seguidos de um número correspondente a cada estudante.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS I

4.1 Primeira Avaliação: Conhecimento prévio dos estudantes

Esta seção tem por objetivo apresentar os principais resultados obtidos a partir da análise da primeira avaliação da sequência de ensino.

A primeira avaliação realizada pelos estudantes possui um caráter mais inovador do que as demais, devido ao fato de ser o primeiro contato com as atividades da sequência de ensino. Como relatado ao longo da sequência, pelos próprios participantes da pesquisa, eles não haviam estudado, em sala de aula, inscrições científicas. De maneira unânime os participantes relataram que os vários tipos de gráficos e tabelas por eles observados aparecem, principalmente, em mídias impressas e eletrônicas, bem como em livros e atividades em sala de aula. No material didático utilizado na escola também não se encontram tópicos específicos para o ensino de gráficos, apesar dos relatos dos estudantes de os encontrarem nos exercícios e em ilustrações. Dessa forma, a primeira avaliação se diferencia das outras pela possibilidade de observarmos as características associadas ao uso das inscrições científicas como consequência do percurso escolar e das experiências que cada estudante vivenciou antes dela. As outras avaliações são semelhantes à primeira, o que permite observar e comparar o desempenho dos estudantes ao longo da sequência de ensino.

Cada avaliação é composta por seis questões e abordam temas de contextos gerais ou próprios da cinemática. Como o próprio título desta dissertação sugere, o foco desta pesquisa é caracterizado pela relação entre o uso e a interpretação de gráficos e a cinemática, portanto em cada avaliação o número de questões que tratam a cinemática é superior às questões que tratam da utilização de gráficos e outras formas inscricionais em outros contextos. Na primeira avaliação duas questões tratam temas de domínios gerais e quatro questões abordam temas da cinemática. Em cada tema é esperado que o estudante utilize, interprete ou construa, representações visuais como gráficos e tabelas. Os temas gerais foram baseados em situações que aparecem em mídias impressas como jornais e revistas e, sendo assim, espera-se que eles sejam mais familiares aos estudantes. No entanto, os temas da cinemática não são considerados comuns para os participantes da pesquisa, pois os mesmos não foram tratados em nenhum momento do percurso escolar desse grupo até então, e são apenas encontrados em fontes específicas, como nos livros de física. Os estudantes tiveram um breve contato com

alguns tópicos da Física durante as aulas de ciências, mas, no currículo da escola, a cinemática é apenas abordada na primeira série do ensino médio.

De maneira geral, observa-se que os estudantes apresentaram um desempenho razoável em realizar procedimentos simples relacionados à utilização de gráficos que abordam temas gerais. Na primeira avaliação podem ser encontrados gráficos de pizza, coluna e linha. Os estudantes apresentaram um desempenho regular em interpretá-los e extrair informações deles.

Na primeira avaliação, as questões destinadas à construção de representações não apresentavam em seu enunciado nenhuma espécie de comando que sugerisse o uso específico de um tipo de gráfico, deixando o aluno livre para criar uma representação visual. Sendo assim, além de gráficos e tabelas, os estudantes também utilizaram representações alternativas, como desenhos e esquemas, para representar as situações propostas.

As avaliações de 13, dos 16 estudantes que participaram da sequência de ensino, foram analisadas e comparadas. Os 3 estudantes que foram excluídos desta análise comparativa são aqueles que não realizaram todas as avaliações.

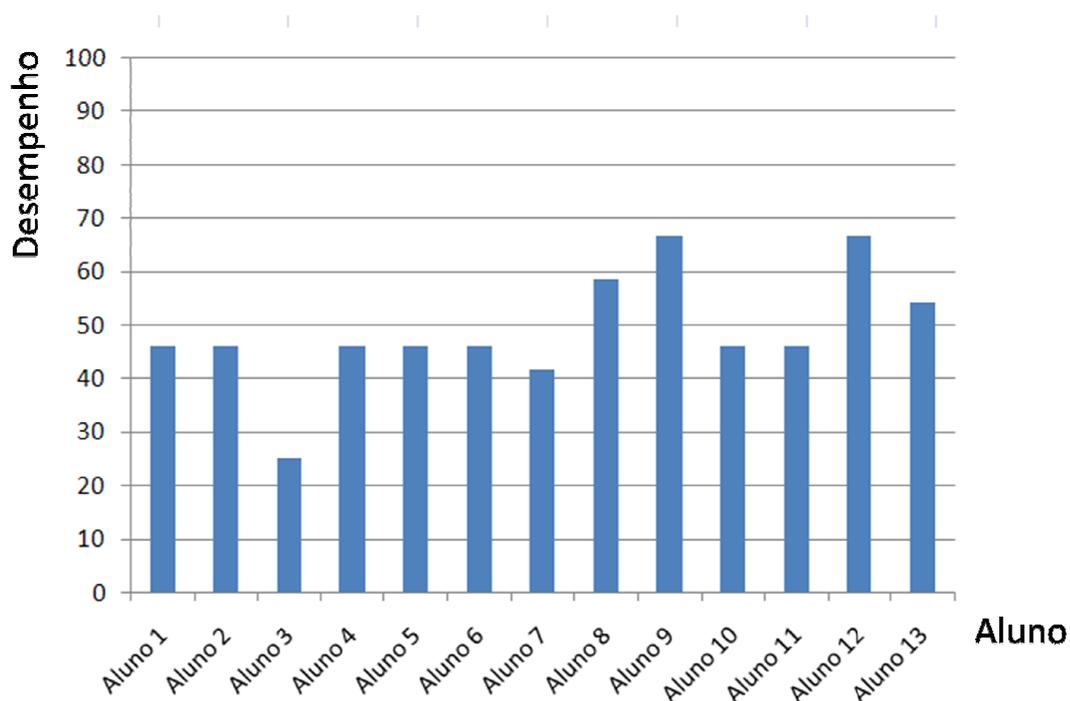
Esses resultados foram obtidos a partir da análise da qualidade das respostas produzidas pelos estudantes, baseada no escore atribuído a cada questão a partir do sistema de avaliação. O quadro 13 apresenta a relação dos itens que foram analisados na primeira avaliação.

QUADRO 3: Relação dos itens da primeira avaliação

Item	Descrição
Q3 – I	Construção de uma representação gráfica do movimento - MRU.
Q3 - II	Construção de uma representação gráfica do movimento – MRV.
Q5	Construção de uma representação gráfica de um conjunto de dados.
Q6 – A	Interpretação de uma representação gráfica para um movimento acelerado (Gráfico $V \times t$).
Q6 - B	Interpretação de uma representação gráfica para um movimento acelerado. (Gráfico $V \times t$).
Q7 - A	Interpretação de um gráfico que representa um conjunto de dados.

Os itens Q5 e Q7 – A, abordam temas de domínios gerais, enquanto os itens restantes abordam temas da cinemática. O gráfico 1 apresenta o desempenho de cada estudante para a primeira avaliação. Os valores são apresentados em porcentagem.

GRÁFICO 1: Desempenho dos estudantes na primeira avaliação



Apenas 4 estudantes (A8,A9,A12 e A13) apresentaram um desempenho superior a 50% na primeira avaliação. Exceto por um estudante (A3) todos os outros alcançaram entre 40 e 50 % do máximo possível na avaliação. Observamos que os estudantes possuem condições para realizar alguns procedimentos simples relacionados a gráficos, como compreender sua mensagem visual, construir representações para um conjunto de dados numéricos e compreender idéias que envolvem o movimento expresso em um gráfico de velocidade em função do tempo.

Em síntese, observa-se que o desempenho dos estudantes em questões que abordam temas gerais é superior ao desempenho nas questões de cinemática, este resultado será abordado adiante.

As próximas seções apresentam resultados das análises dos itens da primeira avaliação. Tal análise tem por objetivo apresentar as principais características associadas ao conhecimento prévio inerentes à prática inscricional dos estudantes.

4.2 Construindo e interpretando representações

Esta seção apresenta e discute o resultado das análises dos itens Q5 e Q7 da primeira avaliação, itens estes que tratam temas de contextos gerais. Os demais itens, que tratam temas da cinemática, serão discutidos na seção 4.3 e 4.4.

A primeira avaliação apresenta questões cujo objetivo central é conhecer a forma com que os estudantes constroem representações como resultado de suas vivências escolares ou não. O enunciado dessas questões não apresenta um comando que especifica o uso de um determinado tipo de representação. Isso torna possível a observação dos recursos mobilizados pelos estudantes em suas práticas inscricionais antes de participarem da sequência de ensino.

A questão 05 (Q5) apresenta em seu enunciado um conjunto de dados numéricos que expressam a desvalorização de um automóvel ao longo de 4 anos. Esta questão sugere que os estudantes criem uma representação visual com o objetivo de facilitar a leitura dos dados. Era esperado que gráficos e tabelas fossem os tipos de representações adotados para expressar visualmente os dados de Q5, pois esse tipo de representação é comum em mídias impressas e eletrônicas e livros escolares. O quadro 4 apresenta a questão 05.

QUADRO 4: Questão 05 - Primeira avaliação

05. Suponha que você está lendo uma reportagem que informa sobre a variação do preço de um automóvel usado ao longo de 4 anos. A reportagem mostra os seguintes valores: Em 2004 – R\$ 20.000; Em 2005 – R\$ 18.000; Em 2006 – R\$ 17.000; Em 2007 – R\$ 16.500. Com o objetivo de facilitar a leitura dos valores apresentados na reportagem, invente uma forma de representar visualmente esses dados.

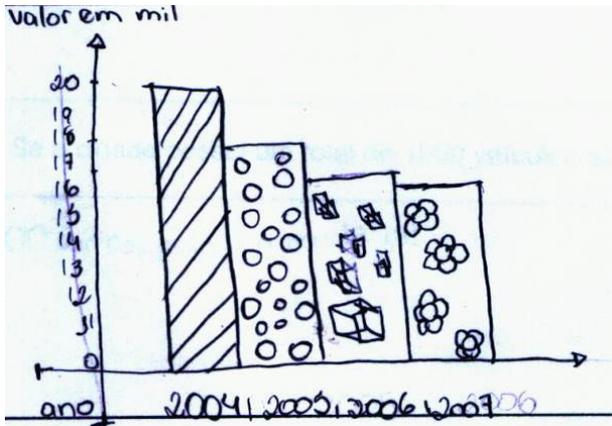
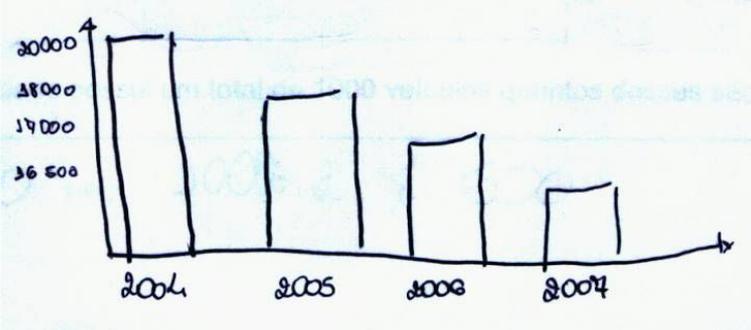
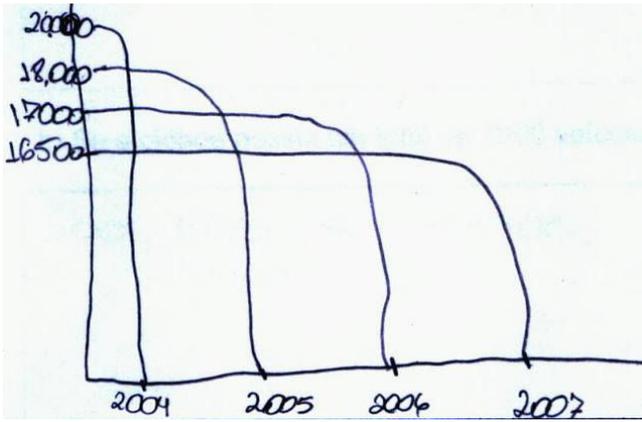
A partir da análise das respostas dos estudantes para a questão 5, observou-se de maneira majoritária o uso de gráficos e tabelas para representar o conjunto de dados, o que já era esperado. Os gráficos construídos apresentam limitações, como a não identificação dos eixos, ausência de unidades e escalas, e em apenas em 2 das 13 produções podemos observar uma completa observância dos aspectos normativos de construção dos gráficos. Nos outros casos, os gráficos não apresentam nomes em seus eixos e as grandezas representadas apenas através de números, sem apresentar unidades. No entanto, é interessante ressaltar que apesar do

desacordo com os aspectos normativos, os gráficos são escolhidos como forma de representação pela maioria dos estudantes, o que evidencia que eles apresentam idéias a respeito da construção de gráficos e têm noção de que este recurso possui características capazes de facilitar a leitura de um conjunto de dados.

Variando de um nível mais limitado para outro mais sofisticado, as representações criadas para responder a questão Q5 apresentam desenhos, organização visual dos valores, tabelas e gráficos. Dos 13 estudantes que realizaram a primeira avaliação, 3 utilizaram desenhos, 3 utilizaram formas gráficas alternativas (discutida no próximo parágrafo), 1 reorganizou os valores, 1 construiu tabela, 4 utilizaram gráficos de coluna e 1 utilizou gráfico de linha

As representações apresentadas no quadro 5 ilustram três exemplos de gráficos construídos pelos estudantes para representar o conjunto de dados da questão 05. No primeiro exemplo, observa-se concordância parcial com as normas de utilização de um gráfico, sendo que os eixos apresentam os nomes para as grandezas que eles representam (ano e valor). No entanto, observa-se um problema na escala do eixo que representa a grandeza “valor”. Pode ser que o estudante estivesse intencionalmente cortando o eixo de valores, para realçar as variações, um recurso muito comum em formas gráficas que aparecem em revistas e jornais. O segundo exemplo é semelhante ao primeiro, mas não se observa o nome das grandezas representadas em cada eixo. O terceiro exemplo pode ser entendido como uma tentativa não muito precisa de representação dos pares de valores fornecidos no enunciado pela ligação deles, como se fossem as coordenadas de cada ponto do gráfico.

QUADRO 5: Exemplos de gráficos produzidos para a questão 05

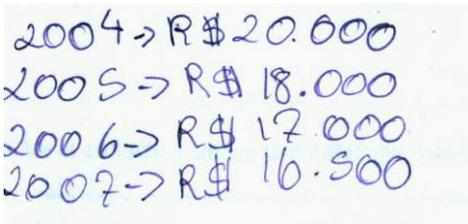
<p>Primeiro Exemplo</p> <p>Presença de nomes para a indicação das grandezas retratadas em cada eixo. Altura da coluna proporcional ao valor da grandeza.</p>	
<p>Segundo Exemplo</p> <p>Apesar da altura da coluna ser proporcional ao valor, os eixos não são identificados</p>	
<p>Terceiro Exemplo</p> <p>Representação alternativa em que os valores são apenas conectados.</p>	

Apesar de apresentarem omissões leves diante das regras que orientam a construção de um gráfico de coluna, os dois primeiros estudantes demonstram compreender a essência desse tipo de representação em que o tamanho da coluna é proporcional ao valor que ela representa. É possível notar que a escala do eixo que representa o valor do veículo em todos os três

exemplos não é linear, o que sugere, pelo menos nos dois primeiros exemplos uma iniciativa consciente de ‘cortar’ o eixo para aproveitar o espaço do gráfico.

Outra forma escolhida pelos estudantes para representar visualmente o conjunto de dados consiste em reorganizá-los, extraíndo-os do enunciado – onde aparecem desagrupados ao longo do texto – e ordenando-os. Esse procedimento conduz à criação uma espécie de tabela, com diferentes níveis de organização, como pode ser observado nos dois exemplos a seguir. No exemplo 4, a representação é mais informal e se preocupa em destacar o valor associado a cada ano. No exemplo 5, observa-se a utilização de uma tabela, com as colunas e linhas organizadas e as grandezas representadas em cada coluna indicada. Estes exemplos encontram-se no quadro 6.

QUADRO 6: Exemplos de tabelas produzidas para a questão 05

<p>Exemplo 4 Reorganização dos dados.</p>	
<p>Exemplo 5 Dados organizados em uma tabela.</p>	

Os gráficos, tabelas e reorganização dos dados são formas de representações esperadas para atender ao objetivo da questão 5, pois esse tipo de representação é muito facilmente encontrado em mídias impressas e livros didáticos. As tabelas ressaltam que valores das grandezas estão associados, enquanto que os gráficos de barra facilitam a comparação dos valores assumidos pela grandeza dependente em diferentes instâncias. Por associar a altura da

barra a essa grandeza, esses gráficos têm forte apelo visual e forçam a comparação, mesmo que o leitor não pense em fazê-la.

No entanto, em dois casos observamos o uso de desenhos. Como é possível observar no exemplo 6, apresentado no quadro 7, o desenho associa a cada ano uma imagem para a integridade física do veículo. O desenho associa o tempo de uso do carro ao seu valor, isto é, o aluno deseja que pensemos que quanto mais velho, pior o estado do carro e, conseqüentemente, menor o seu valor. Esse tipo de representação não era esperado, uma vez que inclui aspectos que não foram mencionados na descrição verbal do problema. Os estudantes apelam para o que sabem sobre situações análogas e atribuem características que fazem sentido numa explicação de porque o valor do automóvel é diferente, conforme seu ano de fabricação.

QUADRO 7: Exemplo de desenho produzido para a questão 05

<p>Exemplo 6</p> <p>Relação entre aspectos físicos do carro e seu respectivo valor de mercado.</p>	
--	--

Esse desenho não é muito diferente da reorganização dos dados do exemplo 4, mas tem um apelo visual, não indicado no enunciado. Gráficos e tabelas são inscrições que se aplicam a problemas desse tipo, quase como um padrão. O uso de desenhos ou esquemas não é frequente, uma vez que a forma de representar os atributos da grandeza que se deseja inscrever é dependente do significado da grandeza. Desenhos usados para representar situações em ciências e matemática fazem apelo ao conhecimento de senso comum, o que significa que pode fazer generalizações ou associações incorretas. Desenhos e esquemas têm em comum a característica de que utilizam formas de codificação que não são facilmente transformadas em convenção.

Em contraste aos resultados observados na questão 5, na questão 3 o uso desenhos como forma de representação foi unânime. Apesar dos estudantes adotarem os gráficos e tabelas

como recurso para se representar valores, nenhum deles utilizou tal recurso para representar o movimento de um carro, como é tradicionalmente utilizado na Física. A próxima seção discutirá esse resultado.

O gráfico circular (pizza) – abordado na questão 07 (Q7) e em outros momentos da seqüência de ensino - é o que aparenta ser interpretado com maior facilidade pelos estudantes. Apenas um participante não respondeu à questão, enquanto que o restante - 15 estudantes - interpretou corretamente o gráfico. O quadro 8 apresenta o enunciado da questão Q7.

QUADRO 8: Questão 07 – primeira avaliação

07. Em uma pequena cidade foi realizada uma pesquisa com a finalidade de descobrir a quantidade de cada tipo de veículo utilizado na cidade. O gráfico seguinte mostra o resultado dessa pesquisa.

a) Qual tipo de veículo pode ser encontrado na cidade com maior facilidade? Qual é encontrado com menor frequência? Justifique.

b) Se a cidade possui um total de 1000 veículos quantos desses são carros? Justifique.

Tipo de Veículo	Porcentagem
Carros	50%
Ônibus e vans	25%
Motos	15%
Bicicletas	10%

O objetivo do gráfico circular é representar visualmente as partes constituintes (cada pedaço) de um todo (o círculo inteiro). De maneira geral, os estudantes identificaram através do gráfico qual tipo de veículo era mais facilmente ou dificilmente encontrado na suposta cidade e estimaram em 50% o número de carros. É interessante ressaltar que mesmo respondendo corretamente à questão, alguns estudantes têm suas interpretações influenciadas não só pela leitura do gráfico, mas também por fatores relacionados com suas vivências. A resposta esperada para o item A da questão 7 é justificada pela área do gráfico vinculada com cada tipo de veículo. Tal procedimento foi encontrado de maneira majoritária dentre as respostas. No entanto, alguns estudantes ignoram a situação hipotética proposta e baseiam suas respostas em seu conhecimento sobre características da situação apresentada ou em casos específicos, como apresentado nas respostas a seguir:

A12: “Tudo depende da região, mas em geral, os carros são mais encontrados e as bicicletas menos encontradas.”

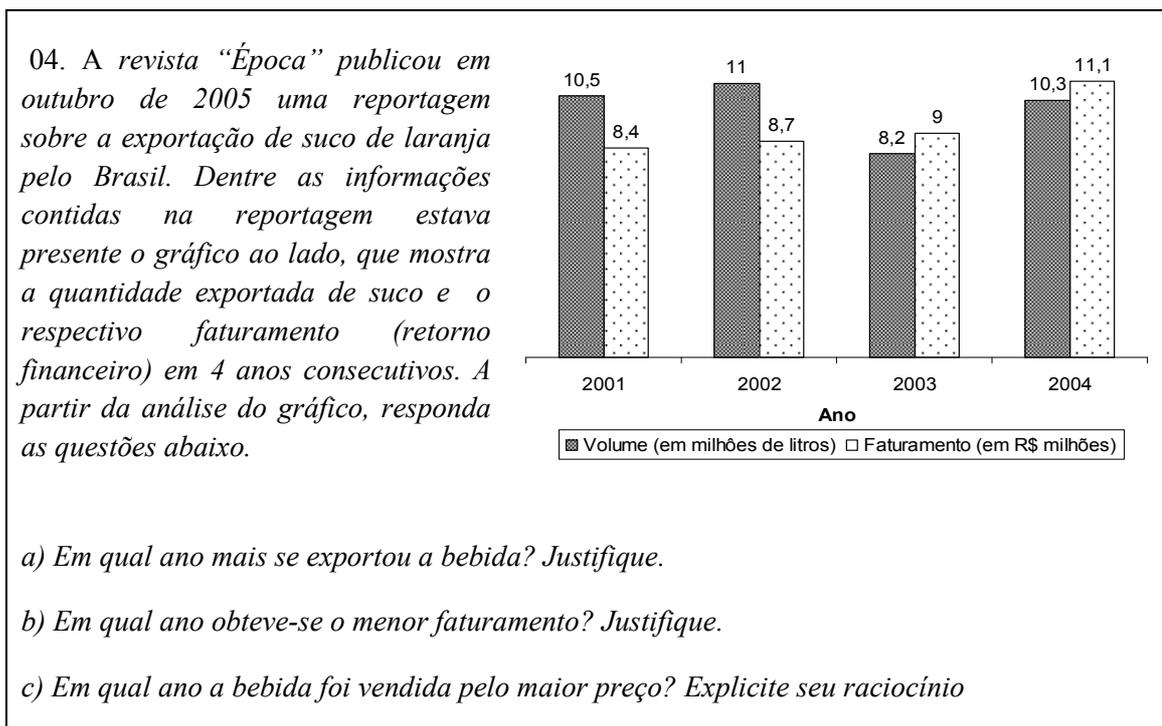
A9: “O encontrado com maior frequência é o carro, pois você se move rapidamente. Já o menor é a bicicleta, pois gasta mais tempo.”

Durante a realização da tarefa, A12 demonstrou inquietação com o entendimento do gráfico, pois disse conhecer cidades em que é possível encontrar muitas bicicletas. Como se tratava de uma avaliação em que o objetivo era conhecer o conhecimento prévio, o professor pediu para que ela respondesse da forma que julgava ser mais correta para atender o que a questão propunha. Este fato representa um indício de diálogo entre os dados apresentados pelo gráfico e o conhecimento acerca do assunto nele retratado. É possível admitir que esse mesmo tipo de procedimento esteja presente na resposta elaborada por A9, que utiliza as características de cada veículo para justificar a distribuição deles em uma cidade.

A análise da primeira avaliação não contou com os itens Q1 e Q4. O item Q1 apresentou características que apesar de abordar o uso de representações foge ao foco da pesquisa. A questão Q4 demonstrou ser de difícil compreensão para os estudantes e apesar de não ser utilizada na comparação entre as avaliações, a análise da produção dos estudantes revela abordagens interessantes e por isso é apresentada nesta seção.

A questão Q4 foi aquela de pior desempenho dos estudantes, especialmente o item C, em que apenas uma resposta foi considerada parcialmente correta. A questão apresenta um gráfico de coluna que indica o volume exportado de suco de laranja pelo Brasil e o faturamento relacionado à venda do produto. O quadro 9 apresenta o enunciado da questão Q4.

QUADRO 9: Questão 04 - primeira avaliação



O gráfico apresentado na questão 4 pode ser considerado como mais sofisticado por representar dois conjuntos de dados numéricos interrelacionados por uma outra grandeza, o preço por litro de suco exportado, que não está representada explicitamente, mas que pode ser inferido em cada ano. A maioria dos estudantes respondeu adequadamente aos itens A e B, criando relações entre a altura de cada coluna, o valor representado e a legenda, como era esperado. A seguir é apresentada uma resposta que ilustra esse tipo de interpretação, criada para responder o item “a”:

A4: “Em 2002, pois ao ver o gráfico o valor desse ano que é de 11 (milhões de litros) é maior que o valor dos outros anos.”

No entanto, alguns estudantes apresentaram interpretações equivocadas para as informações de volume e faturamento. Em 3 casos foram observadas respostas que apontavam o ano de 2003 como o de menor faturamento, a partir da análise da exportação, como apresentado a seguir, criado para responder o item “b”:

A3: “Em 2003, pois teve pouca exportação. Menos importação, menor lucro.”

De fato o ano de 2003 apresentou menor exportação e este fato, para alguns estudantes, implica em menor faturamento, contrariando as informações explicitadas nos gráfico. Este tipo de raciocínio pode, novamente, estar relacionado com um diálogo entre os dados apresentados pelo gráfico e o conhecimento acerca do assunto nele retratado ou confusão na leitura das legendas.

O item C requeria o levantamento de um dado que está implícito no gráfico. Através da relação entre faturamento e volume exportado em cada ano é possível estabelecer o valor do preço médio anual de cada litro exportado da bebida. Alguns estudantes perceberam esta relação, mas de maneira insatisfatória para chegar à resposta correta. A seguir são apresentadas duas repostas que indicam o procedimento coerente do estudante para solucionar a questão:

A3: “Em 2004, pois não foi o ano em que a bebida teve o maior volume de exportação, mas foi o de maior faturamento.”

A12: “No ano de 2002 a bebida foi exportada em maior quantidade, mas provavelmente o preço aumentou no ano de 2004, pois a exportação foi menor e o faturamento maior do que em 2002.”

A3 demonstra perceber que se em 2004 a exportação da bebida não foi alta como em anos anteriores, mas que mesmo assim o faturamento correspondente foi superior, concluindo que nesse ano a bebida estava sendo comercializada por um preço mais elevado. Essa relação entre menor exportação e maior preço foi também utilizada por A12.

Apesar de coerente, este procedimento não foi suficiente para responder a questão, já que a resposta correta é “o preço do suco foi maior em 2003”. Apesar do faturamento em 2003 não ser o maior – o que pode justificar o fato dos estudantes ignorarem a possibilidade de ser este

o ano correto – o preço médio é dado pela razão faturamento por volume, e apresenta maior valor em 2003.

Respostas inconsistentes para o item C e com erros de leitura também foram observadas. Para um estudante o preço mais alto está associado ao maior faturamento, como apresentado a seguir:

A13: “2004, pois o gráfico apresenta maiores índices de lucro que os outros”.

Para A13, o preço mais elevado está relacionado com o maior lucro (faturamento) e sendo assim ele escolhe 2004 em sua resposta. Já outro estudante apontou 2004 como o ano de maior preço da bebida, pois considerou os valores para o faturamento de cada ano como o próprio preço da bebida, independentemente do volume exportado.

O fato dos itens A e B da questão 4 apresentarem maiores índices de respostas coerentes, enquanto que o item C demonstrou ser de difícil entendimento para os estudantes, ilustra bem as diferenças entre extrair informações explicitamente representadas e inferências a partir de representações gráficas.

As respostas produzidas por A12 para a questão Q7 (seção 4.2) e pela estudante A3 na para Q4, ambas apresentadas e discutidas anteriormente, apresentam uma característica interessante em que o conhecimento prévio acerca do tema abordado pela questão demonstra orientar a elaboração da resposta. Para o caso de A12, através da resposta e das inquietações por ela manifestadas é possível notar que, apesar do gráfico informar que existem mais carros que bicicletas, a estudante parece se referir à sua experiência pessoal, que contradiz a mensagem visual presente no gráfico. Ela utiliza como foco as informações presentes no gráfico, respondendo corretamente a questão. No entanto, o mesmo não ocorre com a resposta de A3 para a questão Q4, que solicita ao estudante, no item B, indicar em qual ano estabeleceu-se o menor faturamento. A3 parte do princípio de que o ano em que o faturamento foi menor, corresponde ao ano em que menos se exportou, tomando como premissa o seu entendimento sobre faturamento, influenciado unicamente pela exportação.

Nas duas respostas apresentadas verifica-se uma possível relação entre conhecimento prévio e interpretação gráfica.

As seções seguintes discutem os demais itens da primeira avaliação – Q3 I e II e Q6 A e B - que tratam temas da cinemática.

4.3 Como os estudantes representam o movimento

O estudo do movimento – cinemática – constitui a primeira etapa do estudo de Mecânica e é abordado, tradicionalmente, na primeira série do ensino médio. Em algumas escolas esse tópico costuma ser iniciado em algum momento da última série do ensino fundamental. Um dos grandes desafios do ensino da cinemática é fazer com que os estudantes sejam capazes de compreender que um dado movimento pode ser representado através de inscrições científicas, principalmente gráficos e tabelas. Ao longo de sua trajetória escolar e em suas vivências fora da escola, cada estudante desenvolve um repertório de formas gráficas utilizadas na vida cotidiana e escolar para representar os eventos, fenômenos e processos de interesse, e em particular do movimento. Ou seja, os estudantes iniciam seus estudos que envolvem inscrições, bem como movimento, possuindo idéias e práticas relacionadas ao uso de inscrições, fruto de experiências escolares e cotidianas, vivenciadas por eles na escola e fora dela. Elementos utilizados em revistas de quadrinhos e desenhos animados são utilizados com frequência pelos estudantes, como será visto mais à frente. Tais experiências dialogam com a forma com que cada indivíduo representa uma determinada situação ou fenômeno. Conseqüentemente, quando os estudantes aprendem a utilizar uma nova representação, ela é aprendida contra esse cenário de experiência vivida. Como aponta Sherin (2000), considerar os recursos e conhecimentos mobilizados pelos estudantes para interpretar e inventar representações, mesmo antes do seu estudo formal nas ciências, torna-se, então, fundamental para compreender suas dúvidas, questões e explicações em sala de aula.

O desenho demonstra ser o principal recurso utilizado como alternativa para representar o movimento. A questão 3 da primeira avaliação, apresentada no quadro 10, consiste em representar visualmente um tipo específico de movimento. Ou seja, representar de maneira visual uma descrição verbal de um determinado movimento. O enunciado apresentado aos

estudantes não determina o tipo de representação a ser utilizada e discute brevemente o que é entendido como uma boa representação. A questão 3 é apresentada no quadro a seguir.

QUADRO 10: Questão 03 - Primeira avaliação

*03. Abaixo são descritas duas situações que envolvem um tipo de movimento. Você deve inventar uma representação que esteja de acordo com cada uma das situações. **Lembre-se que uma boa representação é aquela que um leitor consegue entender seu significado sem nenhuma explicação.***

Situação I – Um carro viaja por uma estrada reta sem mudar o valor de sua velocidade.

Situação II – Outro motorista que dirige o carro fazendo o mesmo movimento da situação anterior decide, depois de algum tempo, fazer uma parada para abastecer.

O termo “representação” foi brevemente discutido com os estudantes antes da realização da avaliação em um pequeno texto que apresentava as principais formas de representações como, maquetes, desenhos, placas e gráficos.

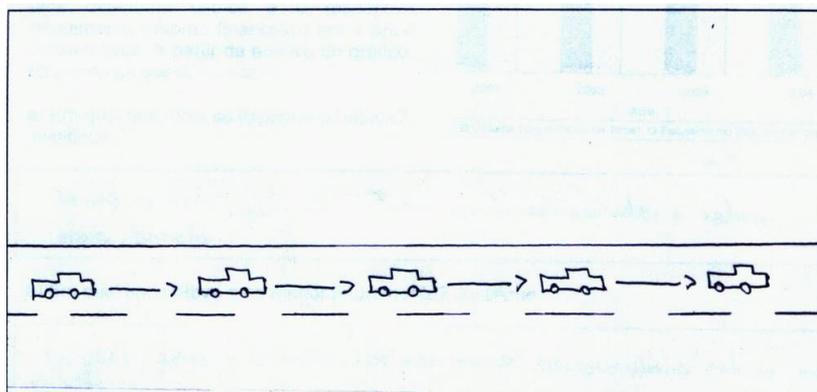
Os diferentes tipos de desenhos podem ser caracterizados a partir dos elementos utilizados em sua confecção. Encontram-se casos em que o desenho apresenta somente um carro em movimento. Em outros casos, o estudante associa o desenho do carro a algum tipo de mecanismo com o objetivo de tornar sua representação mais detalhada, por exemplo, indicando a posição ou velocidade do veículo, em momentos específicos. Estes mecanismos podem ser velocímetros, placas, números ou palavras. Outros ainda utilizam desenhos complementares como linhas e setas, como nas tirinhas e revistas, para transmitir a idéia de movimento. Nos próximos parágrafos são apresentados alguns desenhos que constituem exemplos da produção dos estudantes referentes às duas situações envolvidas na questão 03, que podem ser entendidos como esforços dos estudantes para realizar a tarefa de representar o movimento. Em alguns casos também é apresentado um trecho transcrito da entrevista realizada com o estudante autor do desenho, explicando sua elaboração.

O desenho de A9 se assemelha a uma foto estroboscópica, que consiste em capturar várias imagens de um objeto em movimento em um curto intervalo de tempo. A sobreposição das imagens transmite a idéia de que o corpo fotografado está em movimento. O desenho de A9 para a situação I transmite a idéia de um movimento com velocidade constante a partir da

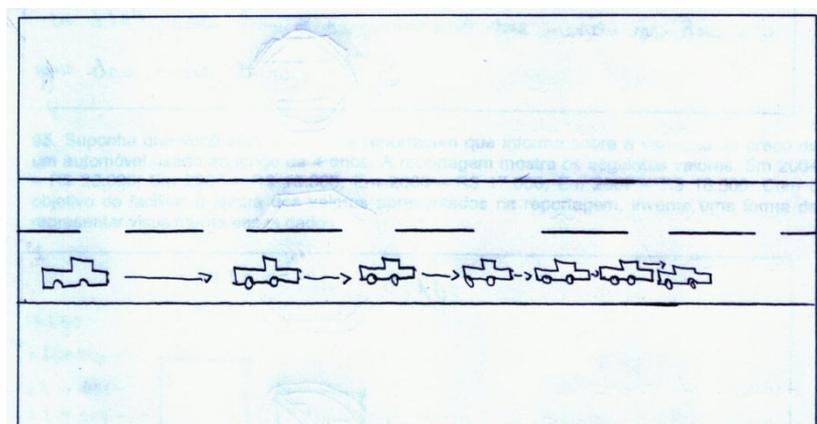
constância dos sucessivos deslocamentos do carro. Para representar o carro freando, A9 representa a distância nos desenhos sucessivos dos carros cada vez menor. Em algum momento A9 foi entrevistado para explicar o significado de seu desenho. A figura 16 apresenta a produção de A9 e a seguir parte da entrevista é transcrita.

FIGURA 16: O desenho de A9 - Fotografia estroboscópica

Situação I



Situação II



P (Professor)

P: Eu gostaria que você me explicasse, nessa questão (referindo-se a questão 3), como você representou esta situação. O que seus desenhos representam?

A9: Tipo assim, isso aqui é a rua (apontando para a questão). Ai, o carrinho ta indo pra frente, ta vendo?

P: Tô.

A9: Ai, a setinha aqui é do mesmo tamanho. É como se ele andasse à mesma velocidade no tempo.

P: Então, para essa sua representação, a seta está mostrando a velocidade? É isso?

A9: É? Ai, ele tá na mesma velocidade.

P: Então, me explica o desenho abaixo (referindo-se a situação II).

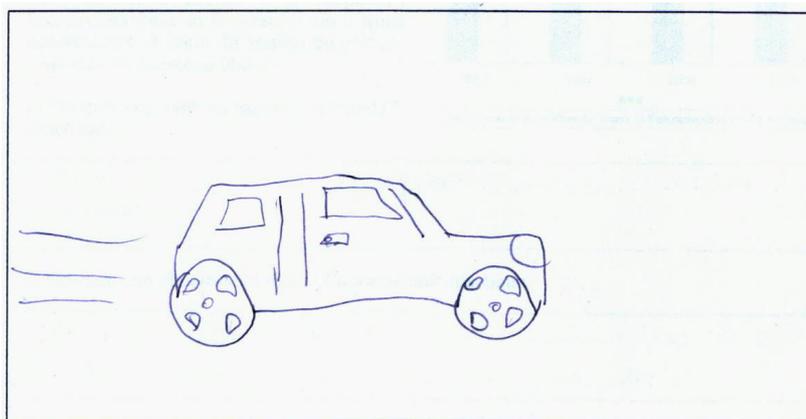
A9: A seta vai diminuindo, porque vai diminuindo a velocidade até parar.

O desenho representa uma sequência de observações do veículo nos dois casos, isso é importante porque só poderemos saber se a velocidade do veículo permanece constante ou se muda de alguma forma, aumentando ou diminuindo, por comparação de observações sucessivas. Se os estudantes não dominarem essa idéia, eles não conseguirão representar o movimento, qualquer que seja ele. Para A9, o tamanho da seta é proporcional a velocidade do carro, sendo assim, ele pode representar a velocidade a partir do tamanho da seta. Cabe destacar que é correto representar a velocidade (média) em cada trecho por uma seta cujo comprimento é proporcional à magnitude da velocidade. O desenho de A9 também poderia ser interpretado como se ele estivesse representado os deslocamentos do carro entre observações sucessivas, realizadas em intervalos regulares de tempo.

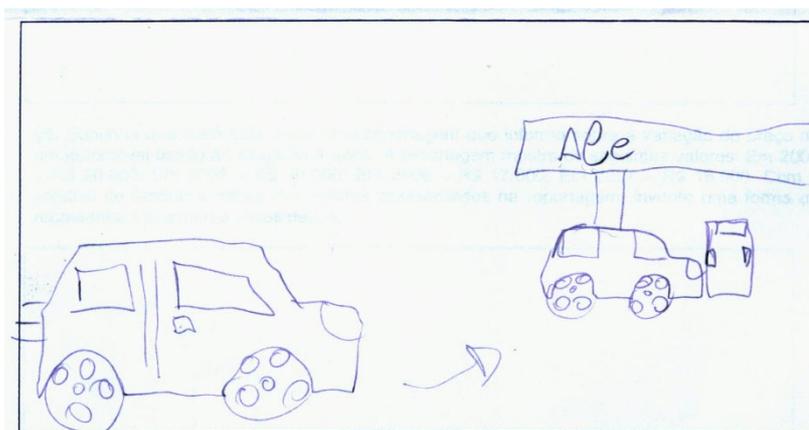
O desenho de A1, comparado às demais produções, aparenta ser mais simples, apresentando poucos elementos. Nele é representado apenas um carro e posteriormente uma sequência do carro dirigindo-se para um posto de abastecimento. É interessante perceber que os desenhos do carro são acompanhados de linhas localizadas na parte posterior. Mas como A1 não desenha o carro em outros momentos, seu desenho só permite distinguir onde o veículo está em movimento da situação em que ele encontra-se em repouso, diferentemente do desenho de A9. O a figura 17 apresenta a produção de A1 e a seguir um trecho de sua entrevista é transcrito.

FIGURA 17: O desenho de A1 - Vento e velocidade

Situação I



Situação II



P: Como você pensou em criar estes desenhos (referindo-se a questão 3)?

A1: Nesse aqui ele tá correndo (apontando para a situação I), ó por causa desse vento aqui (indicando as linhas atrás do carro). Nesse aqui ele tava andando e depois parou.

P: Então essa linha é o vento?

A1: Isso aqui é a velocidade que ele tá andando. Aqui ele tava andando e aqui e parou.

P: Mas onde a velocidade era maior?

A1: Aqui (apontando para as linhas atrás do carro na situação I). Onde o vento tá maior.

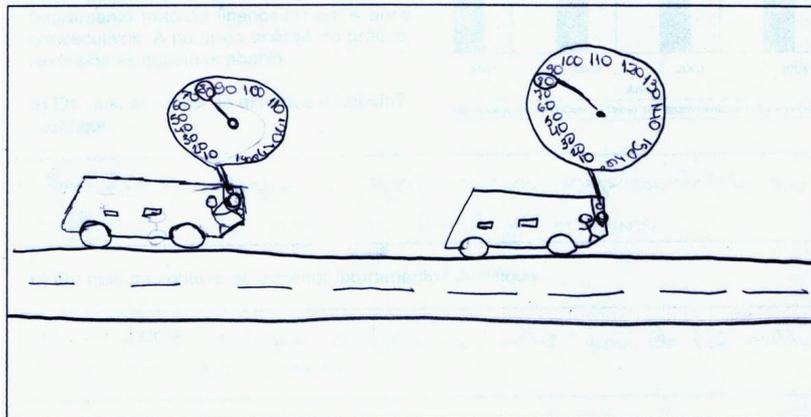
As linhas que se encontram na parte de trás do carro, funcionam como indicador de movimento, uma espécie de representação do ar que passa através do carro quando ele se movimenta. Isso transmite a idéia de movimento, mas que não consegue transmitir a idéia de velocidade constante, ou variável. A1 até que tenta, na entrevista, associar a quantidade de linhas que indicam a velocidade do vento para usá-las como indicador da velocidade do carro.

Mas isso não está claramente visível nos desenhos que ele fez. No entanto, sua entrevista sugere que ele passou a perceber que seus desenhos precisariam ser diferentes para representar onde a velocidade é constante e onde ela diminui. Esse é um recurso rotineiramente utilizado em tirinhas e quadrinhos, podendo indicar um móvel movendo-se mais rapidamente ou lentamente.

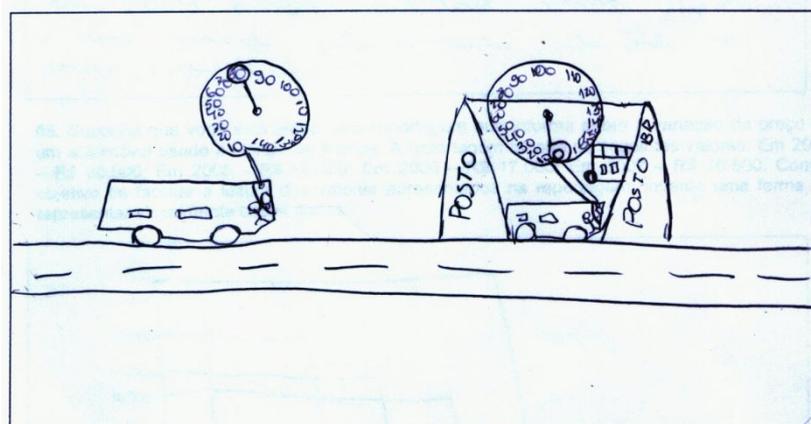
O desenho de A8 é apresentado na figura 18. Ela tenta solucionar o problema de representar um móvel com diferentes velocidades a partir do uso de um velocímetro. Para mostrar que a velocidade é a mesma, A8 destaca como um observador que examina sua representação veria o velocímetro do carro, desenhando-o em detalhe, como se fizesse um zoom em uma pequena porção do desenho. Ela representa a velocidade constante comparando um carro em duas posições distintas. Nas duas posições o velocímetro indica o mesmo valor, mostrando que a velocidade não mudou. Para representar a diminuição da velocidade, A8 utiliza o mesmo recurso, no entanto, indicando leituras diferentes no velocímetro.

FIGURA 18: O desenho de A8 – Velocímetros

Situação I



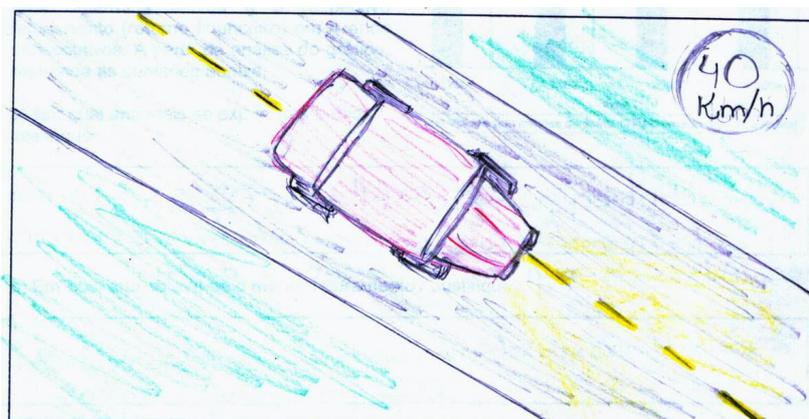
Situação II



O uso complementar de um velocímetro foi também observado nas produções de outros estudantes. Variações do uso deste tipo de recurso também foram percebidas, como o uso de placas de trânsito que indicam a velocidade máxima e de valores de velocidade localizados junto ao desenho do carro, como utilizado no desenho de A12, apresentado pela figura 19.

FIGURA 19: O desenho de A12 – Placas, números e velocidade

Situação I



Situação II



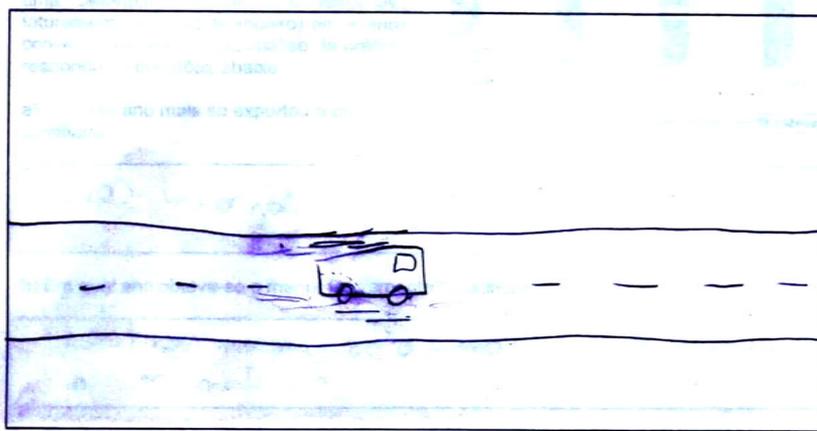
Os alunos utilizam gráficos e tabelas – inscrições científicas - para representar valores como foi observado na análise da questão 5. Porém, os estudantes não utilizam tais inscrições para retratar o movimento, o que pode tornar menos natural a aprendizagem e apropriação de gráficos e tabelas para representar o movimento.

O desenho de A10 pretende retratar a diminuição da velocidade através do conceito de inércia. Durante as aulas regulares, os estudantes tiveram contato com os principais aspectos

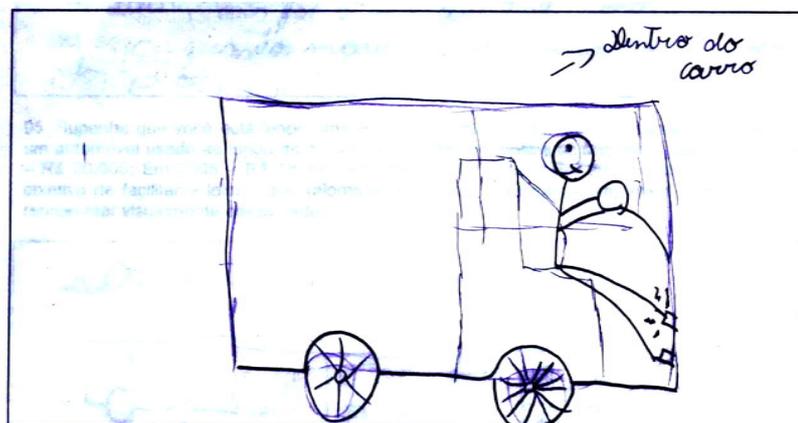
das leis de Newton. Sendo assim, eles tiveram a oportunidade de relacionar várias situações cotidianas com a inércia. Este tipo de estratégia no estudo da inércia é comumente encontrado em livros de física, através de desenhos e fotografias como a de como um ônibus iniciando o movimento ou freando e fazendo com que os passageiros se desequilibrem. A figura 20 apresenta a produção de A10.

FIGURA 20: O desenho de A10 – Inércia

Situação I



Situação II



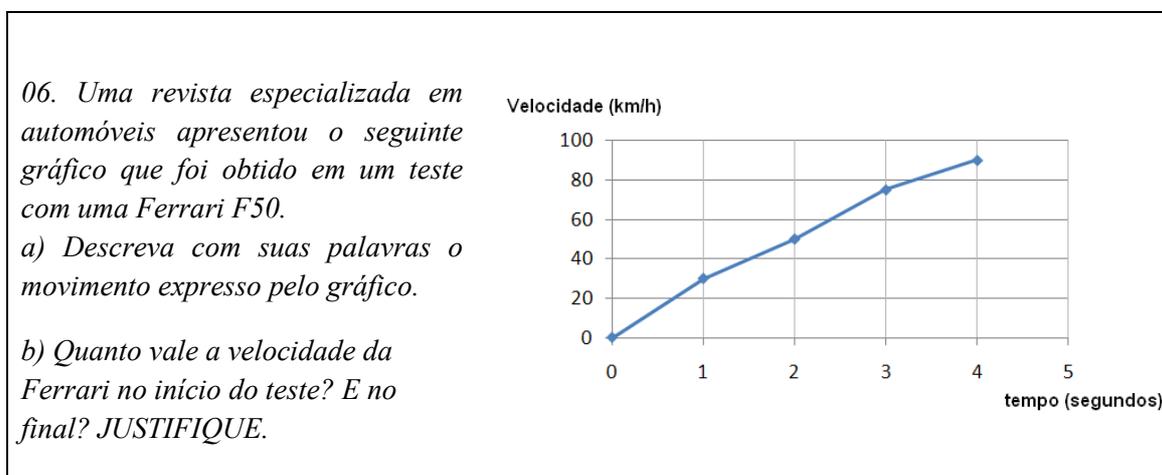
Para representar a situação I, A10 simplesmente desenha um veículo viajando por uma estrada. No entanto, para representar a diminuição da velocidade, é possível perceber o desenho dela, o motorista que se afasta do banco, sendo projetado para frente devido à ação da inércia, o que pode ser interpretado como resultado da ação de frear o veículo repentinamente, reduzindo sua velocidade. Em conversa, ao explicar sobre a fonte de inspiração para suas idéias, A10 disse ter imitado os desenhos presentes no livro de física. Ela

ainda aponta para detalhes no desenho que indicam a variação da velocidade, como o cinto de segurança tensionado para evitar que a pessoa seja projetada para fora do carro e o pé do passageiro acionando o freio.

4.4 A interpretação de um gráfico de velocidade

A questão 06 (Q6) apresenta um gráfico que expressa a velocidade de um automóvel em função do tempo. Este tipo de gráfico é comumente utilizado pela física, aplicado para representar tipos específicos de movimento. Apesar de nenhuma intervenção escolar formal sobre gráficos que retratam movimento ter sido realizada, os estudantes apresentaram, de modo majoritário, um desempenho adequado em sua interpretação – porém incompleto, expressando corretamente seu significado através de palavras e também extraindo dados. O quadro 11 apresenta o enunciado da questão 06.

QUADRO 11: Questão 06 - Primeira avaliação



O gráfico apresenta um tipo de movimento acelerado cuja velocidade inicial é zero e após 4 segundos possui valor próximo de 90 km/h. O item A da questão 6 solicita a descrição do gráfico através de palavras. O objetivo central deste item é ter acesso ao entendimento dos estudantes acerca do movimento expresso pelo gráfico. O item B tem por finalidade perceber a forma com que os estudantes extraem informações numéricas do gráfico. As descrições para o movimento, solicitadas no item A, são variadas, apresentando respostas que simplesmente indicam que a velocidade do automóvel está aumentando com o passar do tempo. Há outras

em que o estudante tenta compreender a taxa para o crescimento da velocidade em função do tempo. A seguir são apresentados 3 exemplos de respostas para o item “A” da questão Q6:

A10: “A Ferrari está aumentando sua velocidade constantemente. Por isso a linha está cada vez mais acima.”

A9: “O gráfico mostra o tempo que a Ferrari F50 demora 4 s para chegar em uma velocidade.”

A12: “A cada segundo a Ferrari F50 acelera de modo indeterminado (sem valor certo para cada segundo).”

Apesar de variadas, as respostas para o item “A” apresentam descrições coerentes com o gráfico, relacionando o traçado do gráfico com aumento da velocidade do móvel. Outros estudantes optaram por apresentar quantidades em suas respostas, informando o valor da velocidade para cada instante de tempo. A única exceção observada dentre as respostas consiste em uma falha de interpretação na qual o eixo que retrata a velocidade é interpretado como distância percorrida, gerando interpretações acerca da distância que o móvel percorre a cada intervalo de tempo e não de sua velocidade. Esta falha na interpretação resulta em respostas em que a unidade apresentada para a velocidade é dada em km e não em km/h.

O item “B” da questão 6 também foi respondido de maneira satisfatória pela maioria dos estudantes. A única falha observada consiste em considerar como 30 km/h a velocidade inicial do carro, sendo que o primeiro ponto do gráfico indica que no início ($t = 0$) a velocidade é nula. Esse procedimento indica um erro relacionado aos aspectos normativos para utilização deste tipo de gráfico. Aproximadamente 30% das respostas adotam o tempo $t = 1$ s como o instante inicial. Este fato sugere a hipótese de que estudantes sem experiência anterior do estudo de movimento não compreendem o significado de observar uma grandeza no instante zero ou não costumam tomar o início de um movimento como sendo indicado pelo instante zero, quando o observador não explicitado, mas subentendido na interpretação do gráfico aciona seu cronômetro. Essa hipótese explica o valor 30 km/h, que corresponde à velocidade no instante 1 s. O mesmo não é observado para o instante de tempo final, e as respostas

apontam para valores corretos da velocidade. Os valores estimados pelos estudantes para a velocidade final variam entre 90 km/h e 100 km/h.

As atividades que requerem a interpretação de gráficos demonstraram ser mais acessíveis aos estudantes, fato justificado pela maior qualidade observada nas tarefas de interpretação em comparação com o desempenho menos satisfatório em atividades em que a elaboração de gráficos era necessária.

Embora a escolha de gráficos para representar o movimento não pareça óbvia aos estudantes, eles não apresentaram dificuldades que os impedissem de interpretar um gráfico simples que descrevia o comportamento da velocidade de um corpo em movimento em função do tempo. Mas, praticamente todos eles, tiveram dificuldades em inferir informações que iam além da leitura direta do gráfico.

4.5. Características gerais do grupo na primeira avaliação

A análise da produção dos estudantes para a primeira avaliação, baseada nos resultados obtidos através da leitura, uso da chave de correção e comparação entre as produções, gera um conjunto de características principais para o grupo no momento em que eles iniciam a participação na sequência de ensino:

- O desenho é utilizado como principal recurso para representar o movimento e, logo, os estudantes demonstram não possuir noções sobre a representação do movimento baseada em inscrições científicas.
- Os gráficos e tabelas são os principais recursos formais escolhidos pelos estudantes para representar um conjunto de dados numéricos. Gráficos de coluna e linha são os principais tipos de gráficos utilizados. Embora sejam recursos formais para a representação, os gráficos e tabelas possuem omissões e pequenos desacordos com os aspectos normativos.

- Elementos pessoais associados com a vivência de cada estudante são manifestados durante a interpretação de alguns gráficos.
- O desempenho dos estudantes em questões que envolvem gráficos de domínios gerais é melhor do que em questões que tratam especificamente da representação de movimentos.
- Os estudantes demonstram domínio sobre a extração de informações diretas de um gráfico, mas têm dificuldades com casos em que a leitura refere-se a informações que não são explicitamente representadas.
- Os estudantes apresentam condições de interpretar gráficos comuns, como os que são veiculados em jornais e revistas.
- Gráficos simples que representam o comportamento da velocidade em função do tempo podem ser interpretados de maneira correta pelos estudantes.
- Os estudantes apresentam dificuldades em extrair dados implícitos a partir de procedimentos algébricos que relacionam duas grandezas representadas. No entanto, procedimentos mais simples como o uso de porcentagem e de aproximações são realizados com sucesso.

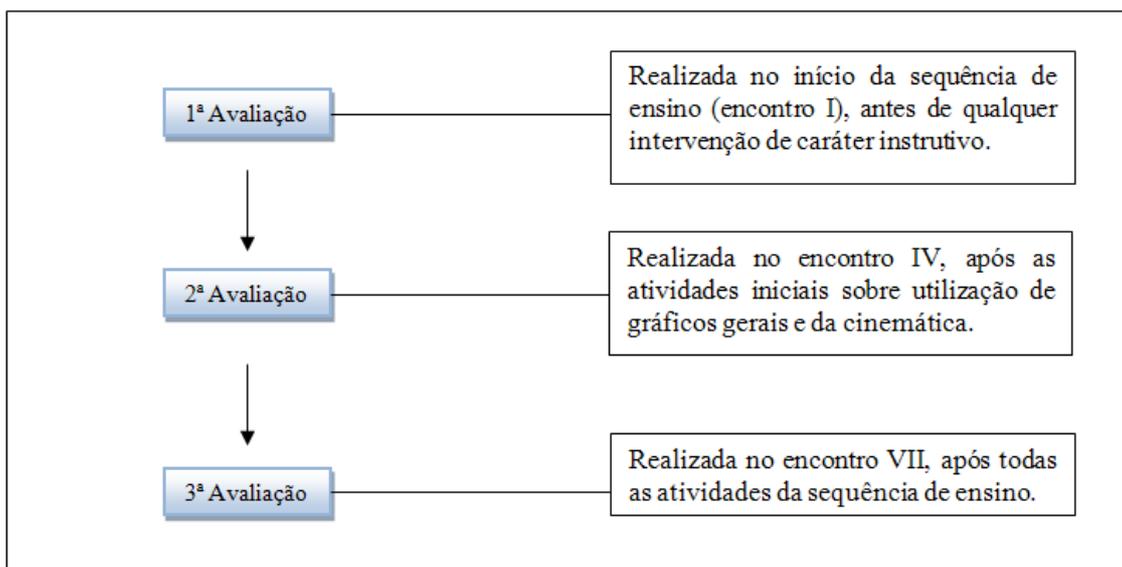
4.6 Segunda e Terceira avaliação

A primeira avaliação estabeleceu o contato inicial entre os estudantes e a sequência de ensino e por isso ela pôde ser utilizada para obter informações relacionadas com o conhecimento prévio acerca das práticas inscricionais. A segunda e terceira avaliação, no entanto, foram aplicadas nos encontros IV e VII, respectivamente. Desta forma, apesar das três avaliações serem semelhantes, a segunda e terceira apresentam um caráter distinto, pois as respostas dos estudantes são também influenciadas pela aprendizagem de como utilizar gráficos, estabelecida pela sequência de ensino.

Ao realizar a segunda avaliação os estudantes já haviam tido contato com metade da sequência de ensino, enquanto na terceira eles já haviam acompanhado toda a sequência. Nos encontros que antecedem a segunda avaliação (encontros II e III) os estudantes se envolveram

em atividades em que era necessário utilizar gráficos em situações gerais e também situações da cinemática. Sendo assim, era esperado que os recursos gráficos fossem utilizados com maior frequência e com melhor desempenho. Os encontros realizados entre a segunda e terceira avaliação eram destinados a realização de atividades que envolvem, de maneira mais específica, a cinemática.

QUADRO 12: Avaliações



Assim como na análise da primeira avaliação, a segunda e da terceira avaliação contou com a análise de seis itens, orientada pelo sistema de avaliação descrito na seção 3.4. Os quadros 13 e 14 apresentam a relação de itens analisados em cada avaliação.

QUADRO 13: Relação dos itens da segunda avaliação

Item	Descrição
Q1 – I	Construção de uma representação gráfica para o movimento (MRU/MRUV)
Q1 – II	Construção de uma representação gráfica para o movimento (MRU/MRUV)
Q2 – A	Interpretação de uma representação gráfica para o movimento MRUV ($V \times t$)
Q2 – B	Interpretação de uma representação gráfica para um MRUV ($V \times t$)
Q3 – A	Interpretação de um gráfico que representa um conjunto de dados.
Q4	Interpretação de uma representação gráfica para um MRUV ($X \times t$)

QUADRO 14: Relação dos itens da terceira avaliação

Item	Descrição
Q1 – I	Construção de uma representação gráfica para o movimento (MRU/MRUV)
Q1 – II	Construção de uma representação gráfica para o movimento (MRU/MRUV)
Q2	Interpretação de um gráfico que representa um conjunto de dados.
Q3 – A	Interpretação de uma representação gráfica para um MRUV (V x t)
Q3 – B	Interpretação de uma representação gráfica para um MRUV (V x t)
Q4	Interpretação de uma representação gráfica para um MRUV (X x t)

O item Q3 – A da segunda avaliação e Q2 da terceira avaliação abordam temas de domínios gerais, enquanto os itens restantes abordam temas da cinemática.

Os gráficos 2 e 3 apresentam o desempenho de cada estudante para a segunda e terceira avaliação. Os valores são apresentados em porcentagem.

GRÁFICO 2: Desempenho dos estudantes na segunda avaliação

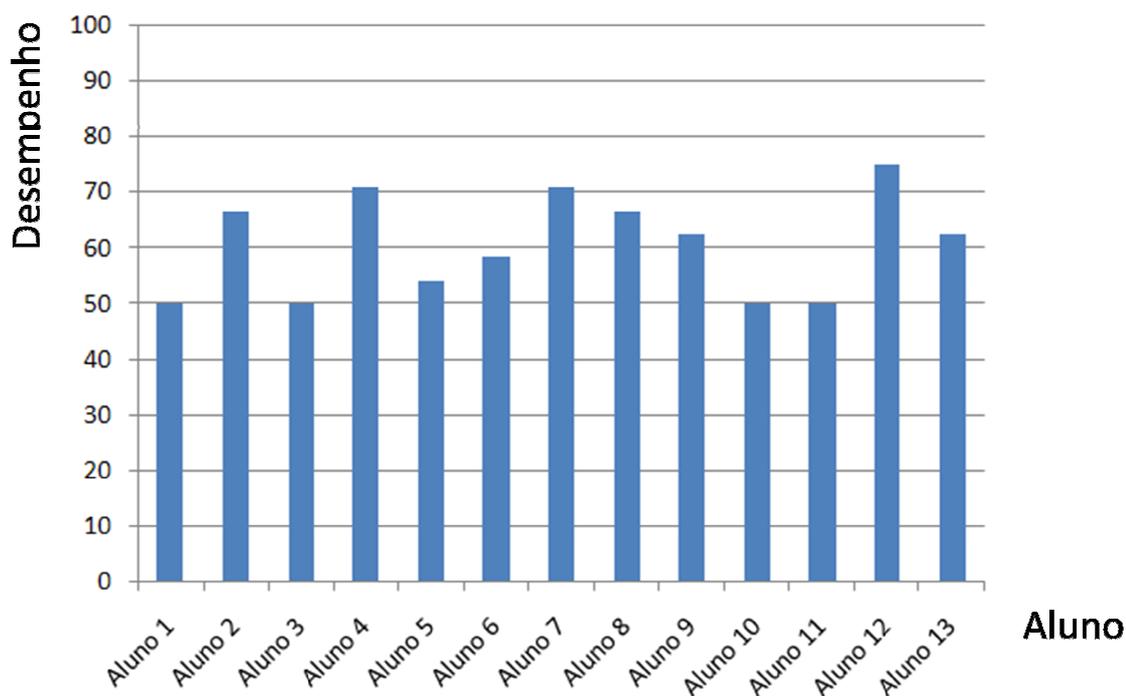
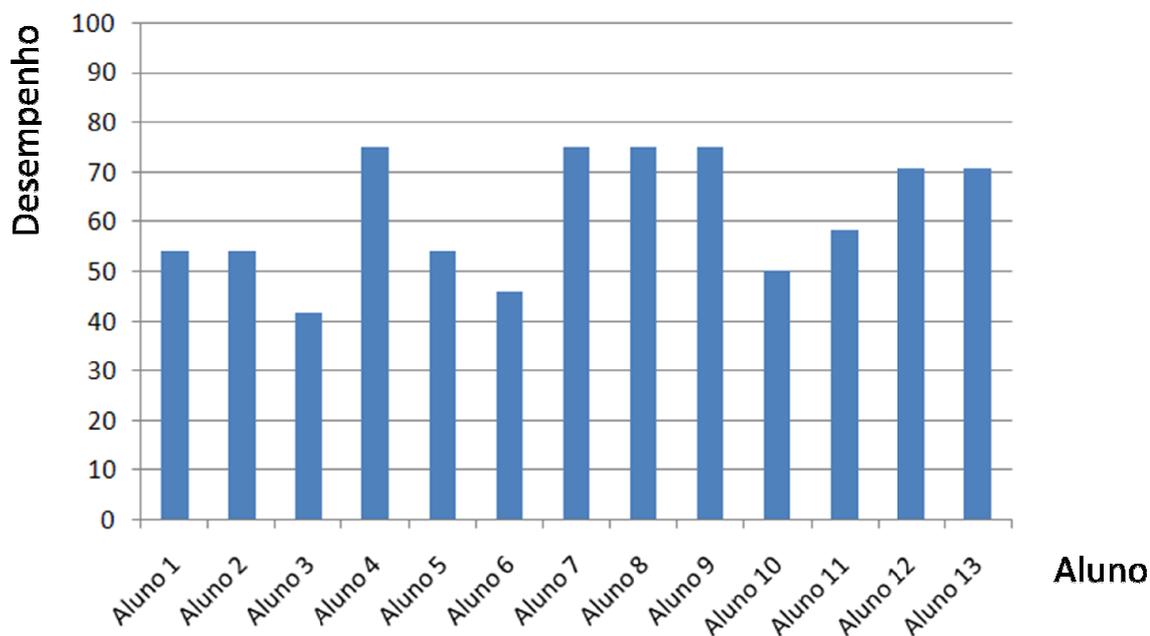


GRÁFICO 3: Desempenho dos estudantes na terceira avaliação

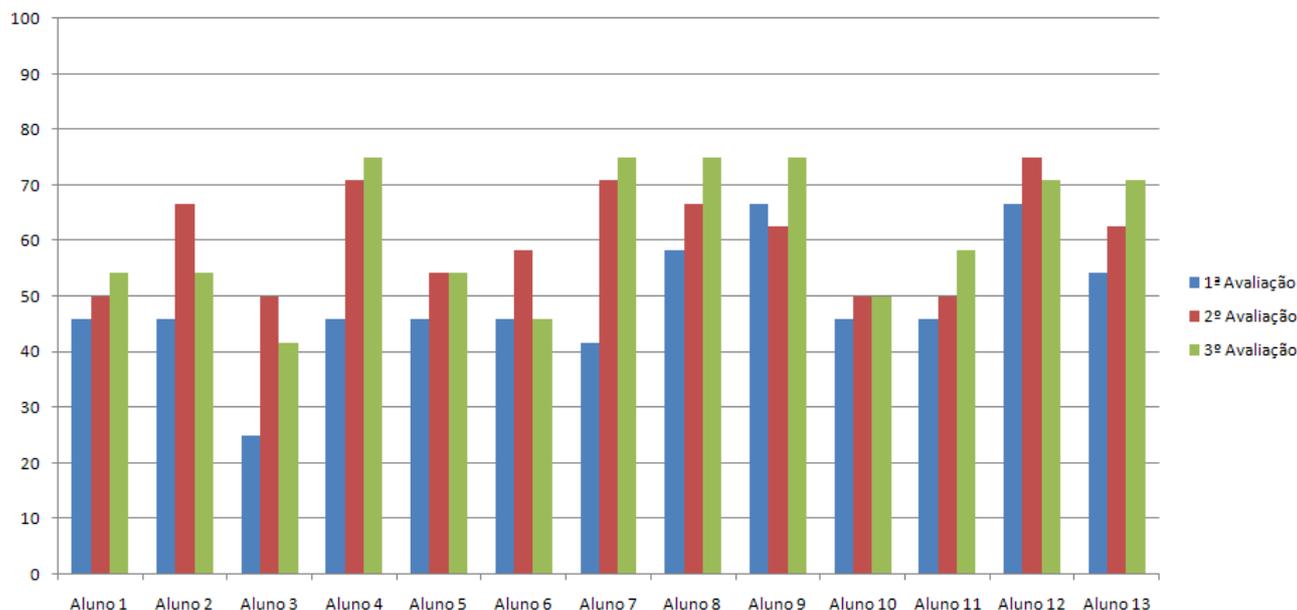


A análise da primeira avaliação indicou que apenas 3 estudantes obtiveram um desempenho superior a 50%. Na segunda avaliação não foi observado nenhum desempenho inferior a 50%, sendo que 3 estudantes apresentaram desempenho igual ou superior a 70%. Para a terceira avaliação 2 estudantes apresentaram desempenho inferior a 50%, enquanto 4 estudantes apresentaram desempenho superior a 70%.

Como era esperado, de um modo geral o desempenho dos estudantes na segunda avaliação foi superior à primeira. O mesmo ocorre quando a terceira avaliação é comparada à segunda. Ou seja, observamos um desempenho cada vez melhor dos estudantes ao longo das três avaliações.

O gráfico 4 apresentado a seguir compara o desempenho de cada estudante em cada uma das três avaliações. Os valores são apresentados em porcentagem.

GRÁFICO 4: Comparativo entre os desempenhos dos estudantes nas três avaliações



A comparação entre as três avaliações indica que os participantes da pesquisa apresentaram na última avaliação um desempenho superior ao da primeira. Apenas o aluno 6 apresentou ao final na terceira avaliação um desempenho igual ao da primeira.

Percebe-se também uma melhoria acentuada no desempenho da primeira para a segunda avaliação. Da segunda para a terceira avaliação não existe uma tendência clara. Os resultados da segunda avaliação são melhores ou iguais ao da terceira avaliação para os alunos 2, 3, 5, 6, 10 e 12, porém com variações pequenas, exceto para o caso dos alunos 2 e 6. Para os outros estudantes constata-se que os resultados da terceira avaliação foram em geral ligeiramente melhores. Uma possível hipótese que explica o maior salto observado no desempenho da primeira para a segunda avaliação consiste em assumir o caráter inovador da primeira avaliação, que demandava ações das quais os estudantes tinham pouca, ou mesmo nenhuma, vivência. Para a realização da segunda avaliação os estudantes já haviam se envolvido na metade das atividades da sequência de ensino, atividades essas em que se concentravam várias ações de caráter instrutivo e por isso era esperado um melhor desempenho. Da segunda para a terceira avaliação as atividades da sequência de ensino tinham um caráter instrutivo menor e o foco era praticar o uso de gráficos para situações que envolvem movimento, logo era esperado uma menor variação no desempenho. A terceira avaliação foi realizada no último encontro e os estudantes poderiam já se sentir cansados e mostrar menor envolvimento com as tarefas. Esse desengajamento justifica também a pequena diminuição no desempenho de alguns estudantes da segunda para a terceira avaliação.

As próximas seções – 4.6 e 4.7 – apresentam resultados das análises dos itens da segunda e da terceira avaliação. Tal análise tem por objetivo apresentar as principais características no desenvolvimento das competências representacionais dos estudantes para temas específicos associados ao movimento e temas de domínios gerais.

4.6 A representação gráfica do movimento na segunda e terceira avaliação

As atividades pertencentes ao conjunto das 3 avaliações são semelhantes no aspecto procedimental ou mesmo idênticas, fazendo com que elas propiciem oportunidades para que os estudantes criem e interpretem gráficos em contextos gerais ou associados ao estudo do movimento. Como observado através da análise da qualidade obtida pelo sistema de avaliação, o desempenho dos estudantes, de modo geral, aumentou a cada avaliação.

A estratégia de utilização de desenhos como alternativa para representar as situações propostas não foi observada na segunda nem na terceira avaliação. Até mesmo a representação do movimento a partir de desenhos – observado em todos os casos da primeira avaliação – foi substituída por gráficos, principalmente de linha. Assim como na primeira avaliação, as questões em que a construção de representações era necessária não orientavam para a utilização de uma forma gráfica específica, solicitando a construção de uma representação visual. Podemos entender a escolha geral dos gráficos como uma influência das atividades de construção e interpretação de gráficos, desenvolvidas ao longo da sequência. Os próprios estudantes declararam reconhecer que apesar de serem inicialmente mais complicados de se trabalhar, os gráficos apresentam qualidades para se representar o movimento de forma mais completa e objetiva.

É interessante ressaltar que os encontros destinados à aprendizagem sobre gráficos relativos a movimentos simples, possibilitaram estabelecer o uso de gráficos de linha como padrão. Entretanto, na segunda avaliação, observou-se a presença de gráficos de colunas utilizados com a finalidade de representar um movimento. Apesar de não estar de acordo com as orientações sugeridas, esse tipo de produção mostrou-se coerente, expressando em sua mensagem visual elementos condizentes com a descrição original. Este procedimento foi utilizado por 4 dos 13 estudantes que realizaram a 2ª avaliação e não foi adotado por nenhum dos participantes da 3ª avaliação, o que pode indicar um processo de apropriação da prática

de representar movimentos por meio de gráficos de linha. A seguir são apresentados alguns exemplos de produções dos estudantes para o item I da questão Q1 da segunda avaliação, que é apresentada no quadro 15.

QUADRO 15: Questão 01(Item I) - Segunda avaliação

<p><i>Abaixo são descritas duas situações que envolvem um tipo de movimento. Você deve criar uma representação visual que esteja de acordo com cada uma das situações.</i></p> <p><i>Situação 01: Um carro viaja por uma estrada reta e plana. Durante a viagem o motorista marca o tempo (com auxílio de um relógio que marca horas e minutos) e a respectiva velocidade na qual o carro se encontra e registra os valores mostrados na tabela.</i></p>	Velocidade (km/h)	Tempo (h)
	30	0
	30	1
	30	2
	20	3
	10	4
	0	5
	0	6
	0	7

FIGURA 21: O gráfico de A8 - O movimento em um gráfico de coluna

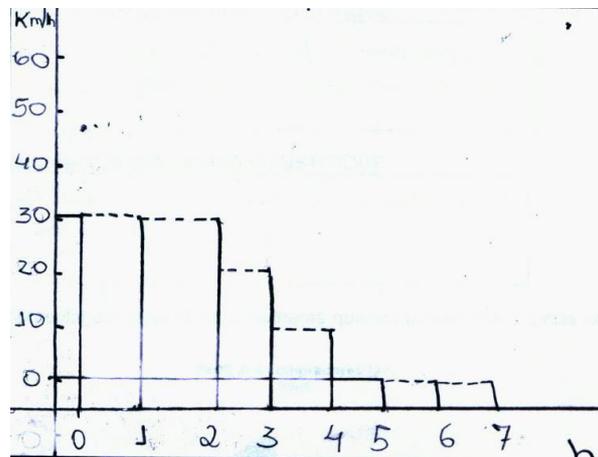
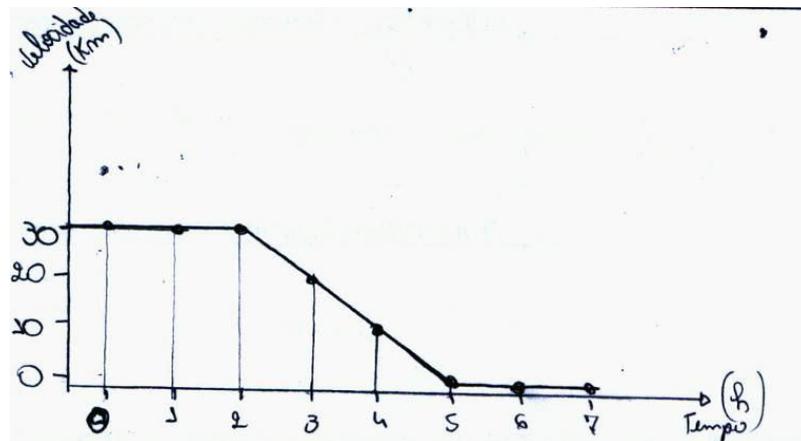


FIGURA 22: O gráfico de A13 – O movimento em um gráfico de linha



A estratégia adotada por A8 para representar o movimento consiste no uso de barras, com altura proporcional ao valor da velocidade. Sendo assim, ela utiliza barras com alturas iguais para indicar velocidade constante e, posteriormente, barras com alturas menores. O decréscimo das barras representa a diminuição da velocidade e, por fim, as barras atingem a altura do patamar zero, indicando que o valor da velocidade é nulo. A8 desloca para cima o zero do eixo vertical para destacar uma barra que atinge o patamar zero. A13 representa a mesma situação a partir de um gráfico de linha. Observa-se que nos dois gráficos o valor zero para a velocidade e para o tempo estão destacados e não se encontram na intercessão dos eixos, como é comumente representado nas aulas e pelos livros de física. É possível observar, também, um equívoco cometido por A13, que utiliza a unidade km para representar a velocidade. Como apresentado anteriormente, o item I da questão Q1 foi utilizado tanto na segunda como na terceira avaliação. Para a terceira avaliação as respostas dos estudantes se assemelham a produção de A13, que utiliza linhas ao invés de barras. Erros, como utilização incorreta de unidades de medida e a não identificação dos eixos também são percebidas, mas com menor frequência.

No encontro III, os estudantes tiveram oportunidades de aprender recursos básicos para a utilização de gráficos para retratar tipos específicos de movimento. Nos encontros posteriores, os estudantes participaram de atividades que necessitavam a construção de gráficos de cinemática. Os estudantes tiveram contato com gráficos que descrevem o comportamento da velocidade em função do tempo (gráfico de velocidade x tempo ou $V \times t$) e gráficos que descrevem o comportamento da posição em função do tempo (gráfico de posição

x tempo ou $X \times t$). Esses dois tipos de gráficos compartilham, essencialmente, dos mesmos aspectos normativos, dispondo de dois eixos perpendiculares entre si. No eixo horizontal representa-se o tempo, e no eixo vertical representa-se a velocidade (gráfico $v \times t$) ou a posição ($X \times t$). Apesar de serem semelhantes quanto às convenções, os significados atribuídos a gráficos $V \times t$ e $X \times T$ de mesma aparência são muito distintos e surpreendente para os estudantes, pois dependem das relações conceituais entre cada uma dessas grandezas e o tempo. Uma linha horizontal é interpretada como um movimento com velocidade constante em um gráfico $v \times t$, mas essa mesma linha significa posição constante em um gráfico $X \times t$, em outras palavras, repouso.

A utilização de gráficos de $v \times t$, para as situações específicas apresentadas na sequência de ensino, foi facilmente adotada pelos estudantes. Na segunda avaliação, observamos a utilização coerente deste tipo de gráfico, embora com pequenas falhas ou omissões leves, como eixos não identificados ou representações que vão além das descrições. Ou seja, os gráficos de $v \times t$ construídos para representar de maneira visual tipos de movimentos expressos através de narrativas demonstraram coerência e as principais falhas são atribuídas à ausência de identificação dos eixos e gráficos que apresentam informações adicionais às narrativas. O mesmo resultado pode ser observado nas interpretações de gráficos de $v \times t$. Ao ser solicitado que os estudantes construíssem narrativas a partir de gráficos de $v \times t$, percebemos que elas eram construídas de maneira coerente.

As figuras 23 e 24 trazem exemplos de produções para o item II da questão Q1 da segunda avaliação, que tem seu enunciado apresentado no quadro 16.

QUADRO 16: Questão 01(Item II) - Segunda avaliação

Abaixo são descritas duas situações que envolvem um tipo de movimento. Você deve criar uma representação visual que esteja de acordo com cada uma das situações.

Situação 02: Um carro está parado em um semáforo que está vermelho. Quando o semáforo fica verde o carro inicia seu movimento, aumentando sua velocidade progressivamente até alcançar uma velocidade adequada para via em que ele se encontra.

FIGURA 23: O gráfico de A9

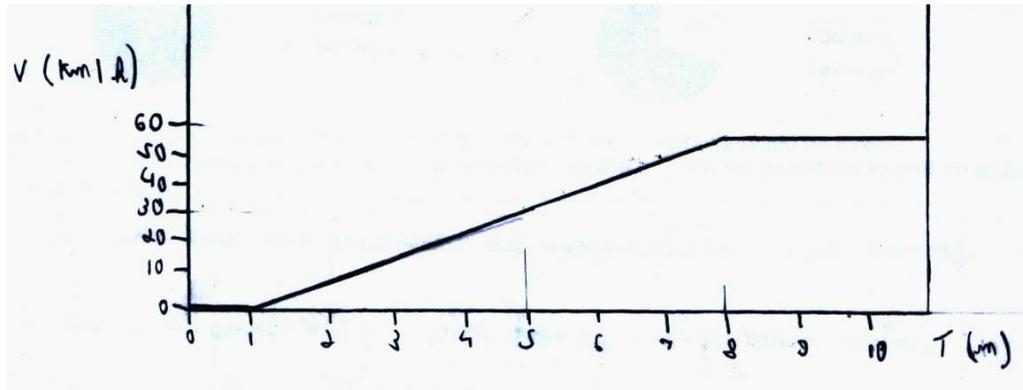
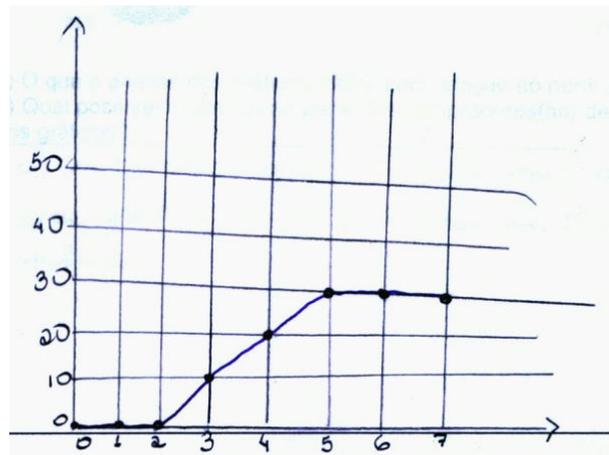


FIGURA 24: O gráfico de A7



O gráfico criado por A9 é coerente com a situação proposta a partir da narrativa. O estudante adota um gráfico velocidade em função do tempo para indicar o repouso, o aumento da velocidade e a velocidade constante. A9, assim como os demais estudantes, propôs valores para o gráfico, adotando a unidade para velocidade como “km/h” e tempo em “minutos”. Apesar do gráfico de A7 apresentar o mesmo traçado, ele não apresenta a identificação dos eixos. Ao ser questionada, A7 mencionou que seu gráfico mostrava uma velocidade igual a zero que depois aumentava até chegar em 30 km/h. Quando questionada, A7, assim como os outros estudantes que durante a seqüência de ensino omitiram a identificação dos eixos, passou a reconhecer a importância de identificá-los, o que mostra que para parte dos estudantes, os aspectos normativos deixam de ser meros detalhes e foram incorporados em suas representações quando eles compreendem a sua importância.

Os exemplos a seguir apresentam algumas interpretações dos estudantes referentes à leitura de gráficos de $v \times t$. As interpretações foram baseadas na questão 02 da segunda avaliação que é apresentada no quadro 17. O objetivo desta questão era fazer com que os estudantes criassem um raciocínio contrário ao da construção gráfica, mas que a partir de um gráfico inventassem uma história que expressasse, através de palavras, o mesmo sentido da mensagem visual expressa no gráfico.

QUADRO 17: Questão 02 - Segunda avaliação

02. *Abaixo é apresentado um gráfico que descreve o comportamento da velocidade de um caminhão à medida que o tempo passa (gráfico $v \times t$).*

a) Descreva o movimento do caminhão através de palavras.

b) Quanto vale a velocidade do caminhão no início do movimento? JUSTIFIQUE.

t (h)	v (km/h)
0	50
1	25
2	25
3	25
4	50
5	50

A seguir são apresentadas duas respostas que expõem interpretações para a questão 02.

A7: “O caminhão estava a 50 km/h, e foi diminuindo sua velocidade, quando deu 1 h de viagem o automóvel passou a ficar a 25 km/h e manteve velocidade por 2 hs. Quando deu 3 hs de viagem, ele aumentou a velocidade e 1 h depois o caminhão voltou a 50 km/h agora com velocidade constante.”

A9: “O caminhão diminui sua velocidade a metade em 1 minuto e manteve constante durante 2 minutos e depois aumentou sua velocidade durante 1 minuto e a manteve constante.”

Apesar de A9 utilizar a escala de tempo em minutos enquanto o gráfico o apresenta em horas, ambas descrições estão corretas e apresentam o mesmo significado daquele expresso pelo gráfico. A descrição de A7 é mais completa, utilizando dados numéricos extraídos a partir da interpretação do gráfico. A descrição de A9 é qualitativa e ele apenas atribui aos termos “aumentar”, “diminuir” e “constante” o sentido para a descrição da velocidade.

Em contraste com a relativa predisposição em utilizar os gráficos de $v \times t$ para as situações propostas pela sequência, observamos uma dificuldade significativa apresentada pelos estudantes ao utilizar gráficos de $X \times t$.

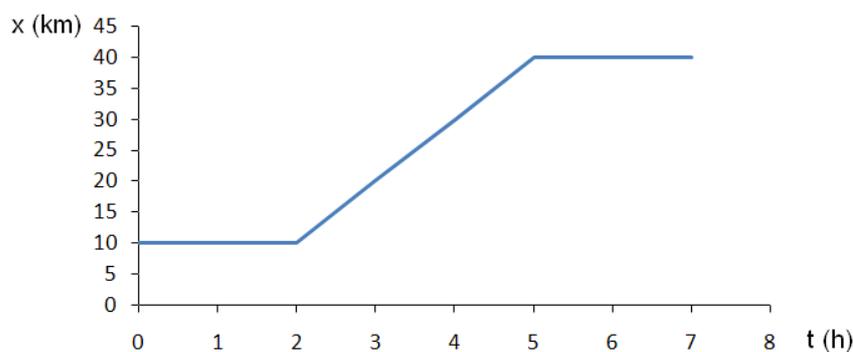
O conceito de posição foi apresentado aos estudantes através da discussão de um breve texto sobre a utilização de marcos quilométricos em uma estrada como indicadores da localização de um veículo em movimento. Desde a discussão, percebemos que este era um conceito incomum para os estudantes, que apresentaram muitas dúvidas e demonstraram dificuldades em aplicá-lo para a construção de gráficos. No mesmo encontro em que iniciamos a discussão sobre o comportamento da velocidade em função do tempo para a construção de gráficos $v \times t$, a maioria dos estudantes obteve sucesso em interpretar e criar gráficos de velocidade com o tempo. No entanto, a utilização satisfatória de gráficos de $X \times t$ demandou mais tempo, e ainda no encontro VI encontramos casos de estudantes que não obtinham sucesso na utilização destes gráficos.

O problema mais comum verificado foi a tendência a atribuir aos gráficos $X \times t$ o mesmo significado de gráficos $V \times t$. Alguns estudantes não conseguiram distinguir os conceitos de velocidade e posição aplicados em um gráfico e, sendo assim, a utilização de gráficos de $X \times t$ era orientada de maneira equivalente à de um gráfico de $v \times t$. Sendo assim, o traçado presente em um gráfico de velocidade em função do tempo é compreendido para um estudante com o mesmo significado deste traçado presente em um gráfico de posição em função do tempo. A interpretação de gráficos de posição em função do tempo foi introduzida na sequência de ensino a partir do terceiro encontro.

As questões 04 (Q4) tanto da segunda quanto da terceira avaliação são idênticas e tratam a representação do movimento através de gráficos de posição. O quadro 18 apresenta a questão Q4, presente na segunda e terceira avaliação.

QUADRO 18: Questão 04 – Primeira/Terceira avaliação

04. *Abaixo é apresentado um gráfico que descreve a posição de um carro com o passar do tempo. O movimento do carro foi descrito através de um gráfico de posição x tempo ($X \times t$). No entanto, o movimento poderia ter sido expresso a partir de uma narrativa, isto é, uma história que contasse o movimento do carro. Invente uma breve história, que descreva em detalhes o mesmo movimento retratado pelo gráfico.*



A análise da produção dos estudantes para a questão Q4 presente na segunda avaliação mostrou um baixo desempenho e apenas 4 dos 13 participantes conseguiram interpretar o gráfico de maneira correta. Verificamos que com o decorrer da sequência de ensino a interpretação correta para este tipo de gráfico foi utilizada por um número maior de estudantes, mas não atingiu um nível satisfatório. Ao final da sequência de ensino, dos 13 estudantes que participaram da última avaliação, 6 fizeram interpretações corretas para um gráfico de posição versus tempo.

A interpretação proposta pelos estudantes que atenderam corretamente ao objetivo da questão Q4, tanto para a segunda quanto para terceira avaliação, é baseada em relações de variações da posição em função do tempo, com variações lúdicas criadas por cada estudante. As demais respostas apresentam interpretações equivocadas, tratando o gráfico de posição como se fosse de velocidade em função do tempo.

A seguir é apresentado um exemplo de resposta que trata o gráfico de posição como velocidade e um exemplo correto, ambos criados para a questão Q4 da última avaliação.

A14: “Cornélio, pai de A8, estava trazendo ela e sua colega para o curso modular de física. Dentro da cidade de Igarapé ele estava a 10 km/h e ele demorou 2 horas dentro da cidade, porque errou o caminho. Ao entrar na BR, ele aumentou a velocidade até 45 km/h para não atrasar as garotas e manteve essa velocidade.”

A4: “Demorei duas horas para tentar sair de casa para viajar... Enfim, saímos. Depois de duas horas de viagem, deu a hora do almoço! Tristeza, mais 3 horas de espera para chegar no meu destino.”

A resposta de A14 apresenta claramente o equívoco entre velocidade e posição. A4 descreve o gráfico de maneira sucinta, mas demonstra conhecer o gráfico de posição o suficiente para interpretar que as duas retas horizontais representam a duração dessas ações repouso (velocidade nula), enquanto a reta inclinada indica variação da posição de um móvel. A4 admite que o gráfico termina com um repouso de 3 horas de duração – intervalo para o almoço – mas na realidade o gráfico é finalizado com uma parada de 2 horas. A interpretação do estudante apresenta um tipo de erro comum em que o tempo é contado a partir da leitura apenas dos números que acompanham um determinado eixo – para este, A4 conta o tempo de 5, 6 e 7, identificando 3 horas – ao invés de medir o intervalo – que neste caso seria realizado subtraindo 5 de 7, encontrado o intervalo correto de duas horas.

Ao observar algumas produções, como a de A14 para a questão 04, nota-se, além do equívoco de tratar o gráfico de posição como velocidade, que existem dificuldades de dois tipos. Primeiro, o repertório de histórias que os estudantes utilizam é limitado – o que é verificado a partir da semelhança entre as histórias que são produzidas por eles – e embora eles façam referências a situações que lembram suas experiências anteriores, elas são pouco realistas. Uma razão para isso é que os estudantes aprendem a construir gráficos para situações idealizadas que não apresentam as complicações inerentes aos movimentos reais que realizamos e observamos. Um exemplo que ilustra este fato será apresentado na seção 5.3.2, em que a construção de um gráfico para o movimento de uma composição de metrô parece ter sido facilitada para estudantes que possuíam vivências para este tipo de movimento. O segundo apresenta relação com dificuldade em avaliar coerentemente o intervalo de tempo demandado para um movimento. A14 tenta adequar o gráfico para uma história relacionada com o trajeto entre sua casa e a escola. No entanto, esta tentativa demonstra ser incompatível, pois ao todo o gráfico descreve um movimento que dura 7 horas, enquanto o trajeto de Igarapé para Betim é realizado em menos de uma hora.

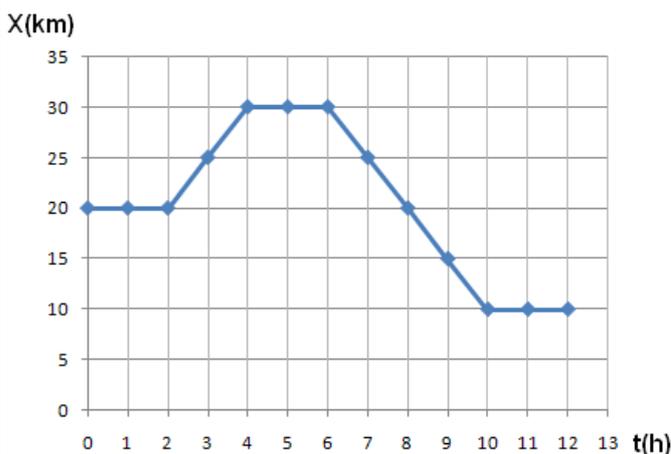
Outras atividades que tratam a descrição do movimento utilizando-se de gráficos de posição também foram desenvolvidas ao longo da sequência de ensino. No terceiro encontro, por exemplo, os estudantes tiveram a oportunidade de interpretar gráficos de posição em função do tempo, após discutirem idéias sobre o conceito de posição e estudarem alguns exemplos para a construção e interpretação deste tipo de representação, presentes em um material com instruções. Dos 13 estudantes presentes neste encontro, apenas um deles conseguiu interpretar corretamente um gráfico deste tipo, o que novamente reforça a argumentação sobre a dificuldade em utilizar este tipo específico de gráfico. O quadro 19 apresenta o enunciado da questão 02 (Q2) realizada no terceiro encontro, que também solicitava o uso de um gráfico de posição.

QUADRO 19: Questão 02 - Terceira avaliação

02. O gráfico abaixo retrata a posição de uma pessoa caminhando a medida com que o tempo passa. Ao lado do gráfico encontra-se uma tabela que indica a posição em que a pessoa se encontra e o respectivo instante de tempo.

a) A partir da leitura do gráfico, complete a tabela.

b) O movimento da pessoa foi descrito de duas maneiras diferentes: um gráfico e uma tabela. No entanto, o movimento poderia ter sido expresso a partir de uma narrativa. Uma história que contasse o movimento da pessoa. Invente uma história, que descreva o mesmo movimento retratado pelo gráfico e pela tabela.



<i>Posição (km)</i>	<i>Tempo (h)</i>
20	0
	1
20	2
	3
	4
30	5
	6
25	
20	8
15	
	10
10	11
	12

Os estudantes deveriam completar a tabela a partir da análise do gráfico e este procedimento foi realizado corretamente por todos os participantes. No entanto, o item B solicita que o gráfico seja transformado em uma narrativa. Esse tipo de procedimento havia sido discutido nos momentos iniciais do terceiro encontro em que dois tipos de movimento foram expressos qualitativamente em gráficos de velocidade e posição em função do tempo.

A narrativa elaborada por A12 ilustra uma possível resposta que era esperada e é apresentada a seguir:

A12: “Alice decidiu fazer uma caminhada. Sua casa se localiza no km 20 da estrada. Durante 2 horas ela fez um alongamento, parada no mesmo lugar. Após o alongamento, ela começou a caminhar, passou pelo km 25 e parou no km 30, pois encontrou algumas amigas e começou a conversar. Depois ela retorna para sua casa, mas resolve continuar a caminhar e passa por sua casa. Cansada ela resolve parar.”

A história elaborada por A12 está coerente com as idéias mostradas pelo gráfico, embora pouco realística por causa dos intervalos de tempo envolvidos. Como essa era a primeira atividade que envolvia gráficos de posição, esperávamos, no mínimo, histórias que indicassem objetos ou pessoas que mudavam de posição na medida em que o tempo passava, sem relações mais complexas, como inferências acerca da velocidade do móvel, que havia sido discutido antes da realização da atividade. No entanto, todas as respostas restantes indicavam o entendimento do gráfico de posição em função do tempo, como sendo um gráfico de velocidade, e as únicas variações percebidas estão relacionadas com os elementos lúdicos presentes em cada história, como os personagens e enredo. A história criada por A14, apresentada a seguir, ilustra esse tipo de falha cometida pela maioria dos estudantes participantes.

A14: “Era uma vez um menino em uma fazenda, quando resolveu correr, começou a correr em uma velocidade constante, quando deu a cara com um boi que começou a correr atrás dele, o menino desesperado começou a aumentar sua velocidade e conseguiu mantê-la constante, sem querer esbarrou em uma cerca e diminuiu sua velocidade, mas conseguiu levantar e seguir seu caminho em uma velocidade constante, quando percebeu que o boi não estava próximo, o seu cansaço o fez andar em uma velocidade menor.”

Este tipo de falha não se restringiu ao terceiro encontro e continuou ocorrendo durante os encontros seguintes. Apesar do número de respostas corretas ter aumentado gradativamente, como indicada na análise das avaliações e discutido anteriormente, ao final da sequência o uso de gráficos de posição não atingiu um nível satisfatório. As discussões das falhas que estavam envolvidas na produção dos estudantes foram adotadas como uma forma de instruí-los a perceber o que estava errado nas interpretações e a criar respostas coerentes. Em outras palavras, a falha relacionada com o tratamento de um gráfico de posição como gráfico de velocidade era discutido em sala, com exemplos da produção dos estudantes que continham esse tipo de falha, bem como a partir da discussão do conceito de posição. É preciso destacar que estes estudantes ainda não tinham estudado cinemática e que o conceito de posição, tal como utilizado na Física, não é utilizado na linguagem cotidiana. O gráfico de posição demonstrou demandar um tempo maior para seu entendimento e uso, como será discutido no estudo de caso.

4.7 Gráficos de outros domínios na segunda avaliação, terceira avaliação e encontros intermediários

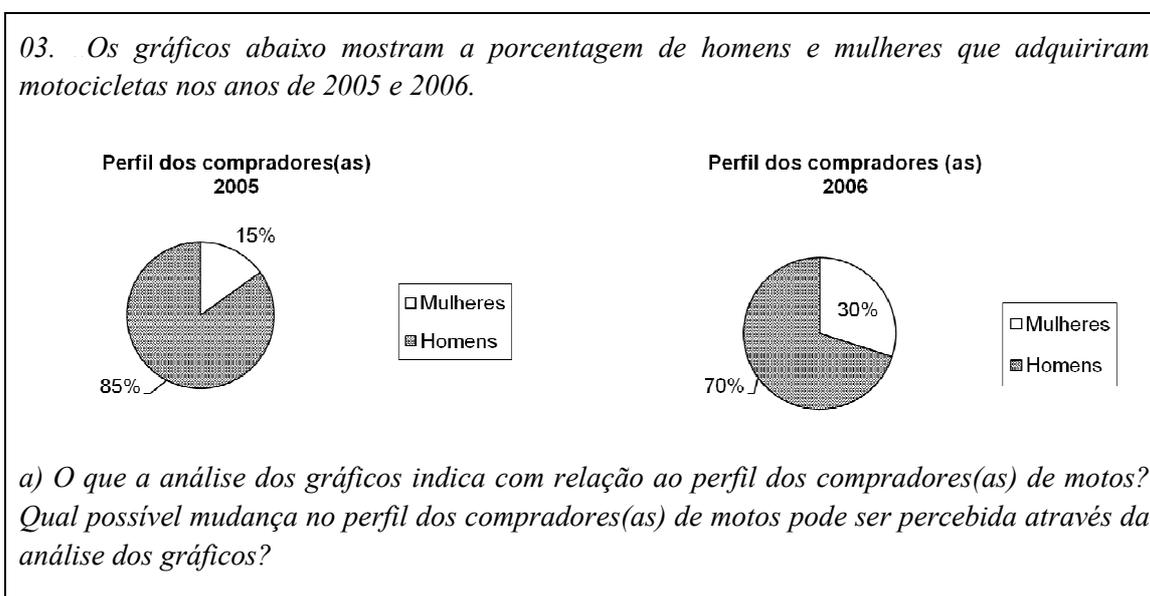
O desempenho dos estudantes em interpretar gráficos que não abordam a cinemática também demonstrou melhorar após as intervenções da sequência de ensino. A partir da primeira avaliação observamos que a interpretação de gráficos aparenta ser uma tarefa mais acessível para os estudantes. Ao longo do percurso escolar e de suas vivências, os estudantes desenvolveram as habilidades para interpretar gráficos simples, como os que são veiculados em reportagens de jornais e revistas. Até mesmo um gráfico simples da cinemática que descreve o aumento da velocidade de um carro obteve uma interpretação com aspectos coerentes. No entanto, como apresentado na seção 4.4, a análise da primeira avaliação mostrou que pequenos erros estão associados à interpretação, principalmente quando isso envolve ler dados numéricos ou utilizá-los em comparações.

Gráficos de linha, coluna e pizza acerca de temas de domínios gerais abordados em mídias impressas e eletrônicas foram apresentados aos estudantes no início da sequência de ensino. No entanto, a análise da primeira avaliação indica que mesmo antes da instrução acerca da utilização destes gráficos os estudantes eram capazes de utilizá-los de maneira satisfatória. A análise da primeira avaliação apresentada na seção 4.2 indicou que os gráficos de pizza são

utilizados mais facilmente pelos estudantes. A análise da questão Q3 da segunda avaliação também corrobora com este resultado.

A questão 03 (Q3) da segunda avaliação apresentou aos estudantes um gráfico de pizza que representa o perfil dos compradores de motocicletas para os anos 2005 e 2006. O objetivo era fazer com que os estudantes percebessem uma mudança no perfil dos compradores de motocicletas através da comparação entre as análises dos gráficos para os dois anos. O quadro 20 apresenta a questão Q3.

QUADRO 20: Questão 03 - Segunda avaliação



Como discutido na seção 4.2, os gráficos circulares aparentam ser utilizados com mais facilidade pelos estudantes que apresentaram um bom desempenho para este tipo de representação na questão Q7 da primeira avaliação. Uma das explicações para isso pode ser o uso de círculos, representado uma totalidade, no estudo de frações nas séries anteriores. Os estudantes não apresentaram dificuldades em interpretar o gráfico circular da questão (04) Q4 da segunda avaliação e de modo geral perceberam que os compradores de motos são majoritariamente do sexo masculino, mas que o número de mulheres que compram motos aumentou no período indicado pelos gráficos. A resposta elaborada por A11 exemplifica este tipo de interpretação e é apresentada a seguir:

A11: O gráfico mostra que os que mais compram motocicletas são os homens. Porém, ao analisar os dois gráficos percebeu-se que o número de mulheres compradoras de motocicletas está aumentando apesar de o dos homens ainda ser maior.

A11, assim como os outros estudantes, interpretou corretamente as informações expressas no gráfico de pizza. Para esta questão não foi verificado nenhuma falha de interpretação e o único tipo de erro observado está relacionado com respostas incompletas ou muito sucintas, e que não respondiam devidamente às questões propostas. A análise da questão Q4 parece confirmar a relação entre sucesso na interpretação gráfica e o tipo de gráfico a ser interpretado, apresentada por Shah e Hoeffner (2002). Os gráficos circulares tratados na sequência de ensino demonstram ser utilizado mais facilmente pelos estudantes do que os gráficos de coluna e de linha.

A primeira avaliação mostrou que para representar um conjunto de dados numéricos os estudantes utilizaram estratégias diferentes. Como apresentado na seção 4.1 na análise da questão (05) Q5, variando de um nível mais limitado para outro mais sofisticado, as representações criadas utilizavam desenhos, formas gráficas alternativas, organização visual dos valores, tabelas e gráficos.

A questão Q5 da primeira avaliação foi novamente utilizada na terceira avaliação – correspondente a questão 02 (Q2) - com a finalidade de observar as mudanças na estratégia de representar visualmente um conjunto de dados numéricos. O objetivo da questão é representar visualmente a desvalorização de um veículo ao longo de 4 anos. O quadro 21 indica a incidência de cada tipo de representação na segunda e terceira avaliação.

QUADRO 21: Incidência de representações produzidas para a mesma questão na primeira e terceira avaliação

<i>Tipo de representação</i>	<i>1ª Avaliação</i>	<i>3ª Avaliação</i>
<i>Gráfico de coluna</i>	4	10
<i>Gráfico de linha</i>	1	2
<i>Tabela</i>	1	2
<i>Reorganização do valores</i>	1	0
<i>Formas alternativas</i>	3	0
<i>Desenho</i>	3	0

Na terceira avaliação o uso de desenhos não foi verificado e os estudantes apenas utilizaram gráficos ou tabelas. A comparação da tarefa de representar visualmente um conjunto de dados na primeira e na terceira avaliação indica as representações criadas no final da sequência se concentram níveis mais sofisticados, o que pode ser interpretado como uma contribuição

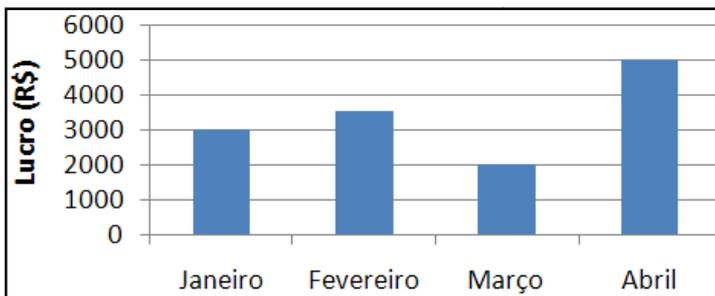
positiva da sequência de ensino. Os gráficos criados são consistentes e em apenas duas respostas observou-se a falha de representar o tempo no eixo vertical e o valor do veículo no eixo horizontal, o que se opõe às instruções estabelecidas na sequência de ensino.

Outras atividades desenvolvidas ao longo da sequência de ensino trataram o uso de gráficos para comunicar informações sobre outros temas que não a cinemática. No segundo encontro da sequência de ensino os estudantes tiveram a oportunidade de discutir os principais aspectos e finalidades dos gráficos de coluna, linha e pizza. Eles leram e discutiram um pequeno texto que trazia situações em que o uso de gráficos poderia ser aplicado. A partir da situação o texto justificava qual tipo de gráfico seria mais viável para melhor representar a situação. Posteriormente os estudantes participaram de atividades em que a interpretação de gráficos era necessária. Estas atividades eram semelhantes àquelas realizadas na 1ª avaliação.

A análise dessas atividades apenas confirmou o que já era esperado, pois como elas pouco se diferenciavam daquelas desenvolvidas na 1ª avaliação os estudantes continuaram a estabelecer interpretações satisfatórias, mas com uma menor quantidade de erros. A diminuição verificada na quantidade de erros pode ser entendida como efeito da experiência anterior dos estudantes e das instruções presentes no texto que estabeleceram maior acordo com os aspectos normativos da construção e interpretação de gráfica. O enunciado e um exemplo de resposta para a questão 01 realizada no segundo encontro são apresentados no quadro 22.

QUADRO 22: Questão 01 - Atividade realizada no segundo encontro

01. Analise o seguinte gráfico que retrata o lucro resultante de vendas realizadas por uma pequena loja de produtos eletrônicos durante um período de 4 meses. A partir da análise do gráfico, responda as questões seguintes.



- A) Em que mês a loja obteve o maior lucro? JUSTIFIQUE.
- B) Qual foi o valor do lucro obtido no mês de janeiro? E em fevereiro? JUSTIFIQUE.
- C) Construa uma tabela que contenha o mês e o respectivo lucro obtido pela loja.
- D) A partir dos dados da tabela, construa um gráfico de linhas que retrate o mesmo conteúdo expresso pelo gráfico de colunas.

Um exemplo de resposta para os itens de “A” a “D” é apresentado abaixo.

A14:

- a) No mês de abril, pois a loja teve um lucro de 5000 reais e está mostrado no gráfico
- b) No mês de Janeiro foi de R\$3000 e de fevereiro R\$3500, pois está sendo mostrado no gráfico.

C) Construa uma tabela que contenha o mês e o respectivo lucro obtido pela loja.

Mês	Lucro (em R\$)
Janeiro	3000
Fevereiro	3500
Março	2000
Abril	5000

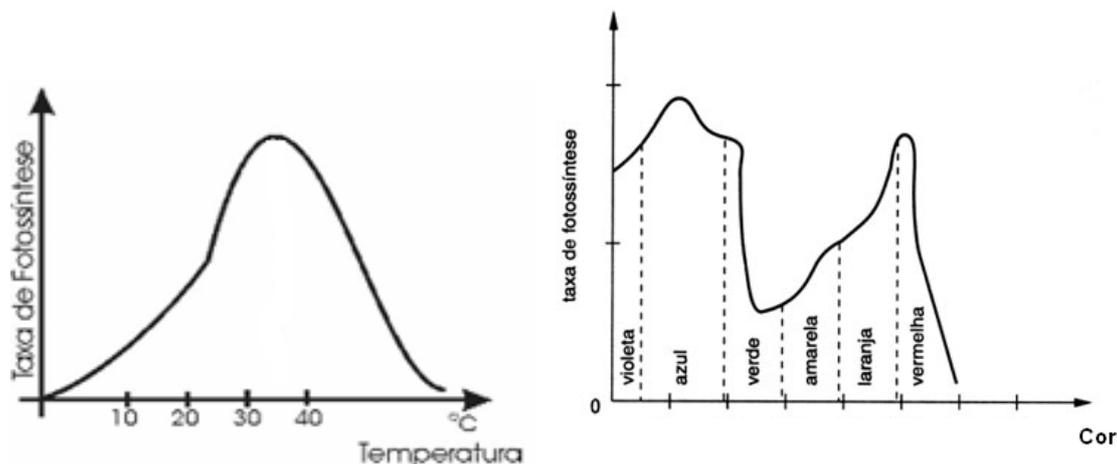
D) A partir dos dados da tabela, construa um gráfico de linhas que retrate o mesmo conteúdo expresso pelo gráfico de colunas.

A questão 01 requer a interpretação de um gráfico simples de coluna que apresenta os valores do lucro de uma loja ao longo de 4 meses. Todos estudantes conseguiram extrair corretamente os dados do gráfico e recriá-lo sob a forma de uma tabela e um gráfico de linha. Este tipo de resposta foi verificado em toda a produção dos estudantes para a questão 01 e as únicas variações percebidas se relacionam com detalhes estéticos aplicados na construção da tabela e do gráfico.

Quando comparado com o desempenho na interpretação da questão Q4 realizada na primeira avaliação – questão que apresentava também em um gráfico de coluna o faturamento e o volume exportado de uma bebida ao longo de 4 anos – verifica-se uma menor quantidade de erros na interpretação para a questão 01 do segundo encontro. Embora ambas as questões apresentem gráficos de colunas, estejam inseridas em contextos acessíveis aos estudantes e mostrem variações de um valor ao longo do tempo, a questão Q4 pode ser considerada como mais exigente em sua interpretação por apresentar duas variáveis em função do tempo, enquanto a questão Q1 apresenta apenas uma. Como justificado na seção 4.4, a presença de duas variáveis em um mesmo gráfico pode ter sido responsável pelo baixo desempenho na resolução da questão Q4 da primeira avaliação. Esta hipótese ficou ainda mais evidente durante na análise da questão 05 (Q5) do segundo encontro, na qual dois gráficos apresentam variações de duas grandezas e a relação com um mesmo fenômeno. O objetivo da questão é mostrar que a temperatura ambiente e a frequência da luz visível são fatores determinantes na taxa de fotossíntese. No entanto, ao invés de apresentar em um mesmo gráfico a influência destes fatores para a fotossíntese, a questão Q5 a apresentou em dois gráficos diferentes. O quadro 23 apresenta o enunciado da questão Q5.

QUADRO 23: Questão 05 - Atividade realizada no segundo encontro

05. Sabe-se que as plantas podem realizar fotossíntese. No entanto, a taxa com que uma planta realiza esse processo depende, dentre outros fatores, da temperatura ambiente e da cor da luz que a ilumina. Os gráficos abaixo ilustram a influência destes dois fatores na taxa de fotossíntese.



seguintes questões.

A) Qual é a cor que proporciona uma menor taxa de fotossíntese? JUSTIFIQUE.

B) Qual é valor de temperatura que proporciona uma maior taxa de fotossíntese?

C) Suponha que você e seu grupo possuam uma estufa com muitas plantas que pode apresentar valores de temperatura de 0 a 100° C. Essa estufa pode também ser iluminada com qualquer cor. Qual deve ser o valor da temperatura e a cor a ser utilizada para que as plantas realizem fotossíntese em uma taxa maior? JUSTIFIQUE.

A partir da análise dos dados responda as

Como resultado, apenas duas respostas apresentaram interpretações incorretas. Provavelmente, o fato de apresentar separadamente o comportamento da fotossíntese em função da temperatura e da frequência da luz utilizada facilitou o entendimento da situação. Os valores indicados para responder o item “B” variam de 30°C a 40°C e as cores apontadas no item “A” são verde e amarelo. Para o item “C”, as respostas indicaram temperaturas compreendidas entre 30°C e 40°C e as cores vermelho, azul e roxo, que apesar de não aparecer no gráfico foi apontada por uma estudante como sendo a cor resultante da mistura do vermelho com o azul. Durante a realização da tarefa, os estudantes disseram já ter estudado o fotossíntese em ciências, porém desconheciam a influência dos fatores retratados pelos gráficos para o fenômeno.

5 ANÁLISE DOS RESULTADOS II - ESTUDO DE CASO

O objetivo desta seção é apresentar os resultados obtidos a partir dos dados procedentes da produção escrita dos estudantes, associados às transcrições e vídeos das aulas. O foco central deste estudo é direcionado para as produções de uma dupla de estudantes, durante a realização das atividades da sequência de ensino. Dessa forma, pretende-se criar um olhar mais detalhado sobre como a dupla desenvolveu as atividades ao longo da sequência.

5.1 Características Gerais da dupla

A dupla de estudantes A13 e A4 foi escolhida dentre as demais para compor este estudo. Essa dupla, como todas as outras, foi formada a partir da afinidade entre os membros. Nas aulas regulares que antecederam a sequência de ensino, os dois estudantes demonstraram possuir um laço de amizade e que estavam habituados a participar do mesmo grupo de trabalho. Nas entrevistas que foram realizadas ao longo da sequência, A13 declarou que, apesar de utilizar gráficos nas rotinas escolares, ele nunca participou de algum tipo de aula cujo objetivo específico fosse o de aprender a trabalhar com gráficos. Além da escola, ele disse estar acostumado a ter contato com gráficos na televisão e em jornais. Para ele a utilização de gráficos é indispensável para as pessoas, pois faz parte do que ele acredita ser um conhecimento básico, e que, portanto, deve ser compartilhado por todas as pessoas. Acerca do uso de gráficos para representar o movimento, A13 afirmou ser uma ferramenta mais simples e clara do que os desenhos criados na primeira avaliação. A4 declarou que na 4ª série teve um contato rápido com gráficos do tipo circular nas aulas de matemática. O estudante afirmou ver gráficos, principalmente, em jornais, revistas e em noticiários esportivos em que se estabelece uma comparação entre os competidores a cada rodada através de gráficos de linha. Para A4, a utilidade dos gráficos está associada à capacidade de resumir informações.

A escolha da dupla, A13 e A4, para se estabelecer um tipo de análise mais aprofundada - a respeito de como os estudantes aprendem a utilizar gráficos e a relacioná-los com a descrição do movimento - foi motivada pelo empenho e da seriedade demonstrada pelos estudantes durante sua participação na sequência de ensino. Os dois estudantes apenas não estiveram

presentes em um dos sete encontros. Outra característica marcante da dupla é constante interação, criando um ambiente em que as discussões eram sempre necessárias para o trabalho em equipe.

Portanto, a sequência de ensino utilizada neste trabalho foi o primeiro contato formal da dupla com instruções e rotinas relacionadas à utilização de gráficos e pode ser considerada como um conjunto de atividades inovadoras para os estudantes.

A organização deste estudo mais detalhado acerca do trabalho em dupla dos estudantes é estruturada em etapas: a busca pelas características associadas ao conhecimento prévio da dupla, a descrição dos principais pontos da participação do estudantes nas atividades da sequência de ensino, a análise da produção da dupla baseada nas modificações em suas competências representacionais observadas ao longo dos encontros e a conclusão. Dessa forma, apresentamos a seguir as etapas da análise do trabalho em dupla.

5.1.1 O desempenho de A13 na primeira avaliação

Ao utilizar a primeira avaliação, dentre outras finalidades, como um instrumento de verificação do conhecimento prévio dos estudantes participantes, é possível estabelecer um quadro com as principais características associadas às competências representacionais da dupla. Quando os estudantes aprendem a utilizar inscrições nas aulas de ciências e matemática, tal aprendizagem acontece contra um contexto de competências construído através das experiências não-formais vivenciadas previamente pelos estudantes, na escola e fora dela (SHERIN, 2000). Sendo assim, o exame mais detalhado das características associadas à primeira avaliação, fornece indícios sobre o que os estudantes já sabiam acerca de gráficos e outras inscrições antes de iniciarem a participação na sequência de ensino.

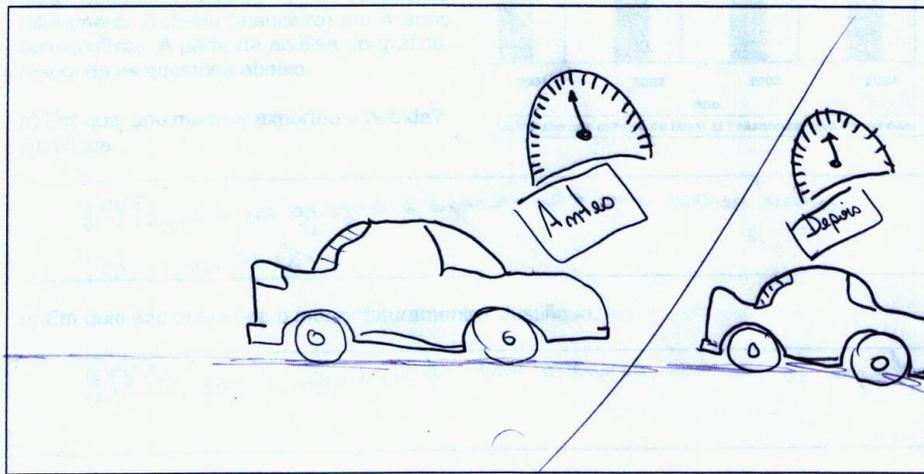
A partir do sistema de avaliação desenvolvido – apresentado na seção 3.5 – para a primeira avaliação, verificamos através do gráfico 11 que A13, identificado como “aluno 13” apresentou um desempenho compreendido entre 50% e 60% na primeira avaliação, enquanto A4, identificado como “aluno 4”, apresentou desempenho compreendido entre 40% e 50%.

A13 utilizou desenhos para construir representações para o movimento. Sua estratégia para representar a velocidade, consistiu em desenhar como o velocímetro do veículo seria visto por

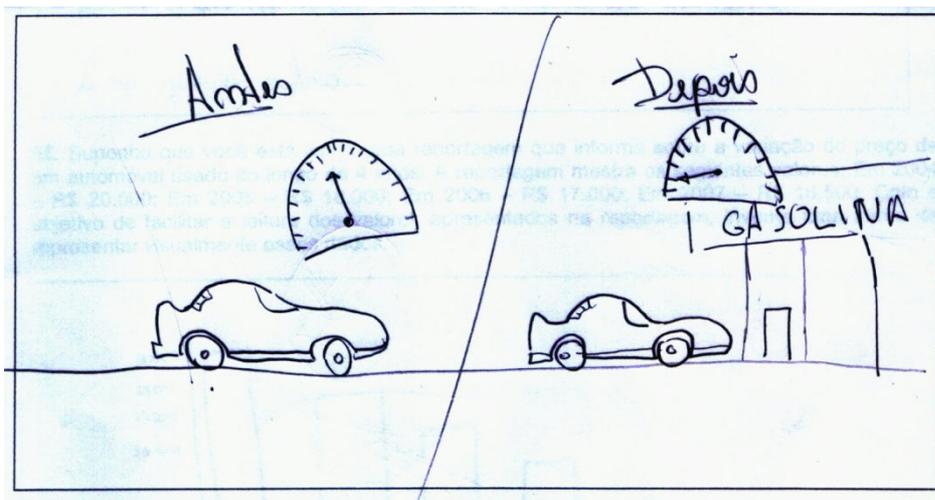
um observador em instantes diferentes de tempo. Este artifício permite que o observador pudesse deduzir variações na velocidade ou, ainda, verificar a constância da velocidade para um móvel ao longo de seu movimento. Na representação do estudante também aparece o desenho de um posto de abastecimento, e do veículo parado no posto, o que também sugere que sua velocidade diminuiu até alcançar o repouso. A produção de A13 para a questão 03 da primeira avaliação é apresentada pela figura 25. A questão 03 solicita a criação de uma representação visual capaz de expressar as idéias associadas a uma narrativa que apresenta um tipo específico de movimento. O enunciado da questão 03 foi apresentado no quadro 10 da seção 4.3.

FIGURA 25: O desenho de A13 – Velocímetros

Situação I



Situação II



A noção de movimento estabelecida no desenho de A13 utiliza a ordem cronológica dos fatos, a partir dos termos “antes” e “depois”, para representar variações da velocidade expressas na leitura do velocímetro.

A leitura do gráfico de velocidade em função do tempo, retratado na questão 06 apresenta falhas. O enunciado da questão 06 foi apresentado seção 4.4, quadro 11. No entanto, a interpretação estabelecida por A13 apresenta elementos coerentes. Quando solicitado a descrever o movimento expresso pelo gráfico usando suas próprias palavras, o estudante o fez de maneira correta. Ele dá sinais de compreender que o gráfico representa o aumento da velocidade do carro em função do tempo e percebe também que a taxa com que a velocidade aumenta varia em função do tempo (aceleração variável). No entanto, a atividade de extrair dados do gráfico apresenta pequenas falhas relacionadas com a definição de velocidade inicial. A questão 06 solicitava que os estudantes analisassem o gráfico de velocidade em função do tempo, descrevendo-o através de palavras. Era também solicitado que o estudante indicasse os valores da velocidade inicial e final do móvel.

Para A13, a relação com os aspectos conceituais parece ser mais consistente, do que com os aspectos normativos, pois ele entende a idéia central proposta pelo gráfico, compreendendo o tipo de movimento que ele expressa, mas erra ao fazer a leitura dos dados do gráfico.

A seguir é apresentada a resposta de A13 que contém sua interpretação para o gráfico de velocidade em função do tempo da questão 06 e os valores que ele considera como final e inicial para a velocidade do móvel. Um trecho da uma entrevista em que ele explica seu entendimento acerca da leitura do gráfico da questão 06 também é apresentado.

A13 escreveu:

“A cada segundo, até 4 (segundos) a velocidade aumenta sendo que para cada segundo a mais, a velocidade aumenta com menos intensidade. A velocidade inicial vale 30 e no final 90”

O valor que A13 indica para a velocidade final pode ser considerado correto, enquanto que o valor de 30 km/h, que ele indicou para a velocidade inicial provavelmente está relacionado com seu entendimento de quando o movimento começa. Para A13, e outros quatro dos

dezesseis estudantes que realizaram a atividade, o início do movimento não é contado a partir do zero, mas no instante de tempo $t = 1,0$ s. Este procedimento, portanto, está relacionado com o entendimento do estudante acerca de quando o movimento é iniciado e nos leva a considerar que estudantes sem experiência anterior do estudo do movimento tomam como $t = 1,0$ s o início do movimento, o que justifica a escolha de 30 km/h para a velocidade inicial do automóvel.

O trecho abaixo é parte da entrevista em que A13 tenta explicar seu entendimento acerca do gráfico da questão 06.

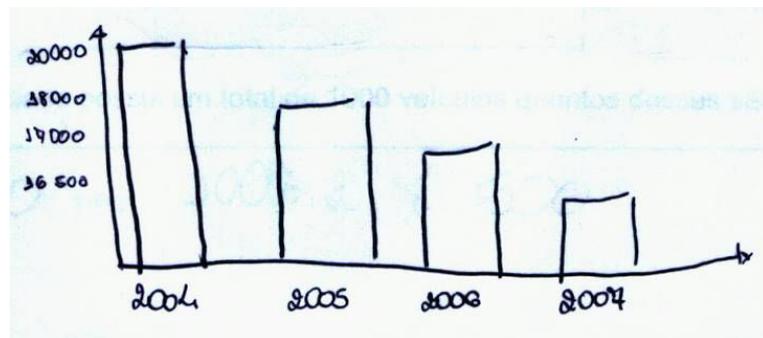
Pelo que eu tinha entendido aqui, a cada segundo que passa, a velocidade vai aumentando, mas, quanto mais a velocidade aumenta, e quanto mais o tempo passa, diminui de quanto em quanto a velocidade aumenta. Quanto mais ela aumenta, mais diminui o quanto ela aumenta.

A13 reconhece claramente que a velocidade representada pelo gráfico aumenta com o tempo, e também que as variações da velocidade são gradativamente menores. A noção de aceleração como uma taxa associada à variação da velocidade em função do tempo é expressa por A13 através na frase “de quanto em quanto a velocidade aumenta”. É interessante ressaltar que A13 desconhece o sentido formal adotado pela física para o termo aceleração e nem mesmo o menciona durante a entrevista - ou mesmo na resposta à questão 06. Porém, ele consegue inferir do gráfico a variação não uniforme da velocidade. A estratégia que ele adota não é a de olhar para a inclinação do gráfico $V \times t$, como se faz na cinemática. Ao contrário, ele lê os valores de velocidade de segundo em segundo, o que lhe permite concluir que a velocidade continua a aumentar, mas em taxas cada vez menores, à medida que o tempo passa. Questões desse tipo são fontes de dificuldades para os estudantes do ensino médio e também graduandos (MCDERMOTT e ROSENQUIST, 1987; BEICHNER, 1994; AGRELLO e GARG, 1999).

Os erros relacionados à leitura de gráficos também foram observados na questão 04, que exhibe dados de exportação e faturamento de uma bebida. A13 responde corretamente que o ano de 2002 corresponde ao período em que mais se exportou a bebida. No entanto, ele erra ao apontar o ano de 2003 como o período em que a faturamento foi menor. A dificuldade pode estar relacionada com o conceito de faturamento, que pode não ser entendido por ele e outros colegas, que também cometeram erros semelhantes na questão.

A13 escolhe utilizar um gráfico de coluna para representar um conjunto de dados numéricos, como é solicitado na questão 05. O enunciado da questão 05 é apresentada pelo quadro 4 na seção 4.2. Faltam elementos importantes em seu gráfico, como título e nomes das grandezas representadas. A seguir é apresentada a figura 27 que contém o gráfico criado por A13. É possível Observar que na construção dele, a escala do eixo vertical está errada, já que ela usa iguais espaçamentos para representar diferentes quantidades, o que dá ao gráfico a aparência de uma reta de inclinação negativa. Além disso, a escala vertical foi cortada, embora ele não indique saber que isso possa ser feito, com os devidos cuidados.

FIGURA 26: O gráfico de A13 - Quantidades expressas em um gráfico

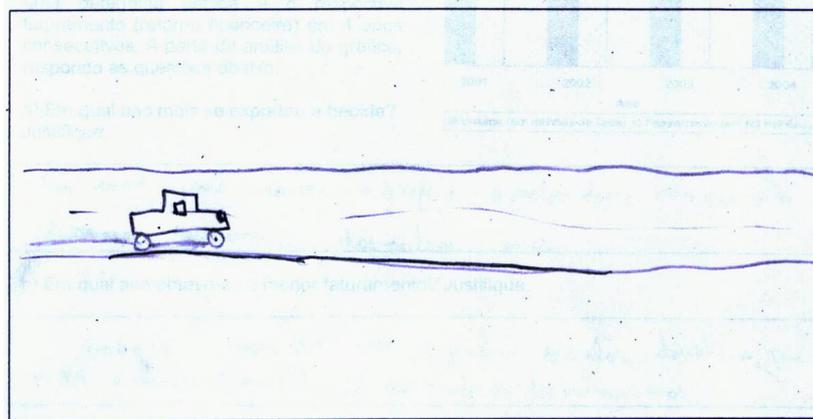


5.1.2 O desempenho de A4 na primeira avaliação

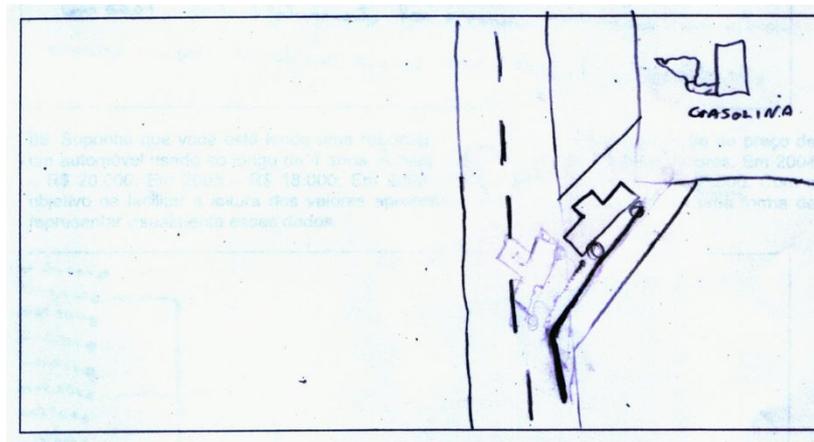
A4 também utiliza desenhos para representar o movimento. No entanto, suas representações não conseguem transmitir de maneira objetiva a idéia de velocidade constante ou velocidade variável, como era solicitado na questão 3. Para representar o movimento com velocidade constante, o estudante apenas desenhou uma via e um automóvel. Para representar a diminuição da velocidade, seguido de uma parada, A4 utiliza a palavra “gasolina” para indicar um posto de abastecimento e o veículo movendo-se em direção a ele. O artifício é suficiente para transmitir a idéia de que o carro está parando para abastecer, mas não indica nada sobre o comportamento de sua velocidade. A figura 28 exhibe as produções de A4 para a questão 03, apresentada no quadro 10 da seção 4.3.

FIGURA 27: O desenho de A4 - O movimento do carro

Situação I



Situação II



A compreensão demonstrada por A4 acerca da interpretação do gráfico de velocidade em função do tempo da questão 06 é semelhante à de A13. A4 demonstra compreender a idéia central do gráfico, mas não utiliza o termo “velocidade” e comete erros ao extrair dados dos gráficos, como ilustrado a seguir.

A4 escreveu:

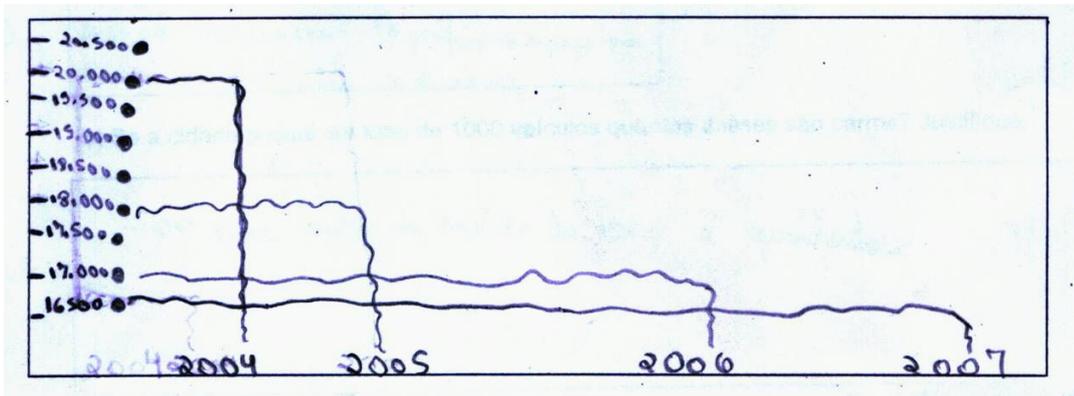
“O gráfico quer expressar os km/h que a Ferrari faz em determinado tempo (segundos).”

“No início 30 km/h e no final 90 km/h. Eu cheguei a essa conclusão depois de analisar o gráfico.”

Tal como A13, A4 não toma o instante $t=0$ s, como sendo o início do movimento, mas sim o instante $t = 1,0$ s. O estudante também escolheu uma representação visual que sugere a

marcação dos pares ordenados de um gráfico de linha ou uma forma pouco elaborada de um gráfico de coluna para representar conjunto de dados numéricos da questão 05, apresentada no quadro 04 da seção 4.2. Para isso ele utiliza linhas para associar cada ano ao respectivo valor correspondente, como é mostrado pela figura 29. Como no caso de A13, a escala vertical foi cortada. Tal como no caso de A13, faltam os nomes das grandezas representadas em cada eixo e o título do gráfico.

FIGURA 28: O gráfico de A4 - Gráfico alternativo



5.1.3 As Principais características da dupla

A dupla já conhecia noções simples acerca da utilização de tipos diferentes de gráficos e de sua construção. Erros e omissões leves podem ser observadas nas atividades de interpretação e de leitura de gráficos. Apesar de ainda não terem estudado formalmente o assunto, os estudantes arriscam construí-los e utilizá-los para representar um conjunto dados numéricos.

A aplicação de gráficos para representar o movimento é inovadora para a dupla. Ambos adotaram desenhos para representar o movimento e apresentaram dificuldades na leitura de valores solicitados em um gráfico de velocidade em função do tempo. No entanto, especialmente no caso de A13, eles conseguem perceber características não triviais nos gráficos. Compreender que um gráfico velocidade X tempo representa uma velocidade variável, e ainda mais que a variação não é uniforme, como fez A13, é um desafio para a maioria dos estudantes ao final do primeiro ano do ensino médio, depois de terem estudado a representação de movimentos em Física e o tópico “gráficos e funções” em matemática. O desempenho dos estudantes sugere alguma familiaridade com a utilização de gráficos em situações de outros domínios, como pode ser encontrado em revistas e jornais.

5.2 A utilização de gráficos aplicados em situações gerais

O objetivo central do segundo encontro era de criar oportunidades para que os estudantes utilizassem gráficos para representar situações gerais. O início deste encontro foi caracterizado pela leitura de um breve texto que descrevia a utilização de gráficos de coluna, de gráficos circulares e de linha. O texto possuía exemplos de aplicação de cada gráfico. Em alguns exemplos os alunos eram solicitados a interagir com as situações, interpretando e criando representações.

Após a leitura coletiva do texto, as duplas realizaram uma atividade em que diversas situações eram apresentadas na forma de narrativas. Cada membro da dupla deveria ler a situação e criar individualmente um gráfico capaz de expressar coerentemente a situação. Após a criação individual, os estudantes deveriam discutir e comparar as produções, atentando para as diferenças e semelhanças entre elas. Após a comparação, eles deveriam criar um novo gráfico que levasse em conta as alterações que foram apresentadas durante as discussões. Em síntese, o segundo encontro apresenta atividades que possibilitam a observação da interação entre os estudantes e os gráficos de domínios gerais.

A dupla, A13 e A4, apresentou um ótimo desempenho nesta atividade, produzindo gráficos coerentes com as situações propostas. A seguir são apresentados exemplos de respostas da dupla, acompanhados de trechos de transcrições dos diálogos que ocorreram durante a realização da atividade.

O objetivo da situação I é criar um gráfico capaz de expressar a idéia da divisão do mercado de celulares entre diferentes marcas. O enunciado da questão apresenta diversos valores, em porcentagem, equivalente à participação de um conjunto de empresas na divisão do mercado de venda de celulares. Em outras palavras, a situação I solicita a criação de uma representação visual que transmita a noção das partes que compõe um sistema completo.

Para esta situação, a dupla havia optado, individualmente, pela utilização de um gráfico de coluna. No entanto, após a comparação e discussão, eles decidem utilizar um gráfico circular por considerarem mais simples. O quadro 24 apresenta a situação I e posteriormente são apresentadas as figuras 31, 32 e 33 que correspondem às produções da dupla para a situação.

QUADRO 24: Situação I – Atividades do Segundo encontro

Uma recente reportagem veiculada pela internet retratou a divisão do mercado mundial de celulares. Na reportagem consta que a empresa “Nokia” possui 40% do mercado, seguida pela “Samsung” com 20. As empresa “Sony Ericsson” e “Motorola” empatam com 10% cada uma. Outras empresas respondem por 20% do mercado de celulares.

FIGURA 29: Gráfico inicial de A13 para a situação I

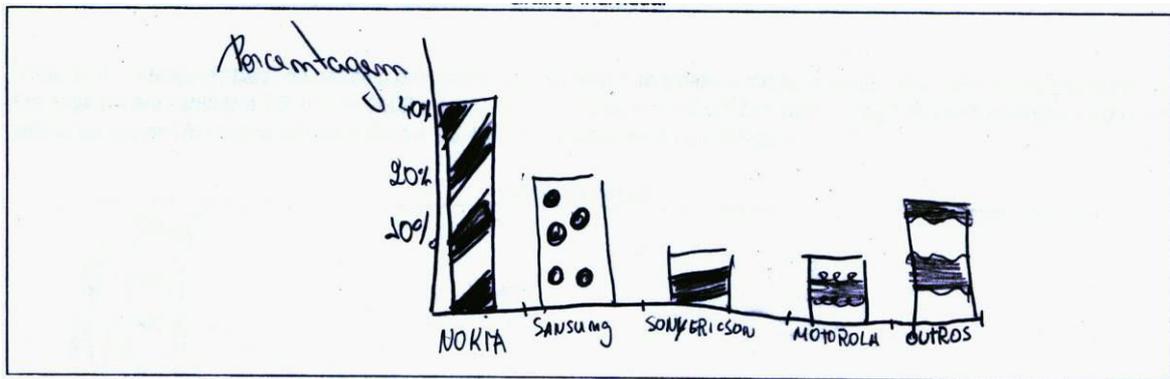
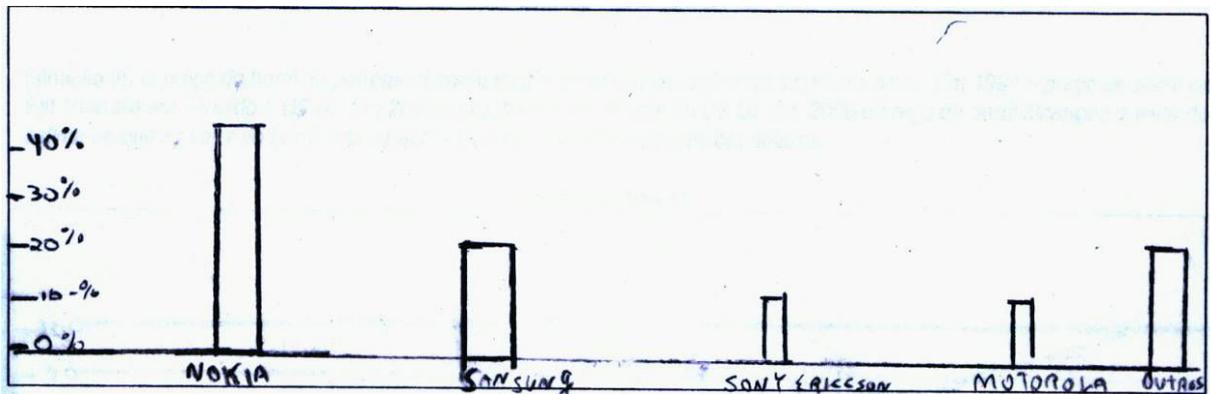
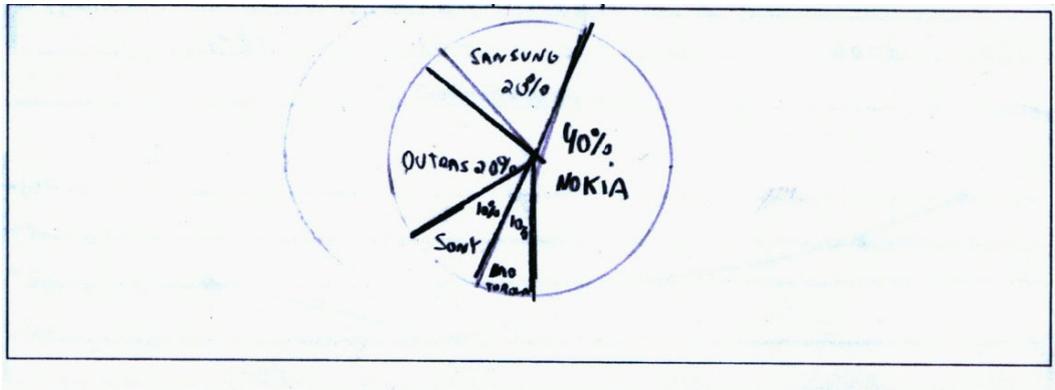


FIGURA 30: Gráfico inicial de A4 para a situação I



O gráfico criado por A13 apresenta uma falha na escala do eixo vertical, ao contrário de A4 que representa a escala corretamente. Em ambos os casos, as barras são identificadas com os nomes das companhias. O uso de barras com preenchimento diferenciado para cada empresa indica o reconhecimento do uso de legendas para a melhor identificação.

FIGURA 31: Gráfico final da dupla para a situação I



Durante a realização desta atividade, utilizamos um gravador digital para registrar os diálogos da dupla. A seguir, um trecho do diálogo referente à situação é apresentado.

Após ler o enunciado, a dupla demonstra dúvida em relação ao tipo de gráfico a ser utilizado. Não chegam a acordo, mas mesmo assim eles iniciam a confecção dos gráficos, cada um à sua maneira. Eles voltam a discutir após terminarem, demonstrando alguma insegurança quanto aos nomes dos tipos de gráficos.

A13: O seu gráfico, você fez de que jeito? O meu foi de, aquele lá de barrinha. Sabe?

A4: O meu também. Gráfico das colunas? (insegurança quanto ao nome do gráfico).

A13: Ah sei lá (a respeito do nome do tipo de gráfico). Aí, agora a gente vai discutir um pouquinho.

A4: Mas aqui, no seu fez diferente, você pôs desenho.

A13: Ahn?

A4: Você pôs desenho. Ai dá pra diferenciar. Se dá pra diferenciar, ele é melhor. Então o seu é melhor.

A13: (Risos). Mas eu acho que esse de barra aqui, ele precisa de muita coisa. Acho melhor fazer aquele redondo lá. Aquele de pizza. Ele parece ser mais simples.

A4: Então vamos fazer.

A13 e A4 procuram por alguém que possua um compasso para desenhar o círculo. É interessante notar que os gráficos produzidos inicialmente pelos estudantes são semelhantes e

ambos optam pela utilização de um gráfico de coluna. No entanto, A4 nota que a utilização de padrões de preenchimento das colunas pode facilitar a leitura do gráfico e por isso considera uma idéia viável. Apesar de construírem gráficos de coluna, A13 acredita que um gráfico de “pizza” é mais simples. Esse entendimento, aliado à simplicidade do gráfico, influencia a escolha final da dupla em representar a situação por meio de um gráfico circular.

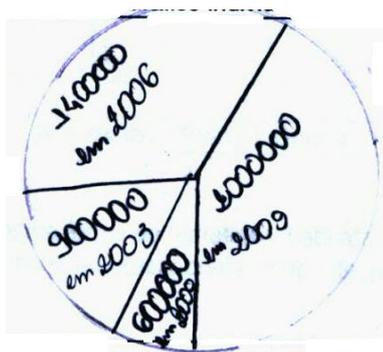
Enquanto a situação I propõe a representação de um conjunto de dados estáticos, a situação II, apresentada no quadro 25, mostra a evolução de um valor através do tempo. Podemos considerá-la como mais sofisticada que a situação I, devido à presença de uma escala temporal. A situação relaciona o número de motocicletas produzidas em território nacional entre os anos de 2000 e 2009, solicitando que os estudantes construam uma representem visual da situação.

QUADRO 25: Situação II – Atividade do segundo encontro

A revista veja divulgou em outubro de 2008 um artigo que retrata o aumento na produção de motos no país. Os dados apresentados no artigo indicam que no ano de 2000 foram produzidas 600.000 motos. Em 2003 foram produzidas 900.000 unidades e em 2006 1.400.000. Estima-se que em 2009 serão produzidas 2.000.000 de unidades.

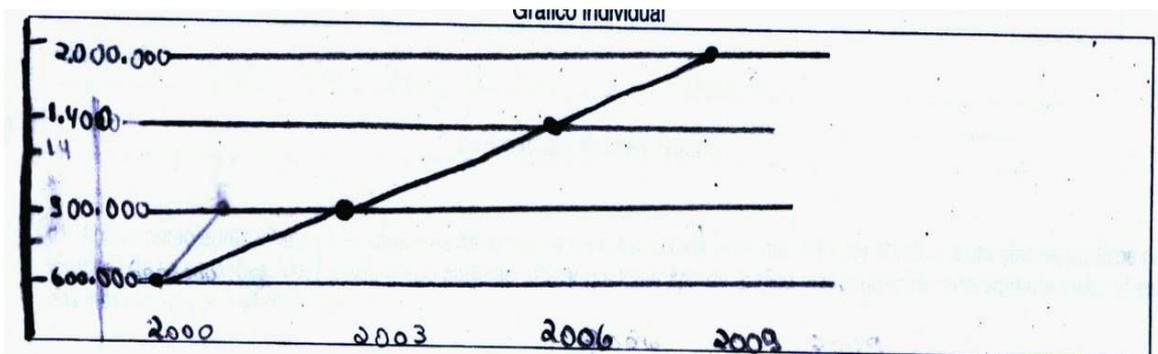
Os gráficos iniciais estabelecidos pelos estudantes são diferentes. A13 escolhe um gráfico circular, que é indicado para representar frações ou percentuais de uma totalidade, mas que não contempla de maneira objetiva a tarefa de representar a evolução temporal de uma grandeza, no caso da produção nacional de motocicletas. A13 vincula o ano a cada um dos respectivos valores, mas tal raciocínio não faz sentido em um gráfico circular, cujo objetivo é comparar as partes de um todo. A figura 35 apresenta a produção de A13.

FIGURA 32: Gráfico inicial de A13 para a situação II



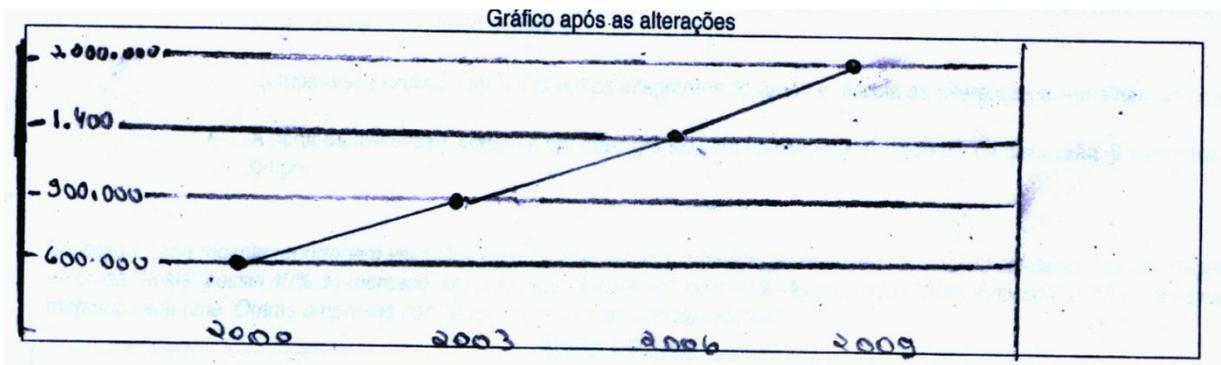
A4 opta pela utilização de um gráfico de linha, representando coerentemente a relação entre o ano e a quantidade de motos produzida. A escala utilizada no eixo vertical é incorreta, o que dá ao gráfico a forma de uma reta. Também os elementos que faltavam nas produções anteriores, como a identificação das grandezas representadas e título do gráfico, continuam ausentes nos gráficos individuais e da dupla. A figura 36 apresenta a produção de A4.

FIGURA 33: Gráfico inicial de A4 para a situação II



Ao final da discussão, a dupla chega à conclusão que a representação por meio do gráfico de linha é a mais indicada. O gráfico 37 apresenta a produção final da dupla, que é basicamente uma reconstrução do gráfico inicial de A4.

FIGURA 34: Gráfico final da dupla para a situação II



Um trecho da transcrição referente à realização da situação II é apresentado a seguir. No diálogo a dupla discute acerca da criação dos gráficos.

A13 eu fiz um gráfico de pizza e você fez um gráfico temporal, então, como põe datas, eu acho melhor nós utilizarmos o gráfico individual; individual temporal.

A4: Por causa que fica certinho mostrando aqui 2009.

A13: E temporal é de tempo.

A13: Deixa eu ver um negócio (A13 quer ver o gráfico de A4). Oh, fiz ao contrário. (A13 chama o professor. (A13 representou o tempo no eixo vertical).

A13: Professor, no negócio temporal tem sempre que. é, a quantidade tem que ser aqui e o tempo tem que ser aqui? (A13 mostra tempo na horizontal e quantidade na vertical).

Professor: É interessante fazer dessa forma, deixar o tempo na horizontal...

A13: Ah, mas por que não pode? É obrigatório? É mais fácil pra mim.

P: ...os gráficos desse tipo são lidos da esquerda pra direita, então visualmente é mais simples representar desta forma.

A13: Ah, tá.

Ao se depararem com a discordância entre os gráficos criados inicialmente, a dupla julga o gráfico de linha como mais apto para representar a situação. Tal julgamento é baseado na presença explícita do tempo em um dos eixos, que mostra adequadamente a relação entre e quantidade de motocicletas e ano.

O uso do termo “gráfico temporal” é, provavelmente, utilizado pelos estudantes por influência do texto lido em sala de aula, em um momento anterior à realização das atividades. A dupla percebe que o termo “temporal” está associado ao conceito de “tempo” e demonstram preferir utilizar um gráfico de linha com um eixo específico para o tempo, por parecer estar mais certo, como A4 mesmo diz “*Por causa que fica certinho mostrando aqui 2009*”. Ao dizer isto, A4 aponta para o eixo do tempo.

A dúvida que A13 apresenta durante a transcrição, quando pede auxílio para o professor, ilustra a necessidade do estudante conhecer as normas para a utilização de um gráfico. Para A13 é mais fácil construir o gráfico, utilizando o tempo no eixo vertical, o que não é usual. Uma das normas básicas é que a variável independente, no caso o tempo, é representada no eixo horizontal. Ele solicita a auxílio do professor e entende que se trata de uma norma. Apesar de achar mais fácil utilizá-lo de maneira alternativa, ele passa a utilizar o tempo no eixo horizontal.

Outro aspecto relevante a ser observado na situação II é a tomada de decisão do grupo em descartar a utilização de um gráfico circular e utilizar um gráfico de coluna. Um gráfico

circular deve ser utilizado para comparar partes de um todo. Sendo assim, a soma das partes individuais corresponde ao valor total representado pelo círculo. No entanto, a situação II apresenta um caráter de comparação ano a ano, e torna inapropriada a representação em um gráfico circular. Apesar do contato breve e rápido com os gráficos num texto lido no encontro anterior, a decisão da dupla é orientada por este raciocínio.

5.3 O desenvolvimento da representação gráfica do movimento

Nesta seção apresentaremos os resultados obtidos a partir da produção dos estudantes relacionada especificamente com o movimento. O objetivo é apresentar cronologicamente a produção da dupla, gerando um quadro comparativo que apresenta o desenvolvimento das representações por eles criados ao longo da sequência, o que possibilita observar como ela varia ao longo do tempo. Para facilitar a leitura, esta seção é subdividida em três partes: “A representação do movimento” é a primeira parte e apresenta os resultados obtidos no terceiro encontro – momento em que a dupla inicia a atividade com a representação do movimento. A segunda parte apresenta uma aplicação da representação gráfica para descrever o movimento de uma composição de metrô – “O movimento do metrô”. A terceira parte, denominada “O movimento do navio” apresenta uma aplicação semelhante à da segunda parte, no entanto o movimento de aproximação de um navio deve ser representado graficamente.

5.3.1 A representação do movimento

As atividades desenvolvidas a partir do terceiro encontro tinham por objetivo ensinar e praticar a representação do movimento baseada em gráficos de linha. Esta forma de representação é amplamente adotada pela física no estudo do movimento. Uma parte da sequência de ensino foi especialmente desenvolvida para ensinar os principais procedimentos utilizados na leitura e construção de gráficos de velocidade e posição em função do tempo. Nesta parte da sequência de ensino, os alunos tiveram contato com algumas narrativas que envolviam tipos específicos de movimentos e suas respectivas representações por meio de gráficos.

Ao analisar alguns livros didáticos de física para o ensino médio, constata-se a existência de diversas abordagens que visam ensinar a utilização de gráficos na cinemática. No livro didático “Curso de Física Vol. 1” (ÁLVARES e LUZ, 2005a) o ensino de gráficos é abordado a partir da idéia de pares ordenados. Uma tabela apresenta, por exemplo, valores de velocidade - ou posição - associados a um respectivo instante de tempo. Esses pares são então dispostos no espaço gerado por um par de eixos cartesianos e como resultado obtêm-se um linha de tendência – o gráfico de linha. No livro didático “Física” (GASPAR, 2004), os gráficos são ensinados a partir de argumentos da geometria analítica. O movimento de uma partícula é expresso por uma equação matemática e a representação visual desta equação em um sistema de eixos cartesianos, em que o eixo horizontal representa a variável independente tempo, resultando no gráfico da posição ou velocidade em função do tempo.

Para criar a idéia de representação gráfica do movimento utilizamos duas abordagens. Ao mesmo tempo em que se narrava uma situação, os alunos percebiam como ela era representada no gráfico. Portanto, eles acompanhavam, ao mesmo tempo, a descrição verbal de um movimento e sua representação gráfica. Associado a este procedimento, utilizamos desenhos que eram apresentados como suporte para o entendimento claro da situação proposta. Optamos também pela utilização de tabelas que continham os valores das grandezas expressas na narrativa. A escolha da abordagem adotada é justificada pelo pequeno número de encontros destinados ao estudo da seqüência e coleta de dados. Um dos objetivos centrais da seqüência era criar uma introdução ao estudo de gráficos associados ao movimento, fazendo com que os estudantes fossem capazes de construir e interpretar gráficos em situações simples, o que torna possível observarmos a aprendizagem emergente desse empreendimento. Acreditamos que a abordagem utilizada contempla o objetivo proposto, visto que ao final da seqüência os estudantes tornaram-se capazes de utilizar a representação gráfica para lidar com tipos específicos de movimento.

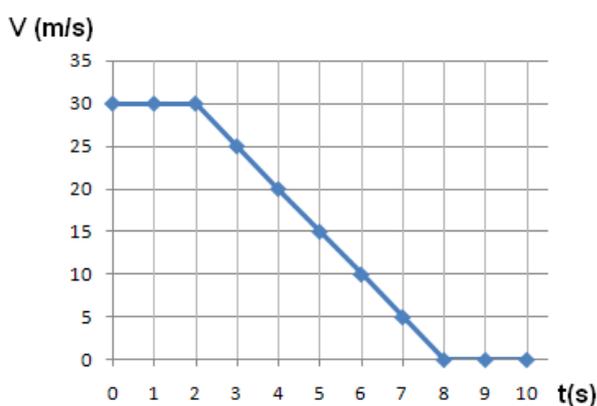
A questão 01 desenvolvida no terceiro encontro tinha por finalidade estabelecer a interpretação de um gráfico de velocidade em função do tempo, associado a uma tabela contendo os valores expressos no gráfico. O quadro 26 apresenta a questão 01 desenvolvida no terceiro encontro. O gráfico da questão representa o movimento de um veículo que inicialmente viaja com velocidade constante e, depois de certo tempo de movimento, passa a reduzir a velocidade progressivamente até parar. A questão solicita que os estudantes

interpretem, extraíam informações e construam uma continuação para o gráfico, sugerindo uma nova situação em que o veículo reinicia o movimento.

QUADRO 26: Questão 01 - Terceiro encontro

01. Um grupo de amigos resolveu viajar de carro de Belo Horizonte para Brasília. Em um determinado instante, enquanto passavam por um trecho plano e reto da estrada, o combustível acabou. Abaixo apresentamos uma tabela que apresenta os valores da velocidade do carro à medida que o tempo passa. A partir da tabela o gráfico de um gráfico de $v \times t$ foi gerado.

Velocidade (m/s)	Tempo (s)
30	0
30	1
30	2
25	3
20	4
15	5
10	6
5	7
0	8
0	9
0	10



- a) Qual era o valor da velocidade com que o carro viajava antes da gasolina acabar? Justifique.
- b) Quanto tempo o carro gastou para parar. Justifique.
- c) Suponha que coincidentemente o carro parou em frente a um posto de abastecimento. Portanto, o carro é abastecido e os amigos retornam para a estrada, continuando a viagem com a mesma velocidade que estavam antes de parar. Construa um gráfico de velocidade versus tempo que descreva o movimento do carro desde quando viajavam antes da gasolina acabar, até o momento em que retomam a viagem após abastecer.

Para responder aos itens da questão 01, a dupla discute os principais aspectos do gráfico e encontram pequenas divergências. A seguir é apresentado um trecho da discussão acerca da interpretação do gráfico.

A13: Qual era o valor da velocidade com que o carro viajava antes da gasolina acabar?

A4: Vamos ver pelo gráfico à direita ou à esquerda? É mais fácil pela direita. (à esquerda os alunos observam a tabela e à direita o gráfico)

A13: Trinta. Trinta quilômetros por hora. Não. Trinta metros por segundo.

Pausa na discussão. Alunos começam a resolver o item b.

A13: A velocidade era 30 m/s. Depois disso a velocidade começou a diminuir.

A4: Até acabar. Até Acabar a gasolina... Seis segundos.

A13: Pode fazer.

A4: Não, é oito segundos. Olha aí.

A13: O quê?

A4: Quanto tempo o carro demorou para parar? Oito segundos.

A13: Seis. Não?

A4: Não. Por que do zero ele começou a andar. Oito segundos por que do ponto zero até o ponto onde acabou a gasolina foram oito segundos.

Na primeira parte da discussão a dupla erra ao mencionar a unidade de velocidade, mas A13 corrige prontamente. Durante o terceiro encontro, os estudantes manifestaram desconhecimento a respeito da unidade “m/s”, que não é de uso comum nos jornais, revistas, televisão e mesmo no dia-a-dia. Para eles a velocidade só poderia ser medida em “km/h”, fato justificado pela ampla utilização desta unidade nos velocímetros de automóveis e motocicletas, bem como sua utilização na mídia, como relatado pelos estudantes.

A dupla julga mais fácil utilizar o gráfico para responder aos itens e ignoram a tabela com os valores de velocidade e tempo. Os estudantes percebem que a velocidade inicial é de 30 m/s. No entanto, eles apresentam um raciocínio divergente para encontrar o tempo gasto para o carro parar. A13 responde que o tempo é de seis segundos, enquanto que A4 considera como oito segundos, admitindo que tal tempo é decorrido desde o início da situação até a velocidade ser nula. A13 acaba sendo convencido, mas a resposta inicial dele era incorreta. A4 olha por quanto tempo mais o movimento foi representado, o que o faz incluir incorretamente os dois segundos que o carro ficou em repouso como parte do tempo de frenagem. Por fim, a dupla acaba considerando o tempo como oito segundo. A seguir é apresentada a resposta elaborada pela dupla.

A dupla escreveu:

- a) *A velocidade era de 30 m/s, pois depois disso, sua velocidade começou a diminuir até acabar a gasolina.*
- b) *Oito segundos. Pois do ponto em que ele começou a dirigir até o ponto de a gasolina acabar durou este tempo*

O item “C” solicita que os estudantes construam uma continuação para o gráfico apresentado na questão 1, considerando que após a parada o veículo reinicia seu movimento até alcançar a velocidade com que transitava inicialmente. Inicialmente, A13 lê em voz alta o enunciado e a discussão é iniciada. A seguir é apresentado um trecho da discussão acerca do item C.

(A13 lê em voz alta a situação.)

A4: O que a gente vai fazer?

A13: Uê? Como assim?

A4: A gente vai fazer igual a esse aqui, ó. Igual a esse gráfico (A4 mostra o gráfico da questão). Antes descia ... agora vai subir.

A13: É.

A4: Mais depois ele vai manter subindo...

A13: ...Até voltar a 30 quilômetros. 30 metros por segundo.

(Silêncio. Os Alunos começam a construir o gráfico.)

A4: A velocidade é o quê?

A13: Metros por segundo.

A4: Não? Tá em metros ou em quilômetros?

A13: Metros.

A4: Ou, isso aqui ó: Mais quantos segundos para alcançar a velocidade?

A13: Ah, eu continuei...

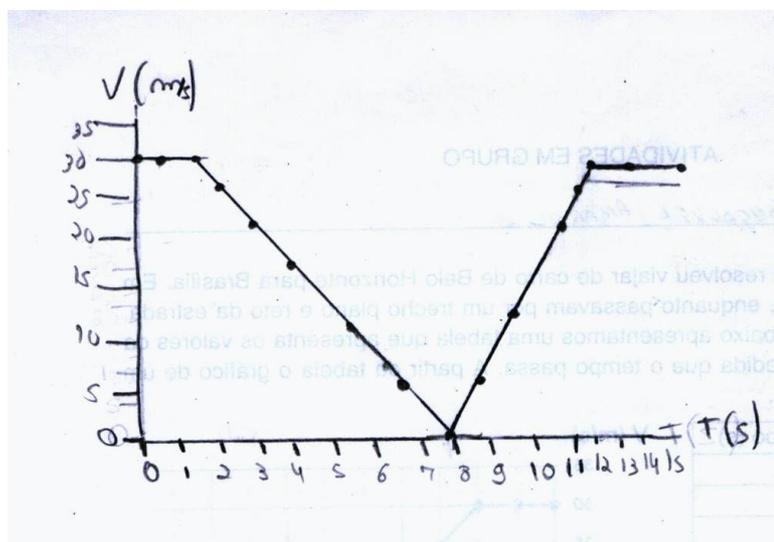
A4: Não, tem que por mais segundo aí.

Para construir a continuação do gráfico de velocidade em função do tempo, a dupla adota a expressão “subindo” para indicar um aumento na velocidade. Eles partem do gráfico de velocidade x tempo apresentado na questão e o utilizam como modelo. A4 diz:

A4: A gente vai fazer igual a esse aqui, ó. Igual a esse gráfico (A4 mostra o gráfico da questão). Antes descia ... agora vai subir.

Neste trecho, é possível notar que a ação de construir o gráfico é orientada pela observação do perfil do gráfico 1. Para A4, subir e descer - reta ascendente e reta descendente - correspondem a aumento e diminuição da velocidade, respectivamente. Logo, a partir da observação de um gráfico eles elaboram um novo gráfico. A4 manifesta uma dúvida associada ao tempo gasto durante o aumento da velocidade. A descrição do problema não determina quanto tempo o carro leva para alcançar a mesma velocidade com que viajava. A dupla não estabelece critérios e escolhe aleatoriamente um valor para o tempo. A seguir é apresentado o gráfico criado pela dupla.

FIGURA 35: Gráfico de velocidade criado pela dupla



O gráfico criado pela dupla apresenta a idéia de um movimento que é interrompido e reiniciado, o que está coerente com o que a narrativa propôs. Nota-se que o tempo que o carro permaneceu em repouso no posto, durante o abastecimento não foi representado, mesmo sendo sugerida pelo gráfico e tabela do movimento inicial.

Na questão 02 da atividade desenvolvida no terceiro encontro, a dupla se deparou pela primeira vez com uma situação-problema em que era necessário a utilização de um gráfico de posição em função do tempo. No texto utilizado na sequência de ensino e destinado à instrução de gráficos da cinemática, a dupla teve contato com os principais elementos que orientam a utilização deste tipo de gráfico. O principal objetivo da questão 2 é verificar como os estudantes interpretam um gráfico de posição x tempo, considerando que o mesmo constitui uma novidade para os estudantes e menos familiar do que os gráficos que descrevem o comportamento da velocidade. A questão 02 é apresentada no quadro 27.

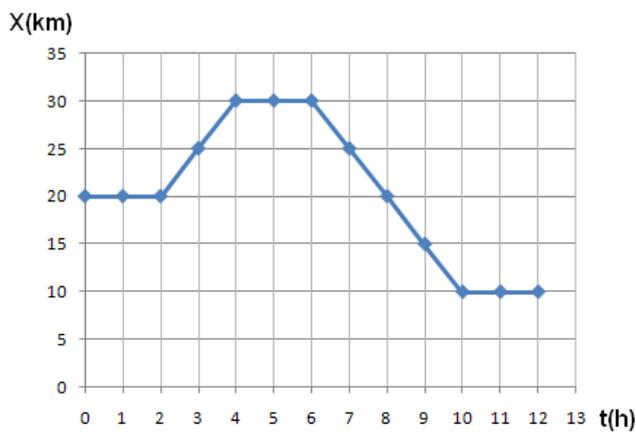
A dupla não apresentou dificuldades para realizar o item “A” da questão e completou corretamente a tabela, localizando os instantes de tempo e posições omitidos na tabela. No entanto, a interpretação do gráfico é feita considerando-o como um gráfico de velocidade em função do tempo. O gráfico apresentado na questão 2, retrata uma pessoa que encontra-se inicialmente parada. Posteriormente se afasta da origem com velocidade constante e torna a parar. Em seguida, ela reinicia o movimento, porém em sentido contrário ao movimento inicial, parando novamente mais próximo da origem, no final do percurso.

QUADRO 27: Questão 02 - Terceiro encontro

02. O gráfico abaixo retrata a posição de uma pessoa caminhando a medida com que o tempo passa. Ao lado do gráfico encontra-se uma tabela que indica a posição em que a pessoa se encontra e o respectivo instante de tempo.

a) A partir da leitura do gráfico, complete a tabela.

b) O movimento da pessoa foi descrito de duas maneiras diferentes: um gráfico e uma tabela. No entanto, o movimento poderia ter sido expresso a partir de uma narrativa. Uma história que contasse o movimento da pessoa. Invente uma história que descreva o mesmo movimento retratado pelo gráfico e pela tabela.



Posição (km)	Tempo (h)
20	0
	1
20	2
	3
	4
30	5
	6
25	
20	8
15	
	10
10	11
	12

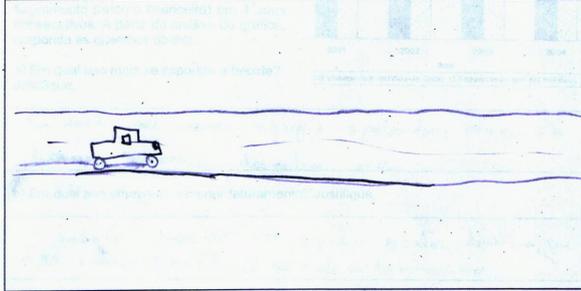
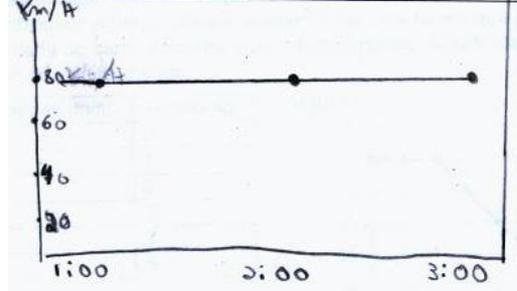
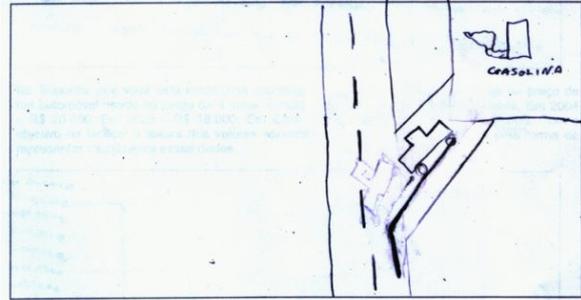
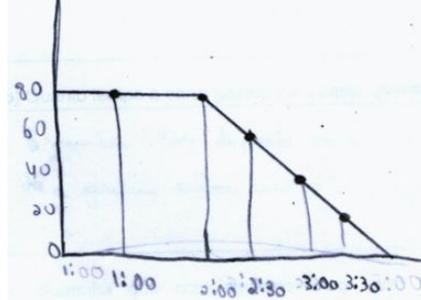
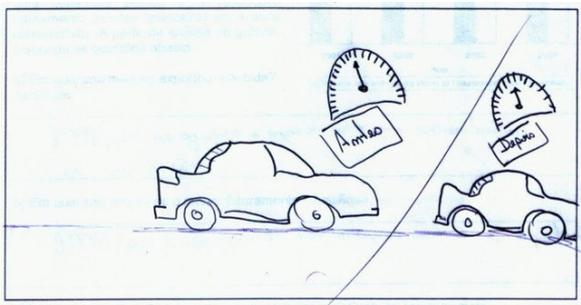
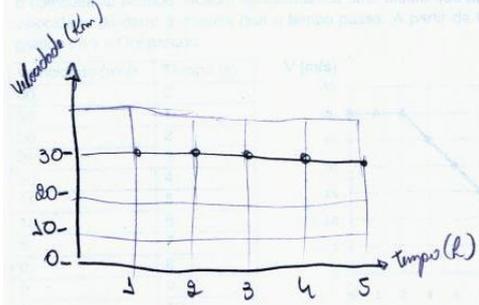
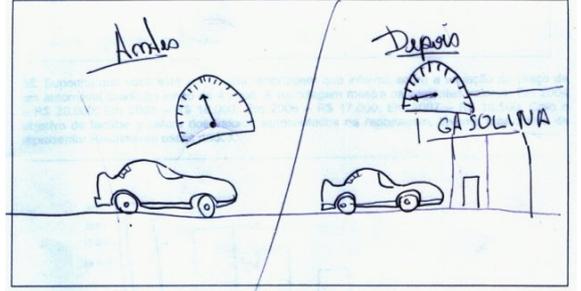
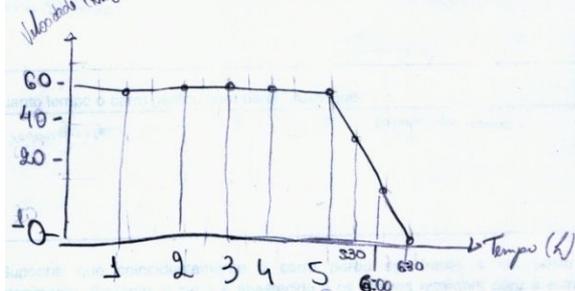
As retas ascendentes e descendentes foram consideradas pelos estudantes como aumento e diminuição da velocidade. As retas horizontais foram interpretadas como velocidade constante. O raciocínio utilizado é semelhante ao desenvolvido no item “C” da questão 1. Abaixo é apresentada a história criada pela dupla. A dupla escreveu:

“Uma mulher, que diariamente anda de carro, hoje estava marcando com um cronômetro o tempo que o carro gasta em sua rotina de trabalho. Na hora 0 estava em 20 km/h e mantém por 2 segundos; depois houve um aumento até 30 km/h, que durou até o 4º segundo e ficou com velocidade constante até 6 segundos; Logo depois houve um declínio que durou 4 segundos, que chega a 10 km/h, que ficou na mesma velocidade por 3 segundos.”

O tipo de erro cometido pela dupla é relatado pela literatura (McDERMOTT e ROSENQUIST, 1987; COSTA e BORGES, 2007). Em Costa e Borges (2007) o erro é cometido por estudantes do 1º ano do ensino médio, durante atividades que abordam a construção de gráficos da cinemática. Em Mc Dermott e Rosenquist (1987) estudantes que iniciam cursos superiores são convidados a realizar um teste com gráficos da cinemática. A análise do teste revela uma interpretação - manifestada por uma parcela relevante de estudantes - marcada pela mistura de conceitos utilizados para a interpretação de gráficos de velocidade e posição em função do tempo. Os alunos percebem uma linha horizontal, por exemplo, como a representação de uma velocidade constante, em um gráfico de velocidade x tempo. No entanto, essa mesma linha, em um gráfico de posição em função do tempo apresenta outro sentido, pois as grandezas retratadas pelos gráficos são diferentes, embora relacionadas. No entanto, os alunos não observam a indicação dessas grandezas, associando, equivocadamente, o gráfico de posição com um de velocidade.

A última questão da atividade desenvolvida no terceiro encontro apresentava duas situações, expressas através de narrativas, que foram realizadas pelos estudantes no primeiro encontro, antes da instrução relacionada com a utilização de gráficos. A questão solicita a criação de uma representação visual para as situações proposta. O objetivo em repetir a questão era comparar a representação criada inicialmente com a representação elaborada após a primeira instrução sobre gráficos. O quadro 28 apresenta as situações e os gráficos criados pelas duplas no primeiro e no terceiro encontro. As situações comparadas no 1º e 3º encontro estão descritas no quadro 10.

QUADRO 28: Comparação entre as representações para o movimento criadas pela dupla no primeiro e terceiro encontro

	1º Encontro	3º Encontro
A4		
A4		
A13		
A13		

Na primeira vez em que essa atividade foi realizada, o enunciado apenas solicitava aos estudantes a criação de uma representação visual, deixando livre a escolha dos estudantes para o tipo de representação a ser adotada. Desenhos de formas variadas foram utilizados, e alguns estudantes utilizaram-se de artefatos adicionais, como as imagens adicionais do velocímetro para indicar constância ou mudanças no valor da velocidade ou um relógio utilizado para

indicar que o tempo estava passando. No terceiro encontro ambos os estudantes optaram por utilizar gráficos de velocidade em função do tempo. As duplas, de maneira majoritária, também adotaram esse tipo de gráfico e apenas uma dupla utilizou uma tabela e outra um gráfico de posição em função do tempo.

O fato da escolha de gráficos de velocidade prevalecer sobre as demais formas de representação pode ter relação com dois fatores. No segundo encontro estabeleceu-se uma discussão em que os estudantes tentavam interpretar o movimento através dos desenhos elaborados no encontro anterior. Os próprios estudantes concluíram que seus desenhos do primeiro encontro apresentavam falhas e sua interpretação era subjetiva. Além disso, durante a instrução, os gráficos de posição em função do tempo revelaram ser um tema difícil compreensão o que demandou um período de tempo maior para serem tratados de maneira mais natural pelos estudantes. Desta forma, a escolha majoritária dos gráficos pode ser atribuída às discussões acerca de sua relevância como uma representação científica capaz de transmitir detalhes acerca de um movimento de maneira mais objetiva do que um desenho. Esta discussão foi um dos temas do terceiro encontro, o que pode ter influenciado os estudantes a optarem por tal representação, escolhendo o tipo de gráfico que julgaram ser mais simples - velocidade x tempo - e ao mesmo tempo evitando desenhos e gráficos de posição.

Os gráficos elaborados pela dupla apresentam um traçado coerente com a situação a que destinam representar, porém pequenas falhas são observadas. A4 omite a indicação das grandezas representadas em cada um dos eixos, apesar de ter estabelecido tais grandezas no gráfico criado na questão 1. Quando entrevistado, A4 atribuiu a omissão à falta de atenção, pois, segundo ele, era a última questão da atividade e a dupla já estava cansada. A13 identifica os eixos e, no entanto, utiliza “km” como unidade para a velocidade.

5.3.2 O movimento do metrô

Os primeiros minutos do encontro IV foram dedicados à discussão dos gráficos elaborados no encontro anterior. Os alunos apresentaram dúvidas referentes às diferenças entre o gráfico de posição em função do tempo e de velocidade em função do tempo. Para a maioria dos estudantes a interpretação do gráfico de posição em função do tempo aparentava ser confusa, e eles o interpretavam como se fosse um gráfico de velocidade – uma linha horizontal em um

gráfico $X \times t$ era interpretada como velocidade constante, linhas ascendentes e descendentes eram interpretadas como velocidade crescente e decrescente, respectivamente. A partir da discussão em torno das criações apresentadas pelos estudantes no encontro anterior, o professor os orientou e esclareceu as dúvidas referentes a este tipo de gráfico. Esse tipo de dinâmica foi também utilizada nos encontros posteriores, a fim de esclarecer as dúvidas sobre a utilização dos gráficos.

A atividade realizada no encontro IV apresenta-se de maneira distinta das demais, pois ao invés de apresentar diferentes tipos de movimento, as questões eram baseadas em apenas um tipo específico de movimento: um metrô viajando através de algumas estações. O objetivo central da atividade era fazer com que os estudantes descrevessem com suas próprias palavras o movimento de uma composição de metrô. A partir da descrição do movimento, os estudantes foram solicitados a elaborar gráficos que representassem a situação. O quadro 29 apresenta a tarefa realizada pelos estudantes.

A dupla iniciou a realização da atividade lendo em voz alta o enunciado. Ao terminar a leitura, A4 leu o nome das estações e disse conhecer algumas delas. Todos os estudantes que participaram da pesquisa disseram conhecer o metrô de Belo Horizonte, apesar de utilizarem poucas vezes esse meio de transporte. A dupla percebeu ainda que alguns nomes dos bairros de Belo Horizonte - como Santa Inês e Horto - são iguais aos da cidade de Betim e acharam curioso tal fato. Este primeiro contato com o mapa das estações revelou ser importante para a realização da atividade e a dupla, através de conversas não diretamente relacionadas à utilização de gráficos ou movimento, demonstrou compreensão acerca das idéias presentes no mapa e do trajeto descrito pelo metrô. Algumas duplas precisaram de auxílio para criar significado sobre o mapa, pois desconheciam os nomes das estações do metrô.

A questão 1 solicitava a descrição do comportamento da velocidade do metrô durante seu percurso entre 4 estações. A partir da análise do mapa, a dupla formulou a descrição. A discussão sobre esta questão é apresentada abaixo.

A4: Descreva através de palavras como se comporta a velocidade do metrô desde o instante em que ele inicia o movimento a partir da estação Eldorado até sua chegada na estação Gameleira.

A13: Ele dá duas paradas, né?

A4: Cadê?

A13: *Aqui, ó (apontando para o papel), ele sai do Eldorado, aí faz uma curva, anda mais... Precisa descrever desse jeito?*

A4: *Você precisa descrever através de palavras. Tipo assim, o metrô acelera, depois fica em velocidade constante até a Cidade Industrial onde ele reduz e pára...*

QUADRO 29: O movimento de uma composição de metrô

O metrô de Belo Horizonte foi inaugurado no ano de 1986. Nessa época, entraram em operação seis estações, ligando Eldorado e Lagoinha, com 10,8 km de linha. O metrô possui atualmente dezenove estações e 28,2 quilômetros de extensão e transporta diariamente cerca de 145 mil usuários. Abaixo se encontra um mapa que mostra a atual malha metroviária de Belo Horizonte.



A velocidade máxima que um metrô pode alcançar é de 80 km/h e a distância entre as estações é de, aproximadamente, 1,5 km. Sendo assim, o tempo médio que o metrô gasta para ir de uma estação até a próxima é de aproximadamente 2 minutos e ele pára por 30 segundos em cada estação. Suponha que você e seu grupo irão utilizar o metrô para ir da estação Eldorado até a estação Gameleira.

01. *Descreva através de palavras como se comporta a velocidade do metrô desde o instante em que ele inicia o movimento a partir da estação Eldorado até sua chegada na estação Gameleira.*

02. *Quanto tempo o metrô irá gastar para realizar o percurso. JUSTIFIQUE.*

03. *A partir das respostas utilizadas no item 1 e 2, discuta com seu grupo a respeito da criação de um gráfico de velocidade x tempo para representar o movimento do metrô.*

04. *Neste item você e seu grupo irão realizar um procedimento similar ao item 1. Descreva através de palavras o comportamento da posição do metrô desde o instante em que ele inicia o movimento a partir da estação Eldorado até sua chegada na estação Gameleira. (Considere a estação Eldorado como sendo a origem, ou seja, posição $x = 0$)*

05. *A partir do item 4, discuta com seu grupo a respeito da criação de um gráfico de posição x tempo para representar o movimento do metrô.*

Neste instante A4 repete a frase para A13 anotar.

A4: Depois de trinta segundos, acelera, até oitenta quilômetros por hora (pausa - A4 demonstra estar com dúvidas para continuar narrando) ... Eh ... fica em velocidade constante?

A13: Fica em velocidade constante... até a Vila oeste.

A4: Isso! Até a Vila Oeste. Onde ele reduz e pára.(Pausa na discussão)

A13: Ele volta ao movimento em oitenta quilômetros por hora até a Gameleira.

Para responder a questão 1 a dupla escreveu:

“O metro acelera, fica em velocidade constante, até a Cidade Industrial, onde ela reduz e pára. Após 30 segundos volta a acelerar a 80 km/h e fica em velocidade constante durante 2 minutos (até Vila Oeste), onde reduz a pára. Depois de 30 segundos volta em movimento até 80 km/h e fica em velocidade constante até a Gameleira, onde reduz e pára para o desembarco”

A dupla compreende que o movimento do metrô é constituído de sucessivas paradas, o que acarreta em um tipo de movimento em que a velocidade aumenta, fica constante e diminui. A expressão “velocidade constante” é utilizada pelos estudantes e passa estar presente nas descrições, o que pode indicar a apropriação de um termo que era freqüentemente utilizado nos encontros, seja nas leituras ou no discurso do professor, mas que poucas vezes era utilizado pelos estudantes. A dupla utiliza ainda elementos do enunciado na descrição, como o valor da velocidade máxima atingida pelo metrô, o tempo que ele fica parado em cada estação e o nome das estações. A percepção de tais elementos foram fundamentais para realizar atividade 2, que requeria a análise do tempo gasto no percurso do metrô. Acerca do tempo, a dupla apresentou o seguinte diálogo:

A4: Quanto tempo o metrô irá gastar para realizar o percurso? Vamos olhar aqui (A4 volta para a primeira página e responde). Seis minutos. Acho que é seis minutos.

A13: (Lê novamente o enunciado) Eh ... porque ... Não! (A13, que demonstrava antes concordar com o tempo de seis minutos, começa a ter outra idéia). Mas e as paradas?

A4: Ah, tem que somar. Tá certo. Então vou somar.

A13: Sete minutos e meio. São três paradas.

A4: Não. Seis, mais noventa, porque são três paradas. 7,5. 7,5 minutos.

A dupla inicia a elaboração da resposta.

A4: 7,5 , pois segundo o texto a velocidade média é de 2 minutos...

A13: Não, a velocidade entre cada estação é dois minutos e com trinta minutos de parada...

A4: Aham... trinta segundos!

Para responder a questão 2 a dupla escreveu:

“7,5 minutos, por que segundo o texto a velocidade entre as estações é de 2 minutos e com 30 segundos para cada parada, somando resulta em 7,5 minutos.”

A dupla consegue determinar o tempo gasto para o metrô viajar entre cada estação. Apesar de no início A4 se esquecer de contar com o tempo que o metrô fica parado, A13 lembra e restabelece uma nova resposta para a dupla. Parte das dificuldades que a dupla experimenta ao responder as questões e, na construção do gráfico do movimento, devem-se em parte à natureza aberta do problema. O enunciado não informa quanto tempo o metrô precisa para alcançar a velocidade de 80 km/h e depois, para reduzir sua velocidade a zero. Isso fica evidente na discussão deles sobre o formato do gráfico velocidade versus tempo. Embora a dupla compreenda a descrição do tempo, ela utiliza de maneira incoerente do termo velocidade: “velocidade entre cada estação é dois minutos”. Após o término da sequência de ensino, durante a análise dos dados, foi pedido para a dupla ler sua resposta e explicar qual o sentido do termo “velocidade” associada com uma unidade de tempo. A4 justificou dizendo que eles haviam confundido e o que eles realmente queriam dizer era que o tempo entre cada par de estações durava 2 minutos, como, segundo eles, o próprio enunciado explicava. Sendo assim, conhecendo que a velocidade e o tempo variavam durante o percurso, a questão 3 solicitou a construção de um gráfico de velocidade em função do tempo. Para elaborar o gráfico a dupla apresentou o seguinte diálogo:

A13: É melhor usar a régua.

A4: A velocidade é em quilômetros por hora, e aqui é o tempo... O tempo vai ser em minutos. (A dupla traça os eixos do gráfico e indicam a velocidade e o tempo, com suas respectivas unidades.)

A13: Então vai começar na velocidade zero, tava parado, ai vai aumentando a velocidade.

A4: Aham...

A13: Até ficar em oitenta. Ele demora dois minutos, né?

A4: *É, e fica trinta segundos parado.*

A13: *Aham.*

A4: *Quer ver? Aqui ó (mostrando o desenho da questão)... 30 segundos ele ficou parado. Depois ele acelerou e em um minuto e meio ele chegou em oitenta. Isso vai ficar igual em cada estação.*

Durante a criação do gráfico a dupla volta a discutir.

A13: *A gente não tem que dar um tempo de velocidade constante, não?*

A4: *Não... É rápido demais. Aumenta e pára.*

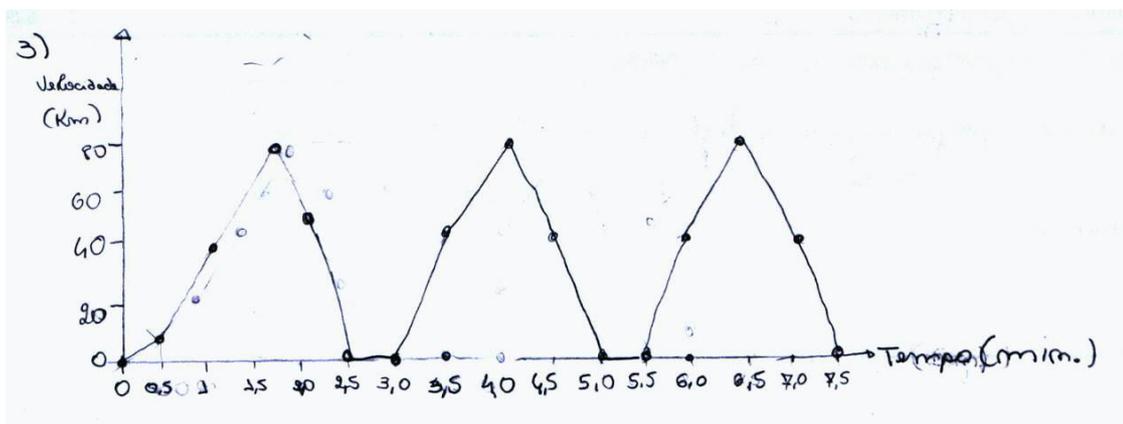
A13: *Ou então pode colocar...*

A4: *Tipo, eu acho que quase que não vai ter velocidade constante. É muito rápido.*

A13: *Tá. Tipo eu vou colocar de meio em meio minuto... trinta em trinta segundos*

A figura 39 apresenta a produção final da dupla:

FIGURA 36: Gráfico construído pela dupla para representar o movimento do metrô através de sua velocidade



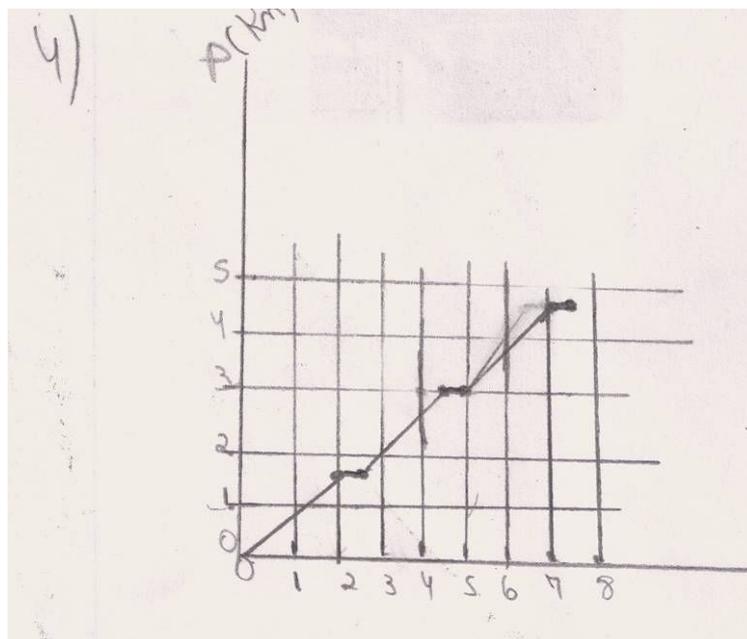
A elaboração do gráfico contou com orientações que antes – nos encontros anteriores - não eram adotadas pela dupla. Os estudantes se preocuparam em identificar os eixos com unidades coerentes, indicando a velocidade em “km/h” e o tempo em “minutos”. Mas eles estabeleceram uma escala para o tempo apropriada, registrando-o em intervalos de 30 em 30 segundos. Durante a elaboração do gráfico, a dupla ainda discutiu sobre o traçado do gráfico.

Inicialmente, a idéia da dupla é representar a velocidade crescendo e depois diminuindo, formando uma espécie de picos, conforme representado na figura anterior. Eles questionam sobre a pertinência de se utilizar uma reta horizontal que representaria um trecho em que o móvel viajaria com velocidade constante de 80 km/h, o que alteraria o traçado do gráfico retirando-se os picos e estabelecendo patamares. Como mencionado antes, a descrição da situação criou dificuldades adicionais para a dupla, por não especificar durante quanto tempo a velocidade permaneceria constante. Essa omissão passou despercebida pelo pesquisador durante sua elaboração e posterior aplicação. Ao final da discussão a dupla conclui que o tempo que o móvel permanece com velocidade constante muito curto e decidem manter a disposição gráfica de picos.

É possível notar no gráfico que o tempo gasto entre a 1ª e 2ª estação durou 2,5 minutos, o que está incoerente com a descrição do movimento realizada pelos estudantes.

Para realizar o restante da atividade os alunos já não tinham muito tempo restante. Eles discutem rapidamente a relação entre posição e tempo para o movimento do metrô e criam apenas um esboço para o gráfico de posição em função do tempo. A figura 40 apresenta o esboço criado pela dupla.

FIGURA 37: Gráfico construído pela dupla para representar o movimento do metrô através de sua posição



Para a descrição da posição do metrô em função do tempo a dupla escreveu:

“O metrô sai do km 0, em 2 minutos ele está no km 1,5. Fica 30 segundos parado e volta em movimento, no km 3 (após 2 minutos), aí faz outra para de 30 segundos. E após 2 minutos, está no km 4,5, onde acaba a viagem.”

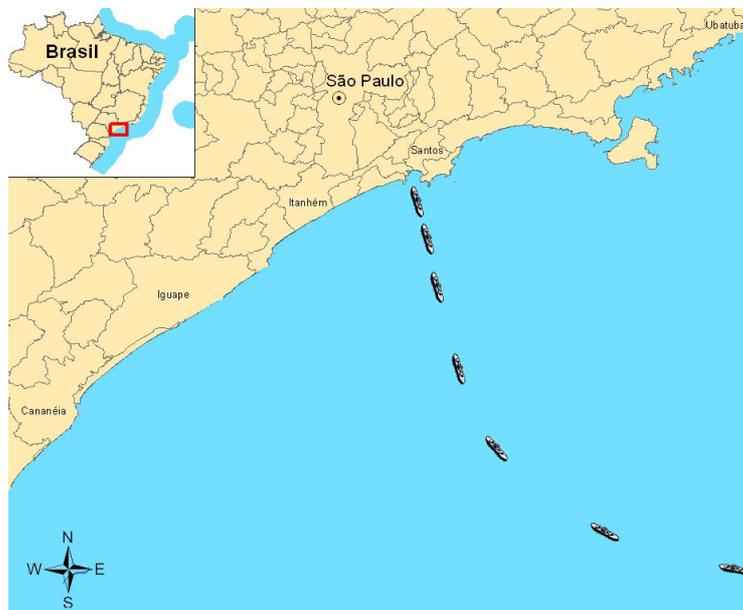
O gráfico de posição em função do tempo é a primeira criação da dupla que está de acordo com as regras para a utilização de tal gráfico. No encontro anterior, assim como as demais duplas, A13 e A4 sentiram dificuldades com a construção e interpretação do gráfico de posição em função do tempo, tratando-o como se fosse um gráfico de velocidade em função do tempo. Apesar do gráfico não apresentar identificação da grandeza representada no eixo horizontal e da unidade de medida utilizada, o traçado é aceitável para o que eles sabiam acerca de representação de movimentos através de gráfico de posição versus tempo. É sabido que durante a variação da velocidade, o gráfico de posição em função do tempo é representado por um segmento de curva. Entretanto isso não foi tratado durante a sequência de ensino, o que justifica a linha reta utilizada pelos estudantes durante o movimento do metrô entre as estações.

A utilização correta do gráfico de posição em função do tempo evidencia os efeitos positivos da intervenção ocorrida antes da realização da atividade, na qual foram discutidas as dúvidas relacionadas com a utilização dos gráficos.

5.3.4 O movimento do navio

A atividade desenvolvida no quinto encontro adota uma estrutura semelhante ao problema do metrô. Ela solicita aos alunos que descrevam o movimento de um objeto, orientados pelo comportamento da velocidade e da posição e, a seguir, elaborem gráficos para descrever o movimento. A atividade apresenta um mapa que mostra as sucessivas posições de um navio que se aproxima da costa brasileira. O intervalo de tempo entre duas posições consecutivas do navio corresponde a uma hora. O quadro 30 apresenta a atividade realizada pela dupla no quinto encontro.

QUADRO 30: O movimento do navio



O mapa abaixo representa uma pequena parte do extenso litoral brasileiro. Nele observamos diversas posições de um navio que se aproxima da costa no sentido da cidade de Santos. As posições do navio possuem um intervalo de tempo de 1 hora. Para gerar este tipo de imagem um satélite fotografa a região desejada em intervalos de tempos iguais (no caso do navio, a cada 1 hora). Assim, ao sobrepor as imagens é possível perceber progressivamente o movimento de um objeto localizado na superfície terrestre. Esta estratégia é utilizada, por exemplo, para analisar o movimento de furacões formados no oceano e assim conhecer os riscos que eles podem gerar. Abaixo são apresentadas algumas questões para discussão em grupo. Leia atentamente as questões e utilize o mapa para orientar as discussões. Ao final da discussão deve se elaborar uma resposta que expresse a opinião do grupo.

01. Quanto tempo durou a aproximação do navio, desde o momento em que ele aparece no mapa até o momento em que ele está mais próximo da costa. JUSTIFIQUE.

02. Durante o percurso a velocidade do navio manteve um mesmo valor, aumentou ou diminuiu? JUSTIFIQUE.

03. Em cada posição o navio se encontra a uma determinada distância de seu destino (Santos). Com o auxílio de uma régua meça o valor dessa distância para cada posição.

04. A escala desse mapa é de 1:2.500.000. Isso significa que cada 1 cm medido equivale na realidade a 25 km. Utilize a escala para encontrar a real distância entre cada posição do navio e a cidade de Santos.

Discuta com seu grupo a respeito de como representar graficamente a velocidade e a posição do navio durante sua aproximação.

06. Represente o movimento do navio através de um gráfico de velocidade x tempo.

07. Represente o movimento do navio através de um gráfico de posição x tempo.

Antes da realização da atividade, o professor apresentou em um projetor alguns exemplos de produções dos estudantes para atividade do encontro anterior. Foram discutidos alguns dos principais erros e exibidos exemplos de gráficos que poderiam ser considerados como boas representações. Posteriormente, o professor mostrou algumas fotografias de múltipla exposição e fotos estroboscópicas, criando oportunidades para que os estudantes compreendessem a imagem do navio se aproximando da costa.

Para determinar o tempo gasto durante a aproximação do navio, a dupla questiona o professor acerca do que deve ser medido. Os diálogos são apresentados a seguir:

A13: Quando o navio se aproxima da costa, a gente conta isso aqui (apontando para uma das posições do navio) ou os intervalos?

Professor: Pense bem A13. Você precisa avaliar os intervalos ou os pontos em que o navio se encontra?

A13: São os intervalos que são uma hora, não é?

Professor: Como assim?

A13 mostra o desenho para o professor, numerando de um a seis o espaço entre cada posição do navio

A13: Que aí, vai ser assim: 1, 2, 3, 4, 5 e 6.

Professor: Beleza. O tempo total eu não posso falar, mas o princípio é esse.

A4: Então vai dar seis, porque até chegar na costa são seis intervalos.

A13: Nossa, mas essa pergunta é cabulosa. Por que, que é isso? (A13 se indaga sobre a dificuldade em justificar as 6 horas de aproximação.)

Professor: A idéia é você argumentar sobre como você descobriu que a aproximação duraria esse tempo.

A13: Como assim? Cada intervalo vale uma hora ... seis intervalos, então são 6 horas, é isso?

Professor: Isso. Esse foi seu raciocínio, então é sua justificativa.

A13 então começa a elaborar a frase em voz alta.

A13: 6 horas, pois a diferença entre ... não ... a diferença de ...

A4: Por que a gente não põe assim: pois existem 6 intervalos, cada intervalo a diferença é de uma hora. Vale uma hora.

A13 sabe que para determinar o tempo de aproximação era necessário relacionar a informação do intervalo de uma hora para cada posição. No entanto, a dúvida estabelecida por ele e por outros estudantes é se devemos observar a posição ou o intervalo. O próprio termo “intervalo” parece induzir A13 a escolher o espaço entre as posições, determinando o tempo de seis horas para a aproximação. O objetivo desta questão era fazer com que os estudantes percebessem a noção de tempo através de uma imagem.

A questão 2 solicitava que os estudantes descrevessem o comportamento da velocidade do navio, avaliando se ela diminuiu, aumentou ou manteve-se inalterada. A dupla consegue perceber com facilidade que a velocidade está diminuindo com o passar do tempo. Alguns alunos perceberam isso através de um raciocínio mais simples que argumentava que o navio se aproxima e, portanto, sua velocidade necessariamente deveria diminuir a fim de parar no porto. A conclusão não está baseada em dados fornecidos, mas em como deve ser o movimento. Ela pode não corresponder à realidade dependendo do intervalo de tempo envolvido, mas como regra geral é uma boa generalização. No entanto, A13 e A4 argumentaram sobre a relação entre o espaço percorrido pelo navio e o tempo. A dupla disse:

A13: Durante o percurso a velocidade do navio manteve o mesmo valor, aumentou ou diminuiu? Diminuiu! Pois de uma em um hora ... (A13 novamente inicia a elaboração da resposta em voz alta e pára de narrar)

A4: Põe assim: Pois o espaço entre cada intervalo foi diminuindo.

A13: Aham..

A4: Diminui ao longo do tempo...

A13: Pois o espaço de cada intervalo ... o intervalo diminuiu?

A4: Não, o espaço vai diminuindo. A distância.

A13: Aham, diminui o espaço a cada intervalo.

A dupla, assim como os outros estudantes, percebeu a diminuição da velocidade do navio sem apresentar dúvidas. Entretanto, as questões 03 e 04 tinham por finalidade fazer com que os estudantes percebessem a variação da posição do navio em função do tempo, o que envolveu a utilização de uma régua para a medição das posições e a utilização de uma escala cartográfica. Para esta tarefa a dupla apresentou dúvidas e uma discussão intensa a respeito de como determinar as posições e expressá-las no gráfico. Abaixo apresentamos um trecho da transcrição em que os estudantes discutem como coletar os dados e posteriormente como construir o gráfico.

A13: Em cada posição o navio se encontra a uma determinada distância de seu destino. Com o auxílio de uma régua meça o valor dessa distância para cada posição. Para essa posição, qual é a distância? (A13 aponta para a posição mais distante do navio e depois chama o professor). Professor! Aqui ó!

A4: Professor, chega aí.

A13: Como é que faz a número 3?

Professor: O que você não entendeu na 3?

A4: Eu também não entendi.

A13: Em cada posição o navio se encontra a uma determinada distância do seu destino. Certo. Meça os valores dessa distância. Tá. É pra colocar em que? Em centímetros?

Professor: Isso mesmo. Para isso você vai usar uma régua.

A13: Em a gente vai pegar o começo ou o final do barco?

Professor: O que você acha?

A13: É o começo! Ou é o final? (A13 ri por não saber o procedimento)... Ah, sei lá!

A4: Tipo, se você pegar o começo desse daqui, você vai ter que pegar o começo desse outro aqui (A4 aponta para duas posições sucessivas do navio).

A13: Como assim?

A4: Uai, se você pegar o final de um, tem que pegar então o final do outro. Porque ai é um intervalo.

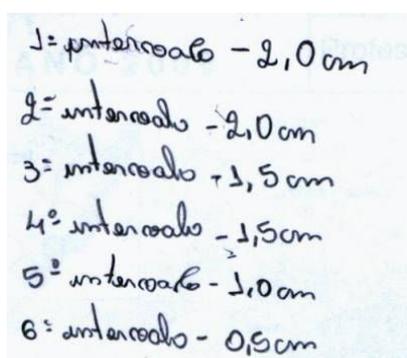
O professor deixa que a dupla discuta e não interfere mais.

A13: Ah... então a gente vai ter 7 posições?

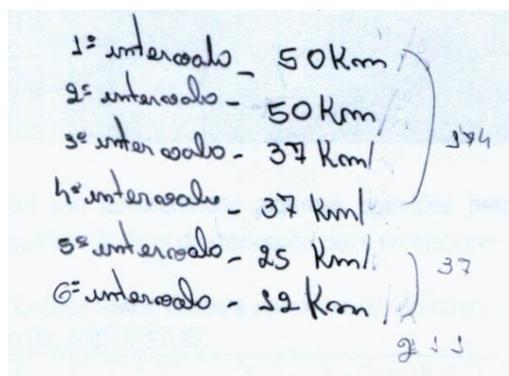
A4: Não, a gente vai medir o intervalo.

Os alunos então iniciam a medição dos intervalos a partir de um ponto de referência idêntico para as diferentes posições. Eles decidem medir a distância entre cada posição do barco, o que é um procedimento diferente do que o sugerido pelo enunciado. A partir dos valores medidos com o auxílio da régua a dupla utiliza a escala apresentada no mapa para converter os valores de centímetros para quilômetros. Os valores encontrados para a distância entre cada posição do navio são apresentados pela figura 42.

FIGURA 38: Procedimento para determinação da distância



1º intervalo - 2,0 cm
2º intervalo - 2,0 cm
3º intervalo - 1,5 cm
4º intervalo - 1,5 cm
5º intervalo - 1,0 cm
6º intervalo - 0,5 cm



1º intervalo - 50 Km
2º intervalo - 50 Km
3º intervalo - 37 Km
4º intervalo - 37 Km
5º intervalo - 25 Km
6º intervalo - 12 Km

374
37
2 1 1

Antes de expressar os valores em quilômetros, a dupla discute acerca de qual unidade dever ser utilizada. Esta discussão é apresentada a seguir:

A4: Tem que colocar por hora? (Como a dupla encontrou uma distância em quilômetros, a dúvida estabelecida diz respeito a utilização da unidade km associada com hora, km/h.)

A13: Tem.

A4: Por que?

A13: Por que senão pode ser por minuto.

A4: Como assim?

A13: Professor, faz favor. (A13 mostra para o professor a questão e pergunta). Tem que colocar por hora, não tem? Por exemplo, 450 quilômetros por hora.

Professor: Vamos pensar o seguinte. Vocês estão medindo a distância dele em cada posição ou a velocidade dele a cada posição?

A13: A distância!

A4: A distância!

Professor: Então o certo seria colocar a distância em km ou em km/h?

A4: Km.

A13: Ah tá. Senão seria velocidade.

Professor: Isso mesmo.

Após descreverem a velocidade, a posição e o tempo, os alunos iniciam a discussão acerca de como representar o movimento do navio em gráficos de velocidade e posição. Um trecho da discussão é apresentado a seguir:

A4: Discuta com seu grupo a respeito de como representar graficamente a velocidade e a posição do navio durante sua aproximação.

A13: Uai, como a gente pode representar o gráfico? De posição por tempo?

A4: Não, só. Primeiro é a velocidade.

A13: Bom, a gente vai ter que fazer assim ó. Velocidade. A velocidade vai ser assim ... Ela vai ser mais fácil. Ó . (A13, traça um esboço para um gráfico que mostra a velocidade decrescendo em função do tempo.)

Breve pausa na discussão.

A13: A velocidade vai ser em km, né?

A4: km/h!

A13: Vou colocar por hora também.

A4: Tem que ser, por que é velocidade.

A13: Se fosse de posição seria só km.

A4: É! Mas não precisa escrever velocidade, só põe um "v".

A13: Eu gosto de escrever velocidade. E o tempo vai ser em hora, né?

A4: É!

Novamente A13 demonstra insegurança sobre qual unidade deve ser utilizada e A4 que parece estar mais seguro sobre este assunto o orienta. O gráfico de velocidade elaborado pela dupla apresenta uma criação que utiliza elementos arbitrários e elementos que são influenciados pela análise do movimento do navio. A percepção de que o gráfico deve transmitir a idéia de decrescimento foi baseada na análise do espaço cada vez menor entre as sucessivas posições

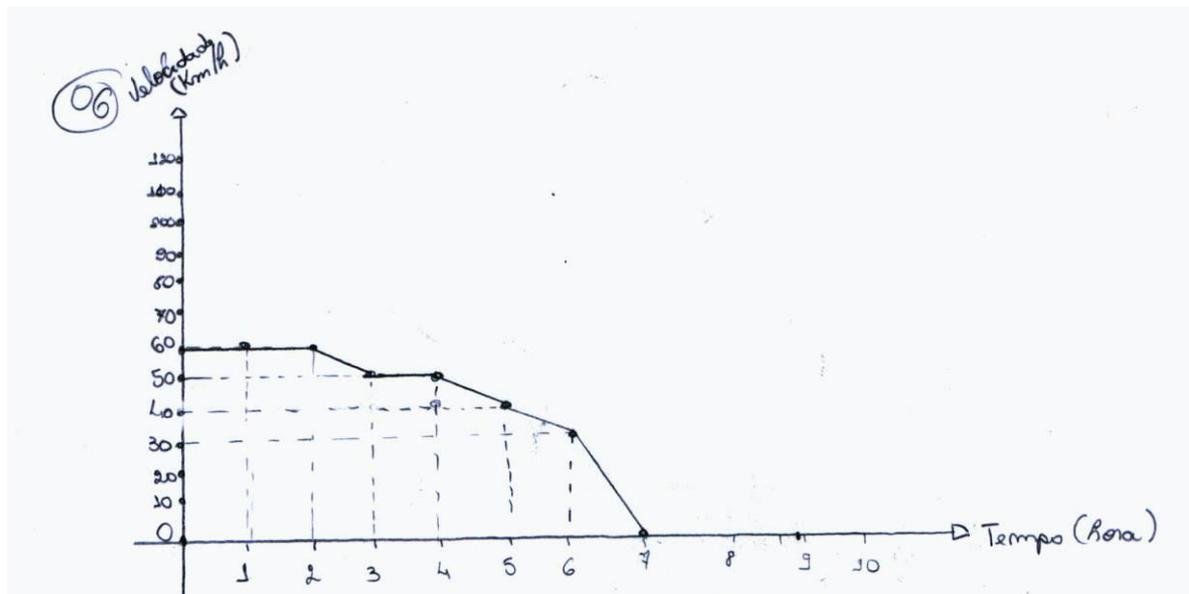
do navio. No entanto, a escolha dos valores para a velocidade é arbitrária e não é realizado nenhum procedimento para estimar tais valores, como pode ser percebido no trecho a seguir:

A13: Aqui ó. (A13 apresenta o traçado do gráfico). Mas como a gente vai encontrar os valores da velocidade? A gente pode inventar?

A4: Vamos pensar em valores

A figura 43 apresenta o gráfico de velocidade em função do tempo, elaborado pela dupla é apresentado a seguir. Nota-se que os valores utilizados para a velocidade do navio em cada intervalo de tempo são arbitrários, embora eles tivessem medido os deslocamentos sucessivos e soubessem que o tempo de cada deslocamento correspondesse a 1 hora. Portanto, poderiam ter calculado facilmente a velocidade média do navio em cada intervalo. Nota-se também que o tempo total do movimento de aproximação do navio ao porto é de 7 horas, e não de 6 h, como eles corretamente responderam na primeira parte da questão.

FIGURA 39: Representação para o movimento do navio através de sua velocidade



Para construir o gráfico de posição em função do tempo, como os estudantes dispunham de dados obtidos através das medições, a dupla utilizou um procedimento mais elaborado e ao invés de simplesmente supor valores, eles discutiram formas de utilizar os dados para compor o gráfico. Os valores de posições medidos pelos estudantes, na verdade não indicam a posição do navio em relação a costa, mas a distância entre cada par de posições consecutivas do navio,

isto é, seu deslocamento em intervalos sucessivos com duração de uma hora cada um. A seguir é apresentado o trecho inicial do diálogo sobre a criação do gráfico de posição:

A13: E o gráfico de posição?

A4: Posição. Vamos ver.

A13: Posição é denominado por "X", né A11? (A13 pergunta para outro colega que confirma).

A4: É "x", mas eu coloquei "P".

A13: Vamos por o tempo de novo em hora?

A4: É.

A13: Agora, posição ... como é que vai ficar? Bom, no primeiro ele tá no km 50, né?

A4: É, uai.

A13: Então, na primeira hora, ele tá no km 50. Ichi, só que no segundo ele continuou no km 50, né?

A4: Não, por que ele anda. Se ele continuasse na posição 50 ele estaria parado.

A idéia inicial da dupla é simplesmente converter a tabela de posição em um gráfico, a partir da localização dos pares ordenados no eixo cartesiano. Esse era o procedimento esperado para duplas que coletaram os dados acerca da posição do navio a partir do procedimento sugerido no enunciado, que consistia em medir a distância do porto ao navio, o que tornaria o porto como a origem dos espaços ($x = 0$). No entanto, o que a tabela criada pelos estudantes apresentava era a distância entre duas posições sucessivas do navio o que gerou um impasse. Os dois primeiros valores de distância correspondiam a 50 km, o que foi por eles interpretado como duas posições sucessivas iguais, gerando a idéia de que o navio não se moveu, o que eles percebem que era inconcebível. Para contornar este impasse A4 apresenta a estratégia presente no trecho a seguir:

A13: Ah, primeiro intervalo deu 50 km. Mais o segundo, 100 Km.

A4: Mais 37 com 37. Quanto que dá?

A13: 74. Então, 174.

A4: 174, mais 25 dá 194.

A13: É 174 mais 37. Dá 211.

A4: Agora eu já sei, deu 211, né? Então, Olha ... olha! Olha Como que faz. A gente vai por a posição até 200 aqui. (A4 aponta para o eixo da posição).

A13: Ah, entendi! (A13 ri, demonstrando alegria em ter descoberto como se faz). Entendi. Putz, mas até 211, vai acabar com a folha

A4: Até 211, vou por então de 20 em 20.

A13: De 20 em 20. Até 211.

Breve pausa na discussão

A4: Pra chegar no porto demora 6 horas, não é? Então, posição vai diminuindo? É isso? Em seis horas?

A13: Vamos ver com o professor.

A13 vai até a mesa do professor, mas não obtém auxílio, pois o professor estava orientando outra dupla.

A4: Bom, primeiro a gente mediu e deu 211, não é?

A13: É.

A4: Então, primeiro ele tava no quilômetro 211.

A13: Aham.

A4: Ai ele andou 50 km depois, que a gente mediu. Não foi? Naquele intervalo do outro exercício.

A13: Aham.

A4: Então ele andou 50 km. Então dá 101. Ai eu fiz aqui. Quer dizer, dá 161 que eu quero dizer. Ai no gráfico vai pra 161. Ai ele andou 50 km de novo. Ai foi pra 101. Eu marquei até 101. Entendeu?

A13: Aham.

A4: Ai, depois ele andou 37 km. Ai foi pra 64.

A13: *Espera aí. De 161 foi para 121, não foi?*

A4: *Não, 101, eu que tinha errado. Entendeu? Aí, ele andou 37 quilômetros e foi pra 74. Aí, andou de novo 37 quilômetros. Falta 25.*

A13: *74? É, né?*

A4: *74. Aí, depois que ele andou 25 sobram 12 quilômetros. Ele anda os 12 e chega no lugar. Ele foi pra zero.*

Durante a elaboração do gráfico de posição em função do tempo, A4 percebe o erro associado à dedução das posições.

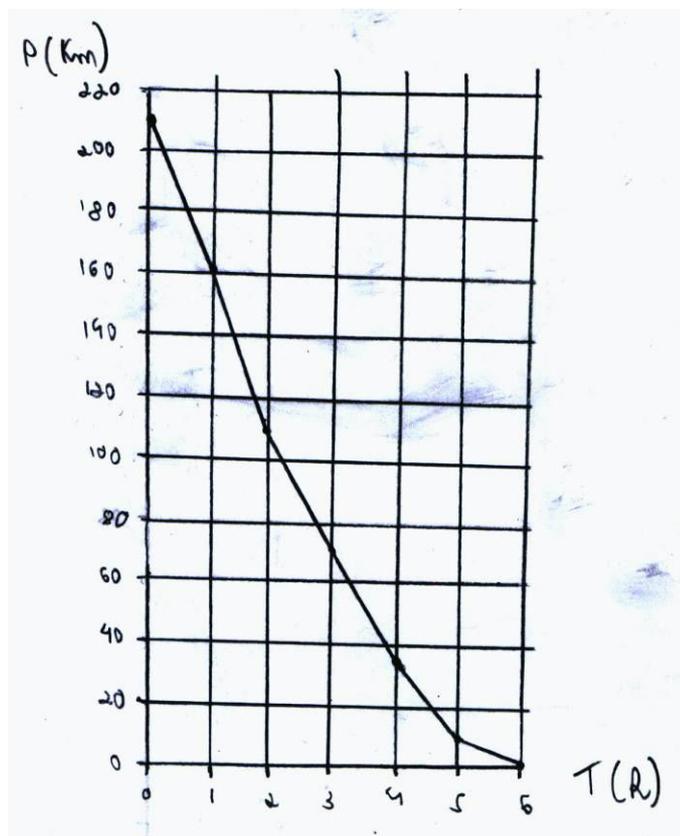
A4: *A primeira é duzentos e quanto que a gente somou?*

A13: *211, não é.*

A4: *Aí, vai para 161. Depois 101! Uai. 161 menos 50 é 111. Menos 37, vai dá 74. Que vai pra 37. Falta 25 e 12.*

A13: *Nossa tava errado. Pronto. Corrigi.*

FIGURA 40: Representação para o movimento do navio através de sua posição



A estratégia utilizada pela dupla consiste em somar todos os valores relativos aos deslocamentos consecutivos do navio, encontrando assim a posição, que, para a dupla, corresponde à distância entre o porto e a posição mais distante do navio. A posição do porto é adotada como origem das posições medida ao longo da trajetória. Esta estratégia é, também, utilizada para determinar as demais posições do navio em relação ao porto, pois a partir da posição inicial a dupla subtrai a distância percorrida no intervalo de uma hora, obtendo uma nova posição do navio. Desta forma, os estudantes possuem os dados necessários para expressar o comportamento da posição em função do tempo e constroem o gráfico que é apresentado a seguir:

O gráfico apresentado pelos estudantes consegue estabelecer a idéia de um movimento de aproximação de um móvel. Durante sua elaboração, a posição inicial do navio e a posição final são estabelecidas a partir dos dados coletados através da análise do mapa. Embora os gráficos apresentem um acordo com as normas de representação de movimentos por meio de gráficos, eles ainda cometem erros, ao não calcular os valores da velocidade média do navio em cada intervalo de tempo e por que seus gráficos indicam tempos de aproximação em desacordo.

6 CONCLUSÃO

Neste capítulo, apresentamos discussões acerca dos principais resultados, das implicações e contribuições deste estudo para o ensino e para a pesquisa em ensino de ciências. Novas possibilidades para a pesquisa sobre inscrições científicas também são apresentadas.

Esta pesquisa teve por finalidade conhecer, analisar e apresentar os principais aspectos envolvidos no desenvolvimento de competências relacionadas com a utilização de gráficos no contexto da cinemática. Os estudantes participaram de uma sequência de ensino cujo foco era introduzir a representação gráfica do movimento. Na sequência de ensino, os estudantes tiveram oportunidades de aprender os conceitos e as normas básicas para a utilização dos principais tipos de gráficos e também sobre a representação do movimento através de gráficos de linha.

A produção escrita dos estudantes – resultantes da participação nas tarefas propostas pela sequência de ensino – foi a principal fonte de dados utilizada nesta pesquisa. Tal produção pode ser dividida em dois grupos: atividades e avaliações. Nas atividades os estudantes trabalharam em duplas com o objetivo de praticar a construção, leitura e interpretação de gráficos, criando oportunidades para a observação de suas competências representacionais manifestadas ao longo da sequência de ensino. As avaliações eram realizadas individualmente e a partir delas observamos e comparamos as competências dos estudantes individualmente. A correção das avaliações se deu a partir de um sistema de codificação para questões abertas. As questões apresentadas nas atividades de três avaliações eram semelhantes entre si ou mesmo idênticas.

Além da produção escrita dos estudantes em sala de aula, esta pesquisa também utilizou entrevistas e gravações em áudio das discussões ocorridas durante a realização das atividades como fonte de dados. Recorremos a este material para esclarecer alguns pontos e para verificar nossa interpretação sobre o raciocínio e entendimento dos estudantes das tarefas que realizaram.

6.1 Principais resultados e conclusões

Os gráficos utilizados nos encontros iniciais da sequência de ensino abordavam temas de domínios gerais, que solicitavam que os estudantes apresentassem respostas para atividades que envolviam a construção, leitura e interpretação de gráficos semelhantes àqueles que são observados em reportagens de jornais, revistas e páginas da internet. As outras atividades desenvolvidas nos encontros posteriores enfatizavam o uso de gráficos de velocidade versus tempo e posição versus tempo para representar movimentos específicos. Ou seja, eram atividades tipicamente escolares, utilizadas no estudo da cinemática. A forma com que os estudantes interagiram com esses dois domínios revelou diferenças relacionadas às competências representacionais.

Os estudantes que participaram da sequência de ensino finalizavam a última etapa do ensino fundamental e demonstraram capacidade de utilizar procedimentos básicos para produção e leitura de gráficos em contextos tratados pela mídia em geral. Isso sugere que o grupo possuía condições de compreender a linguagem gráfica aplicada a situações comuns. Desta forma, a construção de gráficos para exibir um conjunto de dados, a leitura das informações explícitas no gráfico, bem como a percepção de uma tendência era realizada de maneira satisfatória pelos estudantes, e principalmente erros leves foram notados. No entanto, informações implícitas e que demandavam alguma inferência para sua determinação aparentam não serem tratadas satisfatoriamente pelos estudantes.

Percebemos através da qualidade das produções e interpretações que os estudantes apresentaram formas diferenciadas em lidar com atividades que envolvem movimento e gráficos de outros domínios. Estas diferenças foram indicadas ao longo da análise dos resultados em que a produção para estes diferentes domínios podem ser comparadas e também nas discussões do estudo de caso apresentado no capítulo 5. O percurso escolar e as experiências extra-escolares parecem facilitar a compreensão para o uso de gráficos para, por exemplo, relacionar visualmente quantidades, proporções e variações que tratam temas comumente comunicados em mídias impressas e eletrônica. Logo, este tipo de uso não gerou estranhamentos e dificuldades por parte dos estudantes. No entanto, a representação aplicada à cinemática, contexto específico para a aplicação gráfica, demonstrou ser uma tarefa inovadora para eles e demandou um maior período de tempo para que pudesse ser utilizada de

maneira mais satisfatória pelos estudantes, que ainda apresentaram dificuldades com este tipo de uso mesmo ao final da sequência.

A partir do sistema adotado para a avaliação de questões abertas apresentado na seção 3.5, verificamos que o número de estudantes com rendimento igual ou superior a 50% cresceu a cada avaliação. Observou-se uma melhoria notável no desempenho dos estudantes da primeira para a segunda avaliação. Da segunda para a terceira esta melhoria é modesta, havendo mesmo o caso de alguns estudantes que tiveram pior desempenho na terceira avaliação. No grupo de 13 estudantes que participaram da análise, 4 deles apresentaram rendimento superior a 50% na primeira avaliação. Na segunda avaliação todos os 13 estudantes tiveram rendimento superior a 50%, e na terceira avaliação 11 deles alcançaram esta marca.

O estudo de caso do capítulo 5 também apresenta discussões sobre a forma diferenciada com que os estudantes interagiram com esses dois domínios. A dupla demonstrou possuir uma desenvoltura para lidar com gráficos de domínios gerais, demonstrando, logo nas primeiras atividades, conhecer algumas das normas para a construção de gráficos. Os gráficos criados pelos estudantes apresentavam maior coerência e rigor com a situação que eles eram designados a representar. No entanto, a representação do movimento através dos gráficos não se estabeleceu da mesma maneira simples para a dupla. Ao contrário, ela demandou um período de tempo maior para que eles construíssem e interpretassem estes gráficos de maneira coerente.

Apesar dos estudantes demonstrarem conhecer os recursos básicos que orientam a utilização de um gráfico de linha, tal representação demonstrou apresentar compreensões distintas quando o domínio por ele abordado era diferente, o que evidencia uma dependência entre o pleno desenvolvimento de competências gráficas e o domínio representado. Provavelmente, os gráficos de domínios gerais são mais acessíveis e intuitivos para os estudantes, por causa da familiaridade com as grandezas que são representadas. Os participantes da pesquisa não possuem esse mesmo acesso aos conceitos tratados pela cinemática, especialmente, a representação da posição de um móvel em função do tempo. Apenas o conceito de velocidade havia sido brevemente tratado em sala de aula regular durante um estudo da primeira lei de Newton. Fica nítido na análise que apresentamos a diferença de desempenhos dos estudantes, especialmente da dupla A13 e A4, ao lidar com gráficos de velocidade em função do tempo e de posição em função do tempo.

A sequência de ensino demonstrou ser uma ferramenta positiva para criar oportunidades para que os estudantes aprendessem e praticassem o uso de gráficos aplicados não somente à cinemática, mas também para outros domínios. Como mostrado no gráfico 14 da seção 4.6, o desempenho dos estudantes melhorou da primeira para as outras avaliações, embora mostrasse uma tendência de queda – em alguns casos - na terceira avaliação em comparação com a segunda.

Ao investigar as competências dos estudantes de representação do movimento, percebemos uma aprendizagem simultânea de um conjunto de fatores necessários. Um gráfico de linha apresenta ao seu leitor um traçado, a identificação das grandezas envolvidas a partir de unidades, bem como a compreensão dos conceitos relacionados com tais grandezas. Sendo assim, a tarefa de criar um gráfico de linha, ao mesmo tempo em que parecia ser familiar para os estudantes – que haviam demonstrado facilidade em utilizar gráficos de linha para representar variações de quantidades em função do tempo – constituiu-se como uma ação inovadora por envolver conceitos próprios da cinemática, como velocidade e posição, que eram pouco conhecidos. Mesmo após dois encontros em que os conceitos de velocidade e posição foram apresentados ao grupo, em que vários gráficos foram criados e interpretados, restaram dúvidas e insegurança em muitos momentos. Estas dúvidas diziam respeito principalmente à diferenciação entre os conceitos de velocidade e posição, e sobre as relações entre eles. É importante ressaltar que em momento algum, esses conceitos foram formalmente introduzidos e que o objetivo central da unidade didática não era ensinar cinemática, mas investigar as competências gráficas dos estudantes e seu desenvolvimento. Esse conjunto de fatores necessários para utilizar os gráficos de movimento e a maneira simultânea como eles são aprendidos pode ser ainda uma possível explicação para o maior período de tempo demandado na aprendizagem desse tipo de representação, principalmente representações que envolvem o conceito de posição.

A atividade realizada no encontro IV apresentou aos estudantes um mapa da malha metroviária da cidade de Belo Horizonte. A análise do estudo de caso indicou que a descrição do movimento feita pelos estudantes demonstrou ter sido facilitada pelo entendimento prévio da dupla acerca da dinâmica do movimento do metrô e da compreensão do mapa. A dupla relatou, em diálogos gravados e em conversa com o pesquisador durante a realização da atividade, ter utilizado o metrô de Belo Horizonte várias vezes e reconheceu que os nomes das estações indicavam os bairros por onde ele transitava. A dupla, assim, percebeu que se tratava

de bairros quando leram, no mapa, os nomes “Santa Inês” e “Horto”, e lembraram que em Betim existem bairros com os mesmos nomes. A partir daí, lembraram de alguns bairros conhecidos com “Gameleira” e Eldorado, criando sentido para o desenho da malha representada no mapa.

A tarefa de representar implica em sua essência estabelecer uma relação entre dois universos. Na cinemática, temos de um lado o movimento, que para a física é definido como um estado de um objeto cuja posição em relação a um ponto fixo de referência varia ao longo do tempo, mas que para na linguagem popular significa simplesmente “mudar de lugar”, sem preocupações quanto às diferentes maneiras que existem para que um objeto mude de lugar ao longo do tempo. Do outro lado, temos um gráfico que comunica através de sua linguagem codificada em traços e números o comportamento de alguma grandeza que caracteriza o sistema em movimento. Estes dois universos aos olhos leigos não aparentam possuir conexão, pois o movimento de uma composição de metrô pouco se parece com sua representação abstrata em um sistema de eixos cartesianos. No entanto, o olhar de um leitor que conhece o movimento do metrô e entende os aspectos conceituais relevantes da cinemática e as normas de construção de interpretação de gráficos em cinemática é capaz de perceber a conexão entre esses dois universos. Nesse aspecto, a dupla de estudantes do estudo de caso teve a tarefa de representar graficamente a dinâmica do metrô favorecida pela familiaridade e conhecimento prático de seu movimento.

Entretanto, muitos estudantes não tinham vivências relacionadas com viagens de metrô e seu movimento. Para estes tratava-se de um sistema completamente desconhecido, o que não facilitava o entendimento da atividade e como responder às questões. Portanto, podemos atribuir a essa conexão um elemento fundamental para construir representações. A complexidade de construir representações é também tratada por Tairab e Al-Naqbi (2004) ao observarem que o grupo de estudantes de seu estudo demonstrava uma melhor performance em interpretar do que criar gráficos. Para os autores criar gráficos está associado a natureza de construir, que é mais difícil do que interpretar. Construir envolve a mobilização de novos conhecimentos e recursos que nem sempre são visíveis para os alunos e que dependem de algumas formas de interpretação.

Na sequência de ensino, a representação do movimento foi desenvolvida a partir de relações entre velocidade e posição em função do tempo. Observamos que a apropriação dos

conceitos de velocidade e posição ocorreu de maneira distinta. O conceito de velocidade, aplicado de forma qualitativa para construir e interpretar gráficos, foi utilizado de maneira satisfatória logo nos primeiros contatos e as falhas notadas limitavam-se a omissões como a não identificação dos eixos ou unidades e escalas erradas. No entanto, o conceito de posição revelou ser de difícil entendimento para os estudantes, que precisaram de mais tempo e esforço para resolverem as questões que tratavam das características do gráfico de $X \times t$. Novamente, esse fato pode ser atribuído ao significado especializado do conceito na cinemática, isto é, nos casos de movimento de translação unidimensionais, a posição é dada por uma distância entre uma partícula ou um ponto especial de um objeto físico e um ponto de referência, associado a um sinal e uma unidade de medida, e que até então era desconhecida pelos estudantes.

Na sequência de ensino, o conceito de velocidade, e sua relação com o tempo, foram tratados com uma relativa naturalidade pelos estudantes, que aceitaram a idéia de utilizar linhas para se representar o movimento. No entanto, os estudantes estranharam a idéia de que variações sucessivas da posição de um objeto poderiam representar o movimento em um gráfico. No decorrer da sequência de ensino, à medida que novas atividades foram realizadas e com o esclarecimento de dúvidas, apresentação de exemplos e discussões sobre o tema, os alunos passaram a tratar a representação da posição de maneira mais consistente, o que nos leva acreditar que não apenas o tópico estudado, mas também o tipo de grandeza representada tem influência sobre as competências representacionais dos estudantes que estão começando a estudar cinemática.

De um modo geral, a sequência de ensino utilizava uma espécie de exemplo para introduzir o uso de um gráfico e a partir daí outras atividades, parecidas com o exemplo, eram apresentadas pelos estudantes. As atividades proporcionavam oportunidades para que os estudantes praticassem o uso dos gráficos aplicado a situações da cinemática. As atividades foram desenvolvidas em duplas, no entanto era permitida a interação entre as duplas. No início de cada encontro era estabelecida uma discussão geral em que se tornava possível diagnosticar quais eram as principais dúvidas surgidas na realização das atividades do encontro anterior. Essa estratégia de instrução mostrou ser válida para desenvolver competências para a utilização de gráficos, pois, apesar de abordar o tema de maneira superficial, sem aprofundar no estudo das relações conceituais – fato justificado pela viabilidade em responder às questões de pesquisa e também pelo pouco tempo disponível para

a coleta de dados – os estudantes demonstraram uma melhoria gradativa em atividades de construir, ler e interpretar gráficos. Nos últimos encontros da unidade didática verifica-se uma maior coerência entre os gráficos criados e as situações que eles deveriam representar, bem como as interpretações, que se tornaram mais bem elaboradas.

6.2 Respondendo as questões de pesquisa

Na seção 3.1 apresentamos as questões que esta pesquisa procura contemplar. Nos parágrafos seguintes apresentamos possíveis respostas para estas questões.

***Primeira questão:** Quais são e competências representacionais dos estudantes no início do 8º ano do ensino fundamental?*

O primeiro contato dos estudantes com a sequência de ensino – primeira avaliação-, bem como as atividades do segundo encontro, visavam produzir elementos que nos permitissem analisar as competências representacionais estabelecidas pelos estudantes da última etapa do ensino fundamental. Através da análise da primeira avaliação constatou-se que, apesar dos estudantes não terem passado pelo estudo formal de gráficos ao longo do percurso escolar, eles possuem condições para utilizá-los em abordagens simples, como extrair informações, interpretar e criar gráficos que representam situações simples e familiares. No entanto, raciocínios mais sofisticados, como exigidos na questão 04 da primeira avaliação e discutidos na seção 4.2, que envolvam inferências que vão além da leitura direta dos gráficos ou que demandam análises dependentes de relações conceituais entre as grandezas representadas nos gráficos foram fontes de dificuldades e erros. Embora os estudantes tenham escolhido gráficos para representar quantidades, nem sempre a escolha do tipo de gráfico era compatível e viável com a situação a ser representada. Este fato ilustra a relação incipiente e apenas intuitiva que os estudantes possuíam com os gráficos no início da pesquisa.

Os gráficos criados apresentam, em sua maioria, omissões dos nomes das grandezas que estão sendo representadas e suas respectivas unidades, o que indica desconhecimento das regras e normas que regem a construção e leitura de gráficos. A análise dos gráficos criados sugere

que, para os estudantes, a parte fundamental do gráfico se restringe ao arranjo visual. As legendas, identificação dos eixos, unidades e outros aspectos normativos são omitidos porque são entendidos como detalhes dispensáveis, que não acrescentam ao entendimento daquilo que o gráfico descreve. Estas regras e normas são facilmente apropriadas, quando os estudantes entendem a importância delas.

A atividade de expressar o movimento através de gráficos demonstrou ser completamente inovadora e parece confrontar uma possível tendência de optar por desenhos para contemplar tal objetivo. Este estudo corrobora o argumento de Sherin (2000) de que quando um sujeito aprende a trabalhar com um tipo de representação visual, ele já possui idéias próprias, criadas a partir de suas vivências, sobre como criar e interpretar situações. Tem-se então uma espécie de conflito entre as idéias criadas a partir das vivências e o entendimento gerado pelas instruções formais. Assim como no trabalho de Sherin, identificamos que os estudantes utilizam recursos, como legendas e destaques, resultantes de suas vivências para representar o movimento a partir de desenhos. É possível atribuir a esse conflito entre as duas formas de representar a justificativa para um tipo de erro comum de utilização gráfica, no qual o estudante percebe o arranjo visual – por exemplo, o traçado de um gráfico da cinemática de velocidade versus tempo - como um desenho, que pode ser compreendido como um relevo ou mesmo como um trajeto percorrido por um objeto em movimento (McDERMOTT e ROSENQUIST, 1987; COSTA e BORGES, 2007). Se admitirmos que para os estudantes o desenho é uma forma de representação mais acessível e adequada que um gráfico, é esperado que eles percebam equivocadamente elementos do desenho no gráfico.

Os estudantes demonstraram possuir idéias acerca do uso de gráficos, porém elas parecem ser mais coerentes para tratar gráficos de eventos e situações familiares – como apresentados na mídia – do que para representar o movimento. Este fato já era esperado, pois o contato dos estudantes com o universo conceitual da cinemática era muito restrito, limitando-se a noções de movimento uniforme tratadas no estudo da inércia.

Assim como na 1ª avaliação, nos primeiros encontros os gráficos de linha, coluna e circulares foram interpretados pelos estudantes a partir de suas concepções prévias. A partir da análise dos dados, das anotações de campo criadas durante a realização e aplicação da sequência e dos resultados discutidos na seção 4.2, percebemos que interpretação de gráficos aparentou ser uma atividade habitual para os estudantes, que não manifestaram estranhamento e

conseguiram responder às questões propostas com um desempenho aceitável. Os gráficos circulares aparentaram ser interpretados com maior facilidade e os estudantes conseguiram identificar neles as relações de divisão das partes que formam um todo. Para os gráficos de linha e de coluna também encontramos uma competência razoável e identificamos pequenas falhas apenas relacionadas com a atividade de extrair um dado numérico, cometidas por um pequeno número de estudantes. No entanto, o gráfico da questão Q4 da primeira avaliação demonstrou ser de difícil entendimento para os estudantes.

Ao relacionar os resultados obtidos com a interpretação do gráfico da questão Q4 apresentado na seção 4.4 e os gráficos da questão Q5 do segundo encontro apresentado na seção 4.7, identificamos uma possível relação com o tipo de gráfico e sua respectiva interpretação. O gráfico da questão Q4 apresenta para cada ano o comportamento de duas grandezas: faturamento e exportação. Uma terceira grandeza fica subentendida: o preço unitário do bem exportado, definido como a razão entre faturamento e o volume de suco exportado. Os estudantes demonstraram não entender o que era faturamento e que o preço estava representado implicitamente, o que resultou em vários erros de leitura de dados. Por outro lado, os gráficos da questão Q5 do segundo encontro apresentam separadamente o comportamento da taxa de fotossíntese em função de dois fatores: temperatura e frequência da luz. As perguntas presentes na questão Q4 e Q5 eram semelhantes, porém o desempenho dos estudantes na questão Q5 foi muito melhor do que na questão Q4. Ressaltamos que os tópicos abordados em ambos os gráficos eram desconhecidos pelos estudantes¹ e, portanto, é possível associar o desempenho ao tipo de arranjo visual utilizado e ao grau de complexidade - medido pelo número de variáveis - da representação. A separação das grandezas da questão Q5 em dois gráficos e a possível familiaridade dos estudantes com o fenômeno representado, a fotossíntese, contribuíram para o seu melhor desempenho. Esta hipótese consegue explicar o fato do gráfico circular, em que apenas um valor é expresso sem relacionar-se com outra grandeza, ter sua leitura e interpretação mais acessível para os estudantes.

¹ De acordo com o material didático utilizado na escola o tema fotossíntese é discutido no ensino fundamental I na 6ª série do ensino fundamental II, porém de maneira superficial. No primeiro ano do ensino médio o tema é estudado de maneira mais completa, abordando os fatores que influenciam na taxa de fotossíntese.

Segunda questão: Quais são os recursos (elementos presentes nas representações) mobilizados pelos estudantes para construir e comunicar suas representações?

O termo “representação” foi discutido através de um texto e apresentado para os estudantes de maneira ampla, não se restringindo apenas aos gráficos e tabelas comumente utilizados para representar o movimento, mas também abrangendo maquetes, desenhos e manifestações artísticas. Para representar visualmente o movimento, a partir de papel e lápis, os estudantes tiveram a liberdade de escolher individualmente a forma que julgavam ser mais apropriada, orientados pela condição de que uma boa representação é aquela que consegue comunicar visualmente o mesmo sentido construído através de palavras pelo enunciado. A tarefa de representar o movimento no início da unidade, como discutida e analisada na seção 4.3, foi caracterizada, portanto, pela utilização de desenhos.

Os desenhos criados apresentam elementos diversificados e cada estudante parece mobilizar recursos específicos para dar sentido à representação gráfica que criaram, o que é uma característica da subjetividade típica do ato de desenhar. Esta subjetividade e a dificuldade de codificar um conceito físico através de desenhos foram percebidas pelos estudantes como um aspecto negativo dos desenhos.

A análise dos desenhos elaborados para representar o movimento aponta para a presença de elementos conceituais que norteiam cada tipo construção. Dessa forma, os desenhos possuem elementos que aparentam não ser aleatórios ou apenas estéticos. Ao contrário, para os estudantes, estes elementos possuem alguma relação com a realidade. Exemplos disso são os traços que representam o ar que passa através de um carro em movimento, e os desenhos sucessivos de um veículo em posições cada vez mais próximas para representar a diminuição da distância percorrida a cada intervalo de tempo - como observado em fotografias de múltipla exposição - ou os efeitos visuais relacionados com a inércia, como um motorista sendo projetado em direção ao volante de um carro durante uma freada brusca. Apesar do desenho ser uma ferramenta pouco objetiva para permitir uma interpretação detalhada para um tipo de movimento, estes desenhos conseguiram comunicar a idéia de um objeto em movimento com velocidade constante e a progressiva redução de sua velocidade. Em outros casos, os desenhos se limitavam a apresentar o desenho de um carro em uma estrada, sem criar nenhuma relação com seu estado, impossibilitando a produção de interpretações acerca do comportamento da velocidade.

Em outros desenhos, a representação do movimento é complementada através de números que indicam o módulo da velocidade, presentes em placas de trânsito, velocímetros ou mesmo em números que acompanham a representação.

Portanto, apesar de não terem sido foco de nossa pesquisa, os desenhos podem ser vistos como ferramentas simples e intuitivas adotada pelos estudantes para representar o movimento. E através deles, os estudantes conseguiram criar relações com a realidade, permitindo assim, representar aspectos conceituais importantes que descrevem o comportamento de um objeto em movimento, como a constância ou variação da velocidade. As relações entre desenho e conhecimento conceitual são objeto de estudo e os desenhos são vistos como um instrumento importante para favorecer o desenvolvimento integral do indivíduo (SCHWARZ et al, 2007; GOLDBERG, YUNES e FREITAS, 2005).

A análise das atividades que abordavam a construção de representações para um conjunto de dados numéricos, desenvolvidas nos momentos iniciais da sequência de ensino, indica que alguns estudantes utilizam os gráficos de coluna, baseados em suas vivências anteriores. O mesmo ocorre com o uso de tabelas. Estas duas formas de representações são observadas em sala de aula e em experiências extra-escolares, o que justifica sua escolha e as pequenas falhas associadas ao seu uso, pois os estudantes estão mais acostumados a observá-las do que criá-las. Outras formas de representação também foram observadas, como rearranjos do grupo numérico a partir de uma lógica, como cronologia e ordem de crescimento e tabelas, e construções gráficas alternativas, como linhas que relacionam o eixo vertical e o eixo horizontal de um gráfico XY.

Os primeiros momentos destinados para instrução acerca de como construir gráficos que representam o movimento descrito a partir de uma narrativa, aparentam ser caracterizados por uma espécie de imitação. Os estudantes utilizaram os gráficos apresentados nos enunciados das questões e de textos que compõem a sequência de ensino como referência visual. Os primeiros gráficos da cinemática observados pelos estudantes possuíam, por exemplo, pontos para indicação de cada par ordenado e foram apresentados em um plano quadriculado, como apresentado pelo quadro 16 no gráfico de velocidade versus tempo, interpretado na questão 06 no primeiro encontro. Estes elementos visuais, apesar de não terem sido discutidos, nem questionados, foram registrados em várias produções de diferentes estudantes, como aquelas apresentadas nos estudo de caso da seção 5. Quando questionados sobre o porquê da

utilização dos pontos, os estudantes não conseguiram responder de maneira satisfatória e atribuíram seu uso, principalmente, a uma possível convenção para os gráficos da cinemática. O mesmo procedimento foi observado para os quadriculados e, apesar dos gráficos serem criados em uma folha em branco, a maioria dos estudantes desenhava o quadriculado antes, ou até mesmo depois, de criar um traçado para o gráfico, tornando-o visualmente mais semelhantes aos gráficos observados na sequência.

Em algumas situações tratadas pela sequência de ensino, notamos a influência das experiências vivenciadas anteriormente pelos estudantes e a forma com que eles interpretam as informações presentes em um gráfico. Este fato foi discutido na análise das questões Q4 e Q7 da primeira avaliação na seção 4.2. Na questão Q7, um gráfico de pizza foi utilizado para representar a distribuição dos tipos de veículos que circulam em uma determinada cidade. Uma estudante afirmou que essa distribuição depende da cidade em questão e cogitou rejeitar as informações expressas pelo gráfico no intuito de estabelecer uma relação mais próxima de sua experiência. Na questão Q4, este tipo de procedimento foi observado com uma frequência maior. Na maioria das respostas dessa questão observamos que os estudantes estabeleceram regras particulares acerca da relação faturamento e exportação, para responder às questões propostas. Para muitos estudantes, determinar o ano em que o faturamento foi maior corresponde a identificar o ano em que a exportação apresentou maior valor, ignorando informações implícitas no gráfico, como a variação do preço do produto. Estes procedimentos evidenciam a hipótese de que um erro de interpretação de um gráfico pode estar associado a aspectos particulares das experiências prévias de um sujeito. Ou seja, este fato ilustra como as experiências anteriores podem fazer com que um sujeito estabeleça relações contrárias àquelas propostas em um gráfico.

Terceira questão: Como as representações mudam como resultado de uma sequência de ensino de curta duração sobre inscrições científicas?

Os resultados obtidos através da análise da primeira avaliação, apresentados e discutidos na seção 4, indicam que os estudantes possuíam idéias sobre representações, tanto para o movimento quanto para domínios gerais. Estas idéias apresentavam elementos coerentes com algumas inscrições de uso para a ciência, como arranjo de dados em gráficos de colunas e tabelas e interpretações corretas para um gráfico de linha de velocidade x tempo. Apesar da

presença de elementos coerentes, as competências representacionais observadas no início da sequência não são satisfatórias. Ao contrário, elas acarretam em erros, omissões e desacordos com os aspectos normativos e conceituais que regem a construção, leitura e interpretação de um gráfico. Além disso, notou-se também a presença de recursos mais familiares, como os desenhos para representar o movimento – ou mesmo um conjunto de dados.

A sequência de ensino, mesmo de curta duração, demonstrou contribuir para que os estudantes interagissem com os conceitos e normas para a utilização de um gráfico, fazendo com que gradativamente esse uso se tornasse mais apurado. Ao comparar as 3 avaliações, portanto, percebemos um aumento gradativo na atenção para as normas de utilização gráfica, leituras corretas e melhores interpretações.

Ao longo dos sete encontros vimos a substituição dos desenhos por gráficos de linha como forma preferencial para a representação de movimentos. No início da sequência, constatou-se que o entendimento dos estudantes para a representação do movimento era baseado no uso de desenhos. A partir do terceiro encontro, a sequência de ensino abordou a utilização de gráficos para representar situações aplicadas à cinemática. A participação na sequência possibilitou aos estudantes confrontar o uso de desenhos com o recurso de representar o movimento através de um traçado em um sistema de eixos cartesianos. Nas entrevistas, os próprios estudantes declararam que o uso dos gráficos aparenta ser mais viável que o desenho por ser mais objetivo e sintético. A interação dos estudantes com os gráficos para o movimento - velocidade x tempo e posição x tempo - ocorreu de maneira distinta.

Os estudantes demonstraram possuir uma maior facilidade para o uso de gráficos de velocidade x tempo, e não demonstraram estranhamento. O entendimento acerca de como representar variações para a velocidade de um móvel a partir da exposição qualitativa de um traçado em um gráfico $v \times t$ parece não apresentar dificuldades para um estudante no final do ensino fundamental. Por uma questão de tempo disponível para a intervenção e coleta de dados, não abordamos como representar o sentido do movimento, que costuma ser uma questão difícil de ser entendida, uma vez que os estudantes não estão familiarizados com a distinção entre velocidade positiva e negativa. No entanto, os gráficos de posição x tempo demandaram um tempo maior para que fosse compreendido por parte dos estudantes. Ao final da sequência ainda foi possível observar falhas para a utilização deste tipo de gráfico.

O uso dos gráficos de posição em função do tempo na sequência de ensino evidenciou um importante aspecto da relação entre conceitos e normas para sua utilização gráfica. Percebemos através da primeira avaliação que os estudantes possuíam idéias coerentes com as normas para a utilização de um gráfico de linha – até mesmo aplicado para descrever variações da velocidade. No entanto, a dificuldade em aplicar este tipo de gráfico para representar o movimento através da variação da posição em função do tempo coloca o entendimento conceitual como elemento fundamental para o sucesso desta tarefa. Sendo assim, as competências relacionadas com saber ler, interpretar e comunicar através de gráficos não podem ser generalizada, visto que há grande variações no desempenho dos estudantes, dependendo do tópico abordado e mesmo das relações conceituais envolvidas.

Durante a realização das atividades do segundo encontro, apresentadas na seção 5.2, notamos que a noção de tempo aplicada para a representação gráfica surgiu da necessidade de representar cronologicamente a variação de uma quantidade. Uma das atividades do segundo encontro solicitava aos estudantes que representassem visualmente a quantidade de motos produzidas no Brasil ao longo de quatro anos. A dupla que participou do estudo de caso ficou dividida entre utilizar um gráfico de pizza ou um gráfico de linha. A decisão de utilizar um gráfico de linha é justificada pela propriedade destes gráficos em oferecer recursos para a representação explícita do tempo no eixo horizontal. Como observado no estudo de caso, outros estudantes optaram por gráficos de linha e de barra, pois estes podem considerar o tempo. Este procedimento indica que os estudantes conheciam algumas limitações de cada forma gráfica e sua viabilidade para a aplicação em contextos específicos.

6.3 Implicações educacionais

A análise realizada nesta pesquisa indicou que a aprendizagem sobre gráficos da cinemática é caracterizada pela apresentação simultânea de diversos aspectos inerentes a esse tipo de representação. Para trabalhar com este tipo de gráfico os estudantes devem aprender conceitos como velocidade e posição e devem também aprender normas associadas à forma com que estas grandezas são representadas em um gráfico. Como observado ao longo da sequência de ensino, este aprendizado simultâneo pode dificultar a aprendizagem, e, portanto sua realização através de etapas distintas pode facilitar o processo de ensino e aprendizagem. As etapas que

compõem o processo de compreensão gráfica (SHAH e HOFFNER, 2002) indicam que o primeiro passo para compreender um gráfico é perceber o arranjo visual e, isto sugere que os estudantes deveriam inicialmente se familiarizar exclusivamente com os tipos de traçados de um gráfico de cinemática. Posteriormente, eles deveriam relacionar o traçado com as grandezas tratadas pelo gráfico, para finalmente criar uma conexão entre o movimento e sua respectiva representação.

A conexão estabelecida entre um movimento e sua respectiva representação gráfica demonstrou ser facilitada em circunstâncias em que os estudantes possuem vivências relacionadas com este tipo de movimento – como percebido na representação do movimento do metrô apresentado no estudo de caso, e também no caso de outros estudantes que não tinham familiaridade com o metrô. Portanto, atividades que são iniciadas através de situações práticas que ilustram um tipo de movimento e que posteriormente são representadas em um gráfico podem contribuir para essa aprendizagem. É comum encontrar exemplos em livros didáticos de física de situações que devem ser representadas em um gráfico, mas que não fazem parte do cotidiano do estudante. Por exemplo, o movimento de aeronaves, o movimento de objetos em um plano inclinado e até mesmo automóveis que, apesar de serem comumente observados no dia-a-dia são tratados indiretamente pelos estudantes. Este tipo de processo parece oferecer aos estudantes uma dificuldade extra que consiste em utilizar recursos abstratos para imaginar o movimento que será representado. Imaginação e abstração são fundamentais para a compreensão e desenvolvimento de conceitos na Física, no entanto nas etapas iniciais para a aprendizagem de gráficos estes recursos podem gerar um efeito contrário, dificultando a conexão entre a representação e o movimento.

A análise da primeira avaliação revelou que, apesar de pequenas omissões e erros leves, os estudantes iniciaram a sequência de ensino com condições de interpretar e construir tipos básicos de gráficos aplicados para situações simples, como a representação de um conjunto de dados numéricos. Os próprios estudantes relataram que durante o percurso escolar eles não participaram de instruções exclusivamente direcionadas para a utilização de gráficos, mas tiveram sim contatos indiretos relacionados com o uso de representações visuais em aulas de geografia, matemática, ciências, e também em atividades cotidianas como a leitura de jornais e revistas. Considerando a importância destas formas inscricionais tanto para o contexto educacional quanto para atender a uma exigência da sociedade contemporânea, bem como as dificuldades inerentes ao seu uso, podemos imaginar que ações que visem o

desenvolvimento de competências representacionais nas séries iniciais do ensino fundamental podem contribuir para facilitar a compreensão destas inscrições nas séries posteriores, nas quais os estudantes aprendem simultaneamente aspectos conceituais e normativos. As regras que orientam a utilização de um gráfico de linha, por exemplo, são gerais e são seguidas independentemente do domínio comunicado por meio de gráficos. Sendo assim, os estudantes poderiam aprender mais facilmente os conceitos desenvolvidos pelas ciências no ensino médio que utilizam gráficos.

A sequência de ensino foi desenvolvida em 7 encontros de 100 minutos – e mesmo assim explorou apenas recursos básicos da utilização de gráficos da cinemática-, o que representa para as redes de ensino particular da região de Belo Horizonte 14 aulas. Em média, nestas escolas há 3 aulas de física semanais (50 minutos). Desta forma, se esta sequência de ensino fosse desenvolvida em aulas regulares de física demandaria entre 5 e 7 semanas para sua implementação. Dificilmente estas escolas, bem como escolas da rede pública, destinam todo esse tempo ao estudo de gráficos simples, sem relacioná-los com outros tópicos. Portanto, o curto período de tempo destinado a este tema em sala de aula pode ser um fator determinante para o limitado desenvolvimento de competências representacionais pelos estudantes. O desenvolvimento destas competências aparenta demandar um período de tempo maior do que os livros didáticos e currículos escolares prevêem. Este fato evidencia que os professores que atuam no ensino médio e nas séries finais do ensino fundamental podem não perceber a complexidade inerente à tarefa de desenvolver uma boa compreensão dos diferentes gráficos que descrevem movimentos. Esta pesquisa apresenta resultados que sugerem que a representação e interpretação gráfica de um movimento não são tratadas de forma natural pelos estudantes. Ao contrário, é um aprendizado que requer tempo e dedicação de professores e estudantes.

6.4 Novas questões de pesquisa

Esta pesquisa não explorou em mais detalhes os desenhos criados pelos estudantes, tratando-os apenas como um recurso visual mobilizado nas tentativas de comunicar os entendimentos dos estudantes acerca da representação do movimento. No entanto, pouco se sabe acerca de como as concepções apresentadas nos desenhos influenciam na aprendizagem dos gráficos.

Em outras palavras, é possível estabelecer uma relação entre os elementos presentes no desenho e o desenvolvimento das competências representacionais? Nesta pesquisa, reconhecemos o desenho como um portador de informações importantes sobre o conhecimento que antecede a aprendizagem de gráficos para representar o movimento. Contudo, relações entre desenhos e esboços - como forma rudimentar de representação - e o gráfico podem melhor exploradas.

Os estudantes demonstraram mobilizar recursos coerentes com os aspectos normativos para a utilização gráfica, mesmo antes de participar das instruções da sequência de ensino. Portanto, é possível atribuir questões que adotem como foco a relação entre o conhecimento prévio e a apropriação dos recursos gráficos, analisando o papel das experiências prévias dos estudantes com a aprendizagem. Nesta mesma temática, é possível ainda admitir a necessidade de se investigar como os recursos gráficos são ensinados nas séries iniciais.

Os gráficos de cinemática tratados pela sequência de ensino não exploraram valores negativos de velocidade e de posição. A velocidade negativa em um gráfico de velocidade em função do tempo descreve um movimento cujo sentido é contrário àquele atribuído a partir de um sinal positivo para a velocidade. Se considerarmos um eixo horizontal para indicar a posição de um objeto, a posição negativa retrata uma coordenada de um dos lados da origem. Portanto, esta pesquisa não contemplou aspectos que envolvem estas situações, deixando em aberto as possíveis complicações advindas de incluir o sentido para as grandezas posição e velocidade.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

A.A.A.S. Project 2061: Science for All Americans. *New York: Oxford University Press*, 1989.

ABERG-BENGTSSON, L. "Then you can take half ... almost": Elementary students Learning bar graphs and pie charts in a computer-based context. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 25, n. 25, p. 116-135. 2006.

ABERG-BENGTSSON E OTTOSSON. What lies behind graphicacy. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 43, n. 1, p. 43–62. 2006.

ADI-JAPHA, E; LEVIN, I.; SOLOMON, S. Emergence of representation in drawing: The relation between kinematic and referential aspects. **Cognitive Development**, v. 13, n.1, p. 25-51. 1998.

AGRELLO e GARG. Compreensão de gráficos da cinemática. **Revista brasileira do ensino de Física**, v. 21, n. 1, p. 103-115. 1999.

AINLEY, J. Transparency in graphs and graphing tasks: An iterative design process. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 19, p. 365–384. 2000.

ÁLVARES, B. A.; LUZ, A. M. **Curso de Física**. Vol. 1, 6 ed., São Paulo, Editora Scipione, 2005a.

ÁLVARES, B. A. e LUZ, A. M. **Curso de Física**. Vol. 3. 6 ed., São Paulo, Editora Scipione, 2005b.

AMALDI, U. **Imagens da Física: As idéias e as experiências do pêndulo aos quarks**. Volume único, São Paulo, Editora Scipione, 1997.

ARAÚJO, 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, p. 179–184. 2004.

BASTIDE, F. The iconography of scientific texts: principles of analysis. In: Lynch and Woolgar (eds), **Representation in Scientific Practice**, pp. 187–230. Cambridge, MA: MIT Press, 1990.

BEICHNER, R. Testing student interpretation of kinematics graphs. **American Journal of Physics**, v. 62, n. 8, p. 750-762. 1994.

BORGES, A. T.; RODRIGUES, B. A. O ensino da física do som baseado em investigações. **Ensaio - Pesquisa em educação em ciências**, v. 07, n.2, p. 1-24. 2005.

BOWEN, G.M., ROTH, W.M., e MCGINN, M.K. Interpretations of graphs by university biology students and practicing scientists: Toward a social practice view of scientific representation practices. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 36, n.9, 1020-1043. 1999.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros curriculares nacionais: ciências naturais**, Brasília, SEF/MEC. 1997.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros curriculares nacionais: matemática**, Brasília, SEF/MEC. 1998.

BRASIL, MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. **Parâmetros curriculares nacionais +: Física**, Brasília, SEF/MEC. 2002.

BRUNGARDT, J. B.; ZOLLMAN, D. Influence of interactive videodisc introduction using simultaneous-time analysis on kinematics graphing skills of high school physics students. **Journal of research in science teaching**, v. 32, n. 8, p. 855-869. 1995.

COSTA, A. M.; BORGES, A. T. A história de um movimento. In.: **Anais eletrônicos do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis – SC. 2007. Disponível em: < <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p106.pdf>>

DANISH, J. A.; ENYEDY, N. Negotiated Representational Mediators: How Young Children Decide What to Include in Their Science Representations. **Science Education**, v.91, n.1, p. 1-35. 2007.

DIEZMANN, C. M. Making sense with diagrams: Students' difficulties with feature-similar problems. In: **Proceedings of the 23rd Annual Conference of Mathematics Education Research Group of Australasia**, Fremantle. 2000. p. 228-234. Disponível em: <<http://eprints.qut.edu.au/1501/1/1501.pdf>>

diSESSA, A.A.; SHERIN, B. L. Meta-representation: an introduction. **Journal of Mathematical Behavior**, v. 19, p. 385–398. 2000.

DOVE, J. E.; EVERETT, L. A.; PREECE, P. F. W. Exploring a hydrological concept through children's drawings. **International Journal of Science Education**, v. 21, n. 5, p. 485-497. 1999.

FRIEL, S. N.; CURCIO, F. R.; BRIGHT, G. W. Making sense of graphs: critical factors influencing comprehension and instructional implication. **Journal for research in Mathematics Education**, v. 32, n.2, p. 124-158. 2001.

INAF. Site oficial do Instituto Paulo Montenegro. 2006. Disponível em: <http://www.ipm.org.br/ipmb_pagina.php?mpg=4.02.01.00.00&ver=por>

GASPAR, Alberto. **Física: Série Brasil**, 1ª Edição, São Paulo. Editora Ática, 2004.

GILBERT, J. K. **Visualization in science education**. Chapter 1: Visualization: an emergent field of practice and Enquiry in science education. Dordrecht, Springer. P. 5-24. 2005.

GOLDBERG, L. G.; YUNES, M. A. M.; FREITAS, J. V. O desenho infantil na ótica da ecologia do desenvolvimento humano. **Psicologia em Estudo**, v. 10, n. 1, p. 97-106. 2005.

GOMES, A. D. T.; SILVA, M. V. D.; BORGES, A. T.; BORGES, O. N. Formação e desenvolvimento das habilidades relativas ao processo de investigação científica mediado por sensores.. In: **Anais do II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 1999, Valinhos, SP. 1999.

HAN, J. ROTH, Wolff-Michael. Chemical Inscriptions in Korean Textbooks: Semiotics of Macro and Microworld. **Science Education**, v. 90, n. 2 p. 173-201. 2006.

KNORR-CETINA, K. **The ethnographic study of scientific work: Towards a constructivist interpretation of science**. In: K. Knorr-Cetina & M. Mulkay (Eds.), *Science observed: Perspectives on the social study of science* (pp. 115-140); London: Sage. 1983.

KOZMA, R. **The use of multiple representations and the social construction of understanding in chemistry**. In: M. Jacobson & R. Kozma (Eds.), *Innovations in science and mathematics education: Advanced designs for technologies of learning* (pp. 11-45). Mahwah, NJ: Erlbaum, 2000.

KOZMA, R.B.; RUSSEL, J. Multimedia and understanding: Expert and novice responses to different representations of chemical phenomena. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 34, p. 949-968. 1997.

KRAJCIK, J. S. Developing students' understanding of chemical concept. In S. M. Glynn; R. H. Yeany; B. K. Britton (Eds.), **The Psychology of Learning Science**. (p. 117-145). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum. 1991.

KRASILCHICK, Myriam. **Prática de Ensino de Biologia**. 4ª Ed. rev e ampl., 2ª reimpr. - São Paulo: Editora Universidade de São Paulo. 2008.

LATOUR, B. Pandora's hope: Essays on the reality of science studies. Cambridge, MA: Cambridge University Press. **National research council**, National Science Education Standards, Washington, DC: National Academy Press. 1996

LEINHARDT, G., ZASLAVSKY, O.; STEIN, M. K. Functions, graphs, and graphing: Tasks, learning, and teaching. **Review of Education research**, v. 60, n.1, 1–64. 1990.

LEMKE, J. L. Social semiotics and science education. **The American Journal of Semiotics**, v.5, n.2, p. 217-232. 1987.

LEMKE, J. L. **Multiplying Meaning: Visual and Verbal Semiotics in Scientific Text**. In J. R. Martin & R. Veel (Eds.) Reading science (pp. 87–113). London: Routledge. 1998

LEMOS, M. P. F. O estudo do tratamento da informação nos livros didáticos das séries iniciais do ensino fundamental. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 2, p. 171-184. 2006.

LEWANDOWSKY, S.; SPENCE, I. The perception of statistical graphs. **Sociological Methods and Research**, v.18, 200–242. 1989.

LYNCH, M; WOOLGAR, S. (Eds.) **Representation in scientific practice**. Cambridge, MA: MIT Press. 1990.

McDERMOTT, L. Research on conceptual understanding in mechanics. **Physics Today**, v. 37, pp.24-32. 1984.

McDERMOTT, L.; ROSENQUIST, M.; Van Zee, E. Students difficulties in connecting graphs and physics: Example from kinematics. **American Journal of Physics**, v. 55, n. 6, 503-513. 1987.

MOSKAL, B. M. Scoring rubrics: what, when and how? **Practical Assessment, Research & Evaluation**. v.7, n.3. 2000. Disponível em: <<http://PAREonline.net/getvn.asp?v=7&n=3>>

NASS, Daniel Perdigão. **Gráficos como representações visuais relevantes no processo ensino-aprendizagem: uma análise de livros didáticos de Química do Ensino Médio**. Instituto de Química de São Carlos - Universidade de São Paulo. 2008. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/75/75132/tde-11092008-151037/publico/DanielPerdigaoNassR.pdf>.

NASS, P. D.; IPÓLITO, M. Z. Representações visuais em livros didáticos de física para o ensino médio: analisando gráficos cartesianos de cinemática. In: **Anais eletrônicos do XVIII Simpósio nacional de ensino de Física**, Vitória-ES. 2009. Disponível em: <<http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xviii/sys/resumos/T0003-1.pdf>>.

NSES. **Inquiry and the National Science Education Standards: a guide for teaching and learning**. 2000. Disponível em: <<http://www.nap.edu>>

NSF. Foundations: **A monograph for professionals in science, mathematics, and technology education**. 2005. Disponível em: www.nsf.gov

PISA. **Programa Internacional de Avaliação de Alunos**. 2003. Disponível em: <www.pisa.oecd.org>.

PREECE, J. Graphs are not Straightforward, em T.R.G. Green, S.J. Payne e G.C. van der Veer (Eds.) **The Psychology of Computer Use**, Academic Press, Londres, pp.41-56. 1983.

RAMALHO JUNIOR, F. ; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. **Os fundamentos da Física**, 9ª edição, São Paulo, editora moderna. 2009.

RENNIE, L. J.; JARVIS, T. Children' s choice of drawings to communicate their ideas about technology. **Research in Science Education**, v. 25, n. 3, p. 239-252. 1995.

ROTH, Wolff-Michael; BOWEN, G. M. Of cannibals, missionaries, and converts: graphing competencies from grade 8 to professional Science inside (classrooms) and outside (field/Laboratory). **Science Technology Human Values**, v. 24, n.2; 24; 179. 1999.

ROTH, W.-M. Toward an anthropology of graphing: Semiotic and activity theoretic perspectives. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer. 2003.

SCHWARZ, M. L.; SEVEGNANI, L.; ANDRE, P. Representações da mata atlântica e de sua biodiversidade por meio dos desenhos infantis. **Ciência e Educação**, v.13, n.3, p. 369-388. 2007.

SHERIN, B. L. How students invent representations of motion: A genetic account. **Journal of Mathematical Behavior**. v. 19, 399–44. 2000.

SHAH, P., HOFFNER, J. Review of Graph Comprehension Research: Implications for Instruction. **Educational Psychology Review**, v. 14, n. 1, 47-68. 2002.

SOBRINHO, M. M. S.; BORGES, A. T. A interpretação de gráficos dinâmicos no ensino e aprendizagem de biologia. In.: **Anais eletrônicos do VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis – SC. 2007. Disponível em: <<http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p389.pdf>>

TAIRAB, H. H.; AL-NAQBI, A. K. K. Interpreting and constructing graphs. **Journal of Biological education**, v.38, n.3, p.127-132, 2004

TUFTE, E. R. **The visual display of quantitative information**. Cheshire, Connecticut: graphics Press. 1983.

WAINER, H. A test of graphicacy in children, **Applied Psychological Measurement**, v. 4, n.3, p. 331–340, 1980.

WU, Hsin-Kai, 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, p. 63-95. 2006.

YOON, Jin; ROTH, Wolff-Michael. The situated nature of graphing practices in science. *Connections'05* (pp. 167-191) W.-M. Roth (Ed.) 2005.