

CONSTRUÇÃO DE GRÁFICOS EM ATIVIDADE DE INVESTIGAÇÃO: MICROANÁLISE DE AULAS DE FÍSICA

GRAPHS CONSTRUCTION IN INVESTIGATION ACTIVITIES: MICROANALYSIS OF PHYSICS LESSONS

Josimeire Julio¹, Arnaldo Vaz², A. Tarciso Borges³

¹UFMG/Colégio Técnico e Programa de Pós-Graduação em Educação/Escola, e-mail

²UFMG /Colégio Técnico e Programa de Pós-Graduação em Educação /Escola, e-mail

³UFMG/Colégio Técnico e Programa de Pós-Graduação em Educação /Escola, e-mail

Resumo

Investigou-se o potencial de aprendizagem de alunos da primeira série do Ensino Médio no uso e construção de gráficos para representação de fenômenos observados em atividades abertas de laboratório. O estudo tem dois objetivos: caracterizar as dificuldades dos alunos na utilização dos conceitos envolvidos na construção de gráficos; avaliar o potencial de aprendizagem de novos conceitos envolvidos no uso de gráficos para a representação destes fenômenos. A coleta de dados ocorreu em 2007 e 2008, no ambiente real de sala de aula de física, em três turmas de uma escola pública federal que realizaram uma atividade de investigação. Foram analisadas gravações das aulas – em áudio e em vídeo –, registros sistemáticos de cadernos de campo e gráficos construídos – em grupo e individualmente – pelos alunos. A análise focou dúvidas, conhecimentos prévios e potencial de aprendizagem dos alunos sobre os conceitos envolvidos na construção dos gráficos enquanto buscavam representar o fenômeno observado. Os dados das três turmas foram confrontados para identificar os pontos de convergência com relação às principais dificuldades enfrentadas e a capacidade de sofisticação do entendimento dos conceitos da construção de gráficos pelos alunos. Os resultados revelam que, ao serem desafiados a construir gráficos para descrever um fenômeno sobre o qual realizavam uma investigação, os alunos demonstraram entendimento dos conceitos básicos da construção de gráficos. Entretanto, estes conceitos básicos não eram suficientes para construir uma representação adequada do fenômeno observado. Frente ao desafio, os alunos foram capazes de pensar criticamente – reconhecer e interpretar os próprios erros – e sofisticar seu entendimento sobre os conceitos da construção de gráficos. As conclusões e implicações do estudo apontam para o potencial das atividades investigativas e de natureza aberta no desenvolvimento de práticas inscricionais dos estudantes.

Palavras-chave: Gráficos, construção de gráficos, atividade investigativa, ensino de Física.

Abstract

We investigated the potential learning opportunities of secondary students in the use and construction graphs for phenomena representation in an open investigation. The study has two objectives: to characterise the difficulties of students in using of concepts of graphing; to evaluate the potential of learning of graphing to

describe this phenomena. Data were collected in 2007 and 2008 year 9 physics classes during the study of an introductory teaching unity concerning what is science about. We relied on non-participating field-observations plus audio and video recording of 2007 classes and collection of students' production in 2008 in small groups and individually. The analysis focused students' doubts, prior knowledge and potential learning on the concepts about constructing graphs while they were trying to represent the observed phenomenon. The data of three groups were confronted to identify the points of convergence regarding the principal faced difficulties and the capacity of sophistication of the understanding of the concepts of the construction of graphs for the students. The results show that, when challenged constructing graphs to describe a phenomenon on which they were carrying out an investigation, the students demonstrate understanding of the basic concepts of the construction of graphs. Meantime, these basic concepts were not sufficient to build an appropriate representation of the observed phenomenon. In front of the challenge, the pupils were able to recognize critically and to interpret the mistakes themselves and to sophisticate his understanding on the concepts of the construction of graphs. Closing the paper we discuss the potential of investigative activities in contributing to developing inscriptional practices of secondary students.

Keywords: Graphs, graphing, investigative activity, science teaching

Apresentação

Os gráficos são ferramentas fundamentais para a descrição precisa e quantitativa de inúmeros fenômenos naturais. A linguagem dos gráficos cartesianos é sofisticada e tem vantagens sobre a linguagem algébrica – sendo às vezes, inclusive, vista com simpatia por alunos e professores por causa disso. Contudo, sua aparente simplicidade oculta um sem número de convenções e simplificações, nem sempre explícitas, e um grande potencial para inferências ou teorizações. A literatura apresenta relatos de pesquisa sobre este tema, entretanto ele ainda é pouco explorado na área de ensino de ciências, privilegiando mais a interpretação que a construção de gráficos (ABERG-BENGTSSON; OTTOSSON, 2006; AGRELLO; GARG; 1999; ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004; MCDERMOTT et al, 1987; ROTH; HAN, 2006; LEINHARDT et al, 1990; WU; KRAJCIK, 2006).

Leinhardt et al (1990) consideram as atividades de construção de gráficos qualitativamente diferentes das atividades de leitura e interpretação, pois construir demanda criar algo novo. Por exemplo, exige a seleção de escalas, escolha de eixos, identificação da unidade e inserção de pontos. Enquanto interpretar não requer construção, construir implica em algum tipo de interpretação. Para os autores a forma e o contexto em que os problemas são apresentados interferem diretamente na compreensão dos alunos sobre o fenômeno estudado. Estudos recentes concluem que as tarefas e o ambiente de aprendizagem são fatores determinantes na aquisição de habilidades de leitura e construção de gráficos, especialmente em atividades de investigação (WU & KRAJCIK, 2006a; 2006b).

O interesse de pesquisadores da área de ensino de física pelo entendimento dos alunos sobre os conceitos de construção de gráficos para representar uma realidade física é desejável, mas é tratado em poucos estudos (AGRELLO; GARG; 1999; ARAUJO; VEIT; MOREIRA, 2004; COSTA; BORGES, 2007; MCDERMOTT et al, 1987). Estas pesquisas ora se detêm nos resultados (gráficos prontos), ora se

desenvolvem através de testes e modelagem computacional. Neste estudo analisamos o entendimento dos alunos sobre os conceitos de construção de gráficos para representar um fenômeno em situações reais de sala de aula. Desse modo, trabalhamos com um conjunto rico e complexo de dados, que inclui expressão de dúvidas; debates acerca de regras, resultados e interpretações; gestos; desenhos; expressões corporais; e manifestações coletivas de tudo isso, como é comum numa sala de aula real. Para contornar as dificuldades de observação dos alunos nessas situações e a escassez de referenciais que tratem do assunto em profundidade, desenvolvemos estratégias metodológicas adequadas.

Investigamos o potencial de aprendizagem de alunos da primeira série do Ensino Médio no uso e construção de gráficos para representação de fenômenos observados em atividades abertas de laboratório. O estudo tem dois objetivos: caracterizar as dificuldades dos alunos na utilização dos conceitos envolvidos na construção de gráficos; avaliar o potencial de aprendizagem de novos conceitos envolvidos no uso de gráficos para a representação destes fenômenos. Desse modo, procuramos identificar o potencial de raciocínio e de operação que os alunos revelaram ao se defrontarem com suas dificuldades.

Metodologia

Investigamos por dois anos consecutivos a realização em sala-de-aula de uma atividade investigativa introdutória do curso de física do ensino médio em uma escola pública federal. Cuidados éticos para a proteção dos estudantes foram aprovados em Comitê de Ética e Pesquisa vinculado ao sistema da Comissão Nacional de Ética em Pesquisa. Alunos, alunas e seus responsáveis autorizaram a participação voluntária no estudo por meio de assinatura de termo de consentimento livre e esclarecido. Os nomes citados são fictícios, não se assemelham aos nomes de qualquer participante.

A coleta de dados ocorreu em 2007 e 2008, ao longo de seis aulas de física de 50 minutos cada, sem a manipulação do ambiente por parte dos pesquisadores. Em 2007, a atividade foi gravada (em áudio e vídeo) e acompanhada em duas turmas através de observação não participante com registros sistemáticos em caderno de campo, gráficos elaborados por alguns grupos de alunos foram coletados. Em 2008, as aulas foram acompanhadas apenas através de observação não participante com registro sistemático em caderno de campo e foram fotografados oitenta e dois gráficos elaborados pelos alunos. Um dos autores deste trabalho é o professor das três turmas, portanto, a dinâmica das aulas foi semelhante; por exemplo, nas três turmas, os alunos tiveram oportunidade de expressar suas principais dúvidas e conhecimentos prévios sobre a utilização de conceitos envolvidos na construção de gráficos.

Duas categorias de análise orientaram nossa investigação: as dificuldades dos alunos na utilização dos conceitos envolvidos na construção de gráficos; a assimilação de novos conceitos envolvidos na representação do fenômeno. A análise foi realizada em quatro etapas. Na primeira, fez-se uma descrição analítica das aulas de 2007 com base nas anotações em caderno de campo e na análise dos vídeos. Esta etapa nos permitiu destacar conhecimentos prévios, as dificuldades explicitadas e o potencial compreensão de conceitos mais sofisticados sobre a construção de gráficos pelos alunos em plenária. Na segunda etapa, fez-se uma descrição analítica das aulas de 2008 a partir dos registros em caderno de campo.

Na terceira etapa, contrastamos as descrições das turmas de 2007 e de 2008 em busca de pontos comuns, tanto nas dificuldades explicitadas pelos alunos, quanto nas potencialidades demonstradas por eles. Na quarta etapa, fez-se uma análise dos gráficos dos alunos tendo em vista a coincidência de conflitos e avanços dos alunos na descrição, representação e compreensão do fenômeno investigado.

A unidade de ensino

A base para coleta de dados é uma unidade de ensino que introduz o curso de Física nas turmas da primeira série do Ensino Médio em uma escola pública federal. Esta unidade de ensino, denominada “Atividade das estrelas variáveis”, foi elaborada pelo Professor Norberto Cardoso Ferreira, da Universidade de São Paulo (Cf. Ferreira, 1978 e 1985) e tem como objetivo apresentar a natureza do trabalho científico. Um envelope contendo cópias de 18 slides é entregue a grupos de três ou quatro alunos, em cada slide há uma legenda que registra a região do céu fotografada – a mesma em todos os slides – e a data da fotografia. Estas lâminas foram preparadas considerando a tendência dos alunos de “enxergar” o movimento da Terra ou das estrelas, mesmo quando não há evidências disso.

Nas duas primeiras aulas os grupos recebem três tarefas. A primeira delas é identificar no conjunto de slides distribuídos, previamente embaralhados, algum fenômeno que valha a pena ser estudado. Os alunos geralmente os colocam em ordem cronológica, notam um movimento dos astros e elegem este o fenômeno a estudar. O confronto de evidências pelo professor revela que este movimento é apenas aparente e deve ser descartado. Após algum tempo, eles percebem que algumas estrelas mudam de tamanho de uma lâmina para outra. As duas tarefas seguintes são identificar e localizar num plano cartesiano outras estrelas que variam de tamanho – a mudança de tamanho representa a variação do brilho das estrelas.

Nas aulas seguintes o desafio é descrever, de maneira cada vez mais precisa, como a luminosidade de cada estrela aumenta ou diminui. Novas tarefas são executadas passo-a-passo. Os grupos recebem uma escala¹ para medir a mudança de tamanho – variação de brilho – de cada estrela ao longo das 18 semanas. Os dados relativos a cada estrela são registrados em uma tabela. Em seguida os grupos chegam à elaboração de gráficos.

Os gráficos servem a dois propósitos. O primeiro é a discussão das dificuldades enfrentadas pelos alunos na descrição e representação do fenômeno nos eixos cartesianos. O segundo é o debate de hipóteses explicativas para os diferentes padrões de alteração no brilho das estrelas ali representadas.

Descrição dos resultados

A estratégia de análise dos dados obtidos em 2007 e em 2008 requer que os resultados encontrados sejam destacados e apresentados de maneiras distintas, mas complementares. Nas turmas de 2007, A e B, os alunos construíram gráficos

¹ **Atenção:** a escala de magnitudes é invertida, tem sentido negativo, quanto menor o valor numérico maior o tamanho, brilho, da estrela. A graduação desta escala começa no valor 5, estrela menos visível, indo para o valor 3, estrela mais brilhante. Esta informação é fundamental para que se entendam os desafios que trouxeram dificuldades adicionais enfrentados pelos alunos na construção dos gráficos, tema central neste trabalho.

em papel milimetrado e os afixaram em um painel na frente da sala de modo que todos pudessem examiná-los. O professor promoveu um debate com toda a turma a partir da contraposição desses gráficos. Na turma C, de 2008, os grupos construíram os gráficos em formato de pôster, o professor fotografou todos os gráficos com uma câmera digital e os projetou na frente da sala de aula para fomentar a discussão. Ao todo foram 50 gráficos, cada um dos 10 grupos construiu um gráfico para cada uma das cinco estrelas. Desse modo, guardadas as pequenas diferenças que marcam a condução da discussão sobre os gráficos, as questões levantadas pelos alunos são muito semelhantes.

Esta seção está organizada em três subseções que descrevem trechos das aulas de 2007 e transcrições da participação dos alunos das turmas A e B em discussões com toda a turma. Em cada uma destas subseções caracterizamos as dificuldades encontradas pelos alunos na utilização dos conceitos envolvidos na construção de gráficos e discutimos as aprendizagens potenciais no uso de novos conceitos. A seção seguinte discute estes resultados confrontando as situações vivenciadas pelas turmas A e B com gráficos construídos pelos grupos na turma C.

O uso dos gráficos na representação do fenômeno

A primeira tarefa que os grupos receberam assim que expuseram os gráficos foi compara-los e, a partir daí, escrever três regras importantes sobre a construção de gráficos e todas as dúvidas que surgissem de sua análise. O professor determinou que as dúvidas fossem sobre gráficos, o que poderia ou não ser feito e o que seria obrigatório ou não, as dúvidas sobre o fenômeno foram tratadas na segunda parte da aula. Nos grupos, os alunos escreveram as regras, debateram suas dúvidas, foram à frente da sala examinar os gráficos, enquanto isso o professor circulava entre eles. Os grupos discutiram intensamente por cerca de seis minutos, em seguida o professor convocou uma plenária com toda a turma e perguntou: qual é o objetivo? Para que tanto trabalho, tanto esforço? Para que servem os gráficos?

Tabela 1 - Discussão nas turmas A e B sobre o papel do gráfico na investigação do fenômeno

<i>Cesar: olhar a variação do brilho das estrelas</i>	<i>Aluno: Comparar as estrelas</i>
<i>Prof. Olhar apenas?</i>	<i>Prof.: E para que estamos comparando? Comparar o quê?</i>
<i>Matilde: Analisar</i>	Professor diz que parte da aula será sobre os gráficos e parte sobre o jogo em que são cientistas.
<i>Prof Analisar para quê?</i>	<i>Prof. Para quê o gráfico? Para quê o trabalho?</i>
<i>Aluno: para chegar a uma conclusão.</i>	<i>Michael: Mostrar os dados?</i>
Vários alunos falam ao mesmo tempo e o professor organiza a discussão, apenas uma pessoa deve falar de cada vez	<i>Prof. Mostrar os dados para que</i>
<i>Émilie: compreender melhor.</i>	<i>Ernesto: fazer uma apresentação dos gráficos</i>
<i>Prof.: Compreender como? Compreender como é uma idéia que atrapalha?</i>	<i>Rafael: para mostrar a variação.</i>
<i>Émilie: compreender como acontece a mudança das estrelas</i>	<i>Vários alunos juntos: mostrar a variação do brilho</i>
<i>Prof.: É isso mesmo?</i>	<i>Prof. Para que estamos vendo como elas mudam de tamanho mesmo?</i>
<i>Berta: Compreender por quê.</i>	<i>Rafael: para descobrir por que elas estão mudando de tamanho.</i>

Logo no início da aula nas turmas A e B os alunos declararam a curiosidade pelo fenômeno investigado e atribuíram importância ao gráfico como ferramenta de

descrição, análise e compreensão deste fenômeno. O debate nas turmas A e B revelou que os alunos já haviam assimilado o conceito de função nos gráficos em aulas de matemática e o transpuseram para o contexto da investigação com o auxílio do professor. As três turmas, atribuíram ao gráfico um papel importante na investigação do fenômeno das “estrelas variáveis”. Embora estivessem ansiosos por desvendar o que havia por trás da variação de brilho das estrelas, a intervenção do professor os fez retomar o processo de construção dos gráficos, discutindo regras que já conheciam assim como suas dúvidas.

O traçado da curva

Na turma A

Berta anunciou a dúvida que a inquietava desde que entrou na sala de aula.

Berta: eu achava que para fazer o gráfico o encontro do eixo x com y começava do zero. Ah..., só que nessa escala do tamanho das estrelas começava do três, só que se eu comesse do três ia ficar muito confuso e a folha começava do um e não do zero, aí eu não sei se fiz certo. Porque eu comecei do zero, mas não tinha zero.

O professor esboçou um gráfico na lousa e mostrou que quando não há informações em uma grande região abaixo da curva, é permitido “cortar” os eixos e indicar o deslocamento da origem. Carmen expressou a preocupação de que isso comprometesse a relação de “proporcionalidade” entre as grandezas. Ele deu razão à aluna, comentando que várias pessoas “cortaram” o eixo, mas que havia regras para serem obedecidas. Deixou claro que o “corte” só poderia ser feito se não houvesse nenhum dado em uma certa faixa, os erros deste tipo foram apontados nos gráficos expostos no mural, enquanto os alunos mantinham-se atentos. James, Alessandro e Gabriel voltaram a esta questão em outro momento da aula, quando buscavam entender melhor como realizar o “corte” dos eixos. Eles perceberam e o professor reafirmou que o “corte” possibilitaria a ampliação da escala e uma melhor visualização do fenômeno, desde que não comprometesse ou excluísse dados importantes.

Na turma B

A primeira dúvida que surgiu foi a de Ernesto:

Ernesto: Estaria correto ligar os pontos do gráfico?

O professor elogiou a questão e discutiu o significado de ligar os pontos do gráfico. Nos grupos, os alunos faziam pequenos comentários e sussurravam respostas, enquanto se mantinham atentos ao professor. Ele apontava os gráficos no mural, dizia que no intervalo entre os pontos seria preciso fazer uma interpolação, evidenciando que “ligar os pontos é colocar pontos entre pontos”. Michael esclareceu uma dúvida, pautando-se pelo fenômeno.

Michael (apontando para o mural): Professor, então, por exemplo, digamos que – da primeira semana para a segunda semana – na primeira ela está pequena e na segunda já está bem maior. Se a gente ligar, a gente estaria, meio que... esperando que a estrela tivesse esse aumento (referindo-se à tendência representada no gráfico).

Prof.: Isso mesmo!

Michael: mas não pode ocorrer, por exemplo de a estrela aumentar e diminuir várias vezes nesse intervalo, e aí seria errado ligar?

Pro.: Exatamente!

O professor recorreu à observação de Michael e a alguns gráficos do mural para destacar os erros, expor aos alunos a melhor maneira de identificar a tendência da curva e exemplificar como isto poderia interferir na leitura do gráfico.

Potencialidades e dificuldades

Berta e Ernesto fizeram referência ao traçado da curva de maneiras diferentes. Berta, a exemplo de outros colegas, percebeu que trazia consigo uma concepção que comprometia a comunicação dos dados. Ao traçar os pontos do gráfico procurava indicar a origem dos eixos cartesianos, mas sabia que a escala de magnitudes era invertida e iniciava-se no valor 3. A intervenção do professor os orientou no sentido de realizar um “corte” no eixo do gráfico mantendo a indicação da origem.

Ernesto tocou em uma questão que levou os alunos a cometerem erros na construção de gráficos. Eles ligaram os pontos com segmentos de reta, como se os valores medidos fossem discretos e desprezaram a tendência da curva. Nos gráficos das estrelas variáveis os alunos perceberam que os pontos apresentavam uma tendência mas não se alinhavam perfeitamente, daí seu incômodo. Eles recorreram ao professor para melhorar a representação do fenômeno e entender o significado de normas que permitiam uma melhor visualização do fenômeno. A participação de Michael colocou em evidência o potencial de compreensão e reflexão que alunos de ensino médio podem adquirir ao se depararem com situações que instigam sua curiosidade.

A representação da escala inversa nos eixos cartesianos

Na turma A

Matilde contou que em seu gráfico a escala ia de 5 a 3 - a magnitude 3 é maior que a magnitude 5 - e gostaria de saber se estava correto como fez, invertendo a ordem dos números no eixo. O professor pediu que dissessem como aquela informação poderia ser lida no gráfico esboçado na lousa. Os alunos reconheceram que havia uma função crescente representada ali. Ele mostrou que em alguns gráficos a mudança de tamanho das estrelas não estava bem representada, pois ao invés de indicar crescimento, indicava redução do tamanho, isto é, havia um erro na representação da ordem crescente da magnitude. Os alunos perceberam e se mostraram incomodados com o equívoco. O professor ensinou como comunicar essa informação corretamente no eixo, explicou que a escala de magnitude era invertida e deveria ser colocada nos eixos com sinal negativo.

César imediatamente reclamou que no instrumento de medida da magnitude não havia indicação de que devessem trata-la com sinal negativo. Matilde percebeu seu erro e sugeriu corrigi-lo com uma seta que indicasse o sentido crescente do eixo. O professor reforçou a incongruência na representação. José entrou no debate para certificar-se de que a leitura do gráfico ficaria comprometida se o sinal negativo da magnitude não fosse levado em consideração em sua representação.

Na turma B

Alberto referiu-se à escala de magnitude das estrelas, apontou para um gráfico e buscou uma solução para seu problema.

Alberto: tem essa grandeza aqui do tamanho das estrelas nesse eixo “y” aí, se esse número quanto maior for o número menor o tamanho da estrela, não deveria ser “distribuído” decrescente, de baixo para cima?

O professor apontou para os gráficos, mostrou que deveriam encontrar uma maneira de representar corretamente a ordem dos números e a variação de magnitude. Vários outros alunos se inquietaram com a questão. Michael questionou se seria indiferente seguir a ordem dos números ou a da magnitude. Willis pediu a vez e entrou na discussão.

Willis (referiu-se a um gráfico com a curva invertida para baixo): o gráfico tem como objetivo, facilitar a visualização de dados. Aí é o seguinte, quando coloca desse jeito crescente, normal, de baixo para cima (desenhando a tendência da curva no ar com o dedo), aí quando você vai fazer a linha, se a estrela está aumentando de tamanho, parece que ela está diminuindo por causa da escala.

O professor evidenciou os problemas acarretados na leitura do gráfico caso houvesse uma inversão da ordem dos números nos eixos e mostrou que a magnitude deveria ser representada com sinal negativo. Os eixos foram traçados na lousa com identificação da origem (0,0), evidenciando o quarto quadrante para que os alunos percebessem que a magnitude tinha sentido negativo.

Walter: professor, o tamanho da estrela não pode ser dado como negativo não.

O professor disse que compreenderiam aquilo mais adiante.

Michael: professor ali, eu interpretei dessa forma, por mais que a escala seja inversa ou não, vai estar representando exatamente a mesma coisa. Então seria questão de o observador prestar atenção na escala.

O professor mostrou como isto interferia na leitura do gráfico tomando como exemplo a estrela A, solicitou que os alunos verificassem como a estrela aumentou e como diminuiu. Em seguida, comparou a leitura nos dois gráficos evidenciando a inconveniência da inversão da ordem dos números no eixo, concluiu enfatizando pausadamente a frase:

Prof.: O gráfico serve para comunicar...

Michael (aponta para o mural): Professor, mas ali, você falou que aquele gráfico ali está mais correto porque está mais “comunicável”.

Professor interrompe e corrige: ele não está correto, ele comunica melhor, é um gráfico melhor.

Michael acena com a cabeça, entendeu o que o professor quer dizer e continua: a escala dele está com o cinco no lugar do zero e vai diminuindo (faz sinal com a mão indicando que a ordem dos números diminui para cima no eixo vertical).

O professor comparou os gráficos no mural, sugeriu que poderia haver regiões sem informação sobre os dados e demonstrou como traçar apenas um pedaço do gráfico desprezando a região em que não havia medidas. Evidenciou que daquela forma era possível ampliar a região onde houvesse dados tomando o cuidado de manter a indicação da origem “cortando” os eixos corretamente. Lise e Benjamin certificaram-se de que entenderam o significado do sinal negativo no eixo de magnitude. O professor reforçou a idéia com exemplos de outros contextos traduzindo o significado do sinal negativo e a necessidade de sua interpretação.

Potencialidades e dificuldades

O trabalho intenso de descobrir o fenômeno, observá-lo cuidadosamente e descrevê-lo passo-a-passo nas etapas anteriores da investigação deu aos alunos condições para que identificassem prontamente os erros na construção dos gráficos.

Logo que chegaram em sala manifestaram um grande incômodo pelo fato de encontrarem dificuldades em representar o fenômeno nos gráficos utilizando os conceitos básicos que conheciam.

As decisões que tomaram implicaram em diferentes problemas que prontamente identificaram e se propuseram a resolver. A representação da magnitude no eixo da ordenada causou um estranhamento quanto a ordem inversa dos números. Por outro lado, permitiu uma visualização do fenômeno mais coerente com o que haviam observado. Eles tinham consciência de que a maneira como os valores da magnitude foram representados era inadequada, entretanto precisavam encontrar sentido na maneira de expressá-la no gráfico. Diante da solução de adotá-la com sinal negativo reagiram de maneira crítica, pois não tomaram de imediato o sinal como algo que apenas indicava a inversão da escala.

Os pontos de convergência nos gráficos apresentados pela turma C

Como vimos nas subseções acima os alunos recorreram a conceitos básicos da construção de gráficos para descrever o fenômeno, mas perceberam erros que afetavam a representação adequada da variação de tamanho das estrelas. O problema mais grave que identificaram foi que as medidas haviam sido realizadas em uma escala invertida. Contudo, as decisões tomadas para representar estas medidas nos eixos cartesianos comprometiam tanto a leitura dos gráficos quanto a representação adequada do fenômeno. Aqui, os resultados da análise da discussão conduzida nas turmas A e B foram complementados com gráficos produzidos na turma C em dinâmica semelhante. Desse modo, investigamos as dificuldades e aprendizagens potenciais de 90 alunos na construção de gráficos nesta atividade.

Nas figuras 1 e 2 exemplificamos como dois grupos da turma C traçaram o gráfico da estrela A. As soluções encontradas pelos grupos foram muito parecidas, optaram por apresentar apenas os pontos que se encontram dentro do intervalo das medidas realizadas e registradas na tabela. Assim, ampliaram a área do gráfico em que havia informações úteis sobre o fenômeno, contudo os valores estavam em ordem decrescente no sentido crescente do eixo das ordenadas, pois foram ordenados de acordo com escala das magnitudes. Estas contradições evidentes afetaram a leitura do gráfico e a representação clara do fenômeno observado.



Figura 1- Gráfico 1 turma C

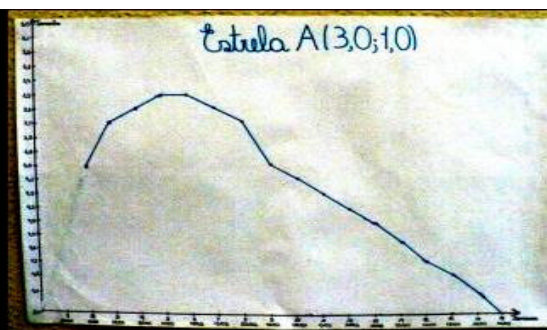


Figura 2 - Gráfico 2 turma C

Os gráficos das figuras 3 e 4 representam a magnitude no eixo da abscissa de modo semelhante ao dos gráficos 1 e 2, mas a distribuição dos valores ao longo do eixo resultou em uma visualização diferente dos dados. Este ponto foi contraposto na análise dos alunos e destacado pelo professor como fator que importante para a qualidade da comunicação e interpretação dos dados. Ele orientou

os alunos a indicar nos eixos apenas os valores principais da escala, o grupo que traçou o gráfico 1 na turma C foi solicitado a refazer as medidas dos pontos que se apresentaram fora da tendência da curva.

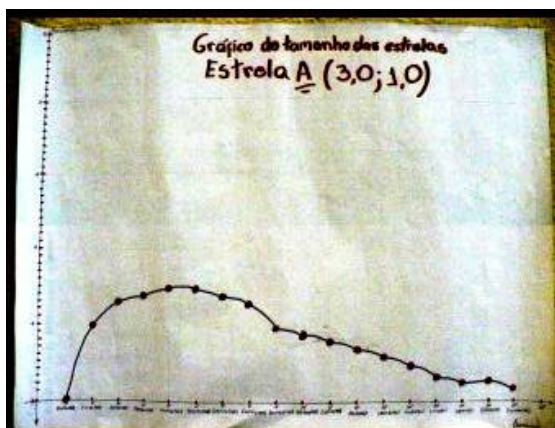


Figura 3 - Gráfico 3 turma C

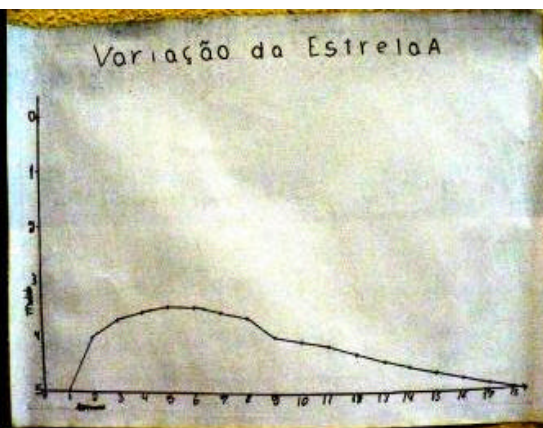


Figura 4 - Gráfico 4 turma

As dúvidas sobre a representação da magnitude no eixo das coordenadas apareceram nas turmas A e B como ponto central nas questões de Matilde, Alberto e Michael. Eles referiram-se aos gráficos a partir do reconhecimento de problemas que precisavam ser solucionados e refletiram sobre a melhor solução. Os gráficos acima permitiram que os alunos avaliassem a afirmação de que a curva do gráfico deveria passar pela origem (0; 0) ou cruzar os eixos em algum ponto. Apenas o grupo que traçou o gráfico 1 teve o cuidado de deslocar levemente o valor inicial da magnitude para que os eixos não fossem interceptados.

Gráficos como os das figs. 5 e 6 levaram os alunos a dois questionamentos importantes: a grande região do gráfico em que não havia dados e a representação da escala de magnitudes com sinal negativo. Quanto ao primeiro questionamento, nas três turmas os alunos verificaram e compreenderam a necessidade e o significado do “corte” do eixo para representar os dados de forma clara ou perceber melhor os detalhes de uma região do gráfico. O professor apresentou e explicou com cuidado a regra para proceder a “quebra” a partir da preocupação dos alunos de que a relação entre as variáveis, ou mesmo os dados, fossem descaracterizados.

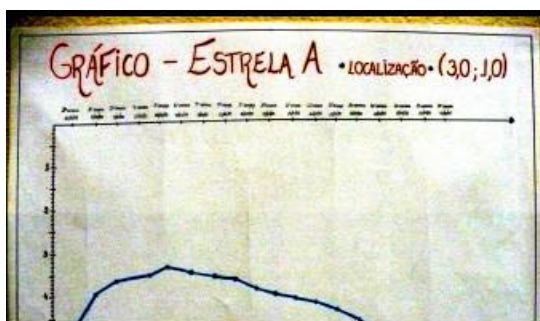


Figura 5 - Gráfico 5 turma C

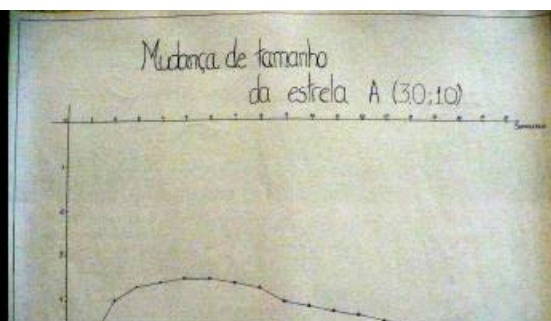


Figura 6 - Gráfico turma C

A indicação da magnitude no eixo da ordenada foi um ponto controverso, os alunos entenderam que se tratava de uma grandeza medida a partir de uma escala com ordem inversa, mas precisaram assimilar o sentido do uso do sinal negativo. O

debate com o professor foi determinante para que refletissem criticamente sobre a adequação desta solução para a representação adequada do fenômeno no gráfico. Walter e César, por exemplo, buscaram entender o sentido físico do sinal negativo em grandezas como o tamanho ou o brilho de uma estrela. Embora soubessem que a magnitude das estrelas cresce em escala inversa, não atribuíram significado físico aos valores negativos no gráfico. Mesmo grupos que deslocaram o eixo das ordenadas para baixo e deste modo representaram de modo coerente os valores da magnitude no gráfico, demonstram receio em adota-la como uma grandeza com sinal negativo.

Discussão dos resultados

A dinâmica de discussão levou os alunos a avaliarem seus conhecimentos, além de perceberem erros e contradições em seus próprios gráficos bem como nos gráficos dos colegas. Ao traçarem os gráficos eles precisaram decidir sobre o modo de melhor representar a variação de tamanho das estrelas no eixo das ordenadas. Como as medidas foram realizadas com uma escala de ordem inversa, este foi o ponto mais debatido nas três turmas. As soluções encontradas pelos grupos geraram dúvidas e conflitos que foram levados para a sala de aula com uma grande predisposição para a discussão pautada pela revisão de regras e convenções.

A construção de gráficos que descrevessem a variação do tamanho das estrelas foi apresentada como um problema aberto sobre o qual os alunos teriam que tomar várias decisões: escolher os eixos onde seriam representadas as variáveis; determinar a escala do gráfico e a posição do papel “retrato” ou “paisagem”; adotar a mesma escala ou escalas diferentes nos eixos; começar do zero, deixando que os pontos saiam do papel, ou do primeiro valor medido e registrado na tabela para aproveitar o espaço do papel; determinar a melhor escala mais clara e fácil de ser lida; decidir se os pontos deveriam ser ligados ou não e como traçar a curva; representar a escala inversa da magnitude nos eixos; indicar nos eixos valores referenciais ou experimentais nos eixos; entre outras. Desse modo, os alunos precisaram gerar algo novo para representar uma realidade física (LEINHARDT, 1990)

Várias destas decisões foram tomadas intuitivamente com base em regras que os alunos traziam consigo das aulas de matemática ou de outros contextos, entretanto esta atividade trouxe dificuldades adicionais. O grande desafio enfrentado pelos alunos foi construir nos eixos cartesianos uma “representação universal” que descrevesse adequadamente o fenômeno estudado. Isso os levou a expressar suas dúvidas com relação à construção de gráficos e buscar soluções que permitissem a melhor visualização da variação de brilho das estrelas. Nas discussões estes alunos demonstraram capacidade de refletir sobre as próprias dificuldades e se dispuseram a ampliar sua compreensão sobre as maneiras possíveis de representar o fenômeno. Assim, a atividade aberta deu aos gráficos um status de inscrições que auxiliam o raciocínio durante a investigação do fenômeno (KRAJCIK; WU, 2006).

Considerações finais

Os resultados mostram que ao serem desafiados a construir gráficos para descrever um fenômeno sobre o qual realizavam uma investigação os alunos demonstraram entendimento dos conceitos básicos da construção de gráficos. Entretanto, apenas os conceitos básicos não foram suficientes para construir uma

representação adequada do fenômeno observado. O desafio de descrever por meio de inscrições aquilo que haviam observado estimulou sua capacidade de pensar criticamente. Eles reconheceram e interpretaram os próprios erros e sofisticaram seu entendimento sobre os conceitos da construção de gráficos.

Os resultados e conclusões deste trabalho corroboram com as conclusões de Wu & Krajcik, (2006a e 2006b), que sugerem como o ambiente de aprendizagem pode promover o desenvolvimento de práticas inscricionais. Para os autores o ambiente de aprendizagem deve introduzir o uso de inscrições nas investigações dos estudantes; proporcionar condições para dar suporte ao processo de investigação dos estudantes; organizar a seqüência de tarefas e o processo de investigação e engajar os estudantes em investigações científicas.

Referências

ABERG-BENGTSSON, L.; OTTOSSON, T.. What lies behind graphicacy? Relating students' results on a test of graphically represented quantitative information to formal academic achievement. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 43, n. 1, pp. 43-62, 2006.

AGRELLO, D. A.; GARG, R.. Compreensão de gráficos em cinemática em física introdutória. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 21, n. 4, março 1999.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A.; MOREIRA, M. A.. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 26, n. 2, pp. 179-184, março 2004.

BORGES, A.T.. Promovendo a alfabetização científica na educação básica. Projeto de Pesquisa, apresentado ao CNPq, janeiro de 2007.

COSTA, A. M.; BORGES, A. T.. A história de um movimento. In: ENCONTRO DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 6, 2007, Florianópolis. Anais... Belo Horizonte: ABRAPEC, 2007.

LEINHARDT, G.; ZASLAVSKY, O.; STEIN, M. K.. Function, graphs, and graphing: tasks, learning and teaching. *Review of Educational Research*, v. 60, n. 1, pp. 1-64, spring 1990.

McDERMOTT, L. C.; ROSENQUIST, M. L.; van ZEE, E. H.. Student difficulties in connecting graphs and physics: examples from kinematics. *American Journal of Physics*, v. 55, n. 6, p. 503-513, 1987.

ROTH, W.; HAN, J.. Chemical inscriptions in Korean textbooks: Semiotics of macro- and microworld. *Science Education*, v. 90, n. 2, pp. 173-201, march 2006. DOI: 10.1002/sce.20091

ROTH, W.-M.; MCGINN, M. K.. Graphing: a cognitive ability or cultural practice? *Science Education*, v. 81, n. 1, p. 91-106, January 1997

WU, H.; KRAJCIK, J. S.. Exploring middle school students' use of inscriptions in project-based science classrooms. *Science Education*, v. 90, n. 5, pp. 852-873, September 2006. DOI: 10.1002/sce.20154

WU, H.; KRAJCIK, J. S.. Inscriptional practices in two inquiry-based classrooms: a case study of seventh graders' use of data tables and graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, v. 43, n. 1, pp. 63-95, 2006.